

Journal of Physical Therapy Fundamentals

# 基礎理学療法学

2022

VOL. 25

Suppl.1

第27回日本基礎理学療法学会学術大会抄録集

# 基礎理学療法学 第25巻 特別号 2022年

## 目 次

巻頭言..... 鈴木 俊明

### 第27回日本基礎理学療学会学術大会抄録集

口述演題..... 1

ポスター演題..... 36

# 巻 頭 言

第 27 回日本基礎理学療法学会学術大会大会長

関西医療大学大学院

鈴木 俊明

日本基礎理学療法学会の責務は、理学療法効果に科学的根拠をもたせることではないでしょうか。理学療法力というものは、「臨床」能力によって評価されるが、臨床技術は科学に基づいたものでなくてはなりません。一説によると、理学療法の始まりは第一次世界大戦時のアメリカであるとされており、十分な研究機材の存在しないこの頃は、科学的根拠に乏しい中で理学療法技術が先行して発展しました。しかし、研究機材の充実した現在では、後を追う形で、様々な理学療法技術におけるその効果が、理学療法基礎研究によって解明されつつあります。今後の医学的分野において、理学療法の有用性を示していくため、組織的に学問体系を進化させ、理学療法の基盤を科学的に確かなものにしていかなければなりません。しばしば理学療法は、Art と Science で表現されることがありますが、Art に見える臨床的技術を細分化して考えたときに、そのすべてが Science により構築されていなければなりません。この Science の構築には、理学療法分野における基礎研究が最もかかわると考えられ、決して基礎研究と臨床はかけ離れたものではなく、近い存在であり、繋がりの強いものです。

第 27 回日本基礎理学療法学会学術大会は 2022 年 10 月 1 日、2 日に大阪国際会議場にて「臨床における理学療法効果の科学的証明—基礎研究の臨床への還元—」と題し、特別講演、教育講演、シンポジウム、一般演題を通して、理学療法領域における基礎研究と、それらの研究成果をどのようにして臨床へ還元していくのかについて議論させていただきました。今回、学術雑誌「基礎理学療法学」特別号として、本学術大会の成果を出版させていただきました。この特別号を通して、日本基礎理学療法学会の成果を確認いただければ幸いです。

## O-1-1-1

## 口述1

## 円背姿勢を呈する高齢者の方向転換における動的安定性の特徴

○山崎 航<sup>1)</sup>, 島中 泰彦<sup>2)</sup>

- 1) 関西医療大学 保健医療学部 理学療法学科  
 2) 鈴鹿医療科学大学 保健衛生学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

## 【目的】

円背姿勢はバランス能力を低下させ、高齢者を転倒させる危険因子となる。方向転換時にはよりバランス能力が要求され、特に軸足と同側に下肢を振り出すスピターンは、転倒の危険性が高い。しかし、円背姿勢の高齢者におけるスピターンがどのように不安定であるかは明らかではない。姿勢の安定性は身体質量中心(center of mass: COM)と支持基底面(base of support: BOS)の関係性に基づくが、これはCOMの水平速度が考慮されていないため、動作中の安定性を説明するには不十分である。そのため、本研究は、動的安定性の指標として、速度を加味したCOMとBOSの境界線との距離で求められる安定性余地(margin of stability: MOS)を用いて、円背姿勢の高齢者におけるスピターンの動的安定性の特徴を検討することを目的として行われた。

## 【方法】

対象は、独歩にてTimed up & Go testを13.5秒以内で遂行可能な65歳以上の円背高齢者20名と、年齢を適合させた20名の対照高齢者とした。円背群はMilneらの報告に基づいて計測した円背指数が13以上のものを対象とした。課題は4mの歩行後にスピターンをして開始地点まで戻る動作とした。その際、光学式標点座標計測装置(Vicon Systems)を用いて、スピターン時の関節座標をplug-in gait modelにおけるマーカー位置を基に計測した。計測した関節座標から解析ソフトウェア(Vicon NEXUS2)を用いて、COM位置および速度を算出した。また、Hofらの報告に基づいて、前後および内外側MOSを、スピターン中の軸足の単脚支持期と両脚支持期において最大値および最小値として算出し、円背群と対照群にて比較した。統計処理には統計ソフトIBM SPSS ver.24を用いて、有意水準を危険率5%未満として、独立2群t検定を用いた。

## 【結果】

スピターン中の単脚支持期においては、前後 MOSの最小値(対照群:  $0.16 \pm 0.03m$ 、円背群:  $0.05 \pm 0.02m$ )、内外側MOSの最小値(対照群:  $-0.59 \pm 0.16m$ 、円背群:  $-0.79 \pm 0.25m$ )ともに円背群において低値を示した( $P < 0.05$ )。両脚支持期においても、前後 MOSの最小値(対照群:  $0.08 \pm 0.03m$ 、円背群:  $-0.18 \pm 0.06m$ )、内外側MOSの最小値(対照群:  $-1.11 \pm 0.29m$ 、円背群:  $-1.65 \pm 0.39m$ )ともに円背群において低値を示した( $P < 0.05$ )。

## 【考察】

円背群において、前後 MOSの減少は、円背姿勢に伴うCOMの後方偏倚に起因していると考えた。また、内外側MOSは、外側への支持基底面の拡大が生じなかったため減少したと考え、円背姿勢に伴いスピターン中における足部の床上での回旋が制限されたためであると推察した。

## 【結語】

円背姿勢を呈する高齢者のスピターンにおいて、前外側への動的安定性が低下していた。円背姿勢に伴うCOMの後方偏倚、足部の床上での回旋の減少は、前後および内外側MOSを減少させる可能性がある。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は発表者が所属する施設の研究倫理委員会の承認(承認番号: 405, 19-19)を得て実施した。

## O-1-1-2

## 口述1

## 能動的な歩行速度調整に関わる運動学的要因

○小久江 智耶<sup>1,2)</sup>, 竹中 悠真<sup>1)</sup>, 松江 優河<sup>3)</sup>, 黒澤 千尋<sup>4)</sup>, 土田 将之<sup>5)</sup>, 菅原 憲一<sup>1)</sup>

- 1) 神奈川県立保健福祉大学 大学院 保健福祉大学研究科  
 2) 済生会横浜市東部病院 リハビリテーション部  
 3) 神奈川リハビリテーション病院 リハビリテーション科  
 4) 神奈川県立保健福祉大学 リハビリテーション学科 理学療法学専攻  
 5) 湘南医療大学 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

## 【目的】

従来の歩行研究では一定の速度での課題が用いられているが、日常生活では一定の速度で歩行し続けることは少なく、目的や環境に応じて能動的に歩行速度を調整している。そこで本研究では、歩行安定性の計測・評価に有用とされている3軸加速度計を用いて、能動的に歩行速度を調整する際の、重心加速度および下肢筋の筋電図学的変化を明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

対象は、健常成人17名とした。本研究では、3軸加速度計及び表面筋電計を使用した。歩行安定性の指標として、重心加速度における各軸のRMS(以下、RMSx, RMSy, RMSz)を1歩行周期ごとに算出した。筋電図の導出筋は、内側広筋、大腿二頭筋外側頭、前脛骨筋、腓腹筋とし、1歩行周期ごとに総筋活動量の積分値を算出し、各試行で得られた最大筋活動量で標準化した(以下、%IEMG)。参加者は歩行条件として、快適歩行速度で歩行している中で、音を合図にできるだけ早く最大歩行速度へ移行する加速条件と、最大歩行速度で歩行している中で、音を合図にできるだけ早く快適歩行速度へ移行する減速条件の2条件を実施した。この2条件による計測を各10試行行い、参加者ごとに平均値を算出した。測定された各項目に対して、歩行速度条件ごとに、歩行周期要因の反復測定による一元配置分散分析及び有意差が認められた場合は事後検定を行った。いずれの検定も有意水準は5%とした。

## 【結果】

両条件ともに、一元配置分散分析の結果、全てのRMS, %IEMGの歩行周期要因で、有意差が認められた( $P < 0.01$ )。加速条件では、快適歩行時と比較して、最も早くRMSzが有意に増大した後、RMSx, RMSyの順に、有意に増大した。また%IEMGでは、快適歩行時と比較して、音直後から腓腹筋、大腿二頭筋外側頭、前脛骨筋の筋活動量が有意に増大した。減速条件では、最大歩行時と比較して、RMSy, RMSx, RMSzの順に有意に減少した。また%IEMGでは、最大歩行時と比較して、音直後に大腿二頭筋外側頭のみが有意に増大した。その後、腓腹筋、前脛骨筋・大腿二頭筋外側頭、内側広筋の順に有意に減少した。

## 【考察】

加速条件では、腓腹筋、大腿二頭筋外側頭、前脛骨筋の筋活動が速度生成の起点となる可能性が示唆された。また、筋活動量が増加するタイミングに時間的特異性が生じ、これにより歩行速度を円滑に上昇させていく可能性が示唆された。減速条件では、大腿二頭筋外側頭の活動によって前方への推進力が減少した後、段階的に筋活動量が減少していくことで、歩行速度を減少させていく可能性が示唆された。

## 【結語】

本研究結果から、能動的な歩行速度調整に必要な運動学的要因が明らかとなった。また歩行速度調整において、時間的特異性を持った運動学的制御が行われている可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 保大第7-20-67)の承認を得て実施した。

## O-1-1-3

## 口述1

### 変形性膝関節症患者における外部膝関節内反モーメントおよび膝関節圧縮力と10年間の機能障害進行との関連：筋骨格シミュレーションによる検証

○山縣 桃子<sup>1,2)</sup>, 谷口 匡史<sup>2)</sup>, 建内 宏重<sup>2)</sup>, 本村 芳樹<sup>2,3)</sup>, 小林 政史<sup>3)</sup>, 市橋 則明<sup>2)</sup>

- 1) 関西医科大学 リハビリテーション学部  
2) 京都大学大学院 医学研究科  
3) 小林整形外科医院 整形外科

【目的】変形性膝関節症(膝OA)の機能障害に関連する指標として、これまで膝関節の圧縮力を近似した外部膝関節内反モーメント(KAM)が広く用いられてきた。一方、近年では、筋骨格モデルを用いることで膝関節の内側コンパートメントに局所的にかかる圧縮力(KCFm)を高精度で推定できることが示されている。しかし、KCFmが将来の膝OAの機能障害進行に関与するかは不明である。そこで本研究の目的は、KCFmを含めた力学的指標が膝OAによる機能障害の進行に関与するかを明らかにすることとした。

【方法】2011年にベースライン計測を行った膝OA患者38名のうち、10年後に膝関節の手術を受けておらずフォロー可能であった17名(73±7歳; Kellgren-LawrenceグレードI: 2名, II: 10名, III: 2名, IV: 3名)を対象とした。ベースライン計測では、対象者は6mの歩行路を快適速度で3回歩行し、三次元動作解析装置と床反力計によって立脚期中のKAMを計測した。また、Anybody Modeling Systemによって対象者ごとに筋骨格モデルを作成し、立脚期中のKCFmを算出した。KAMとKCFmは二峰性となるため、第一ピークと第二ピークをそれぞれ抽出し、さらにこれらの積分値も併せて算出した。また、身体機能を評価するため、日本版変形性膝関節症患者機能評価尺度(JKOM)を用いた。JKOM(100点満点)は値が高いほど身体機能が低いことを意味し、本研究では、10年間の機能障害の進行を評価するため、ベースライン時と10年後のJKOMの合計スコアの差分を算出した。JKOMスコアの変化量が正の値になった場合、身体機能が10年間で悪化したことを意味する。歩行中のKAM・KCFmの各変数がJKOMスコアの変化量と関連するかを調査するため、ベースライン時のJKOMスコアを制御変数とした偏相関分析を実施した。

【結果】欠損値のあった1名を除外し、16名のデータを統計解析に用いた。JKOMの合計スコアは、10年間で平均16.4点から平均15.9点に変化し、機能障害が悪化した対象者は5名のみであった。また、JKOMスコアの変化量は、KAMの第二ピーク( $r = 0.64$ )と積分値( $r = 0.73$ )、KCFmの第二ピーク( $r = 0.55$ )と積分値( $r = 0.69$ )と有意に関連しており、KAMやKCFmの値が小さい人ほど、JKOMスコアが低下することが明らかになった。

【考察】KAMとKCFmの第二ピークと積分値が小さい人ほど、10年後の機能障害の進行を防げることが明らかになった。またこのような関連は、第二ピークよりも積分値において強く、立脚期後半に持続的にかかる負荷を減少させることが将来の機能障害の悪化を防ぐために重要である可能性が示唆された。

【結語】KAMとKCFmの第二ピークと積分値が小さい人ほど、将来の膝OAによる機能障害の進行を防げる可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言を順守し、所属機関の倫理委員会の承認(承認番号: R1647-1)を得て行った。対象者には紙面及び口頭で研究の趣旨を説明し、同意を得た。

## O-1-1-4

## 口述1

### 変形性膝関節症の重症度と大腿骨内側軟骨の厚さ・輝度の関連

○岡田 笙吾<sup>1)</sup>, 谷口 匡史<sup>1)</sup>, 八木 優英<sup>1)</sup>, 本村 芳樹<sup>1,2)</sup>, 岡田 紗也花<sup>1)</sup>, 小林 政史<sup>2)</sup>, 金光 京石<sup>3)</sup>, 市橋 則明<sup>1)</sup>

- 1) 京都大学大学院 医学研究科人間健康科学系専攻  
2) 小林整形外科医院 整形外科  
3) 金光診療所 整形外科

#### 【目的】

変形性膝関節症(膝OA)の軟骨変性では、軟骨量減少に先行し、質的な変性が生じる。近年、軟骨の質的な変性を検出する新たな指標として、超音波画像診断装置による軟骨輝度が注目されている。しかし、膝OAの重症化に伴う軟骨輝度の推移や、輝度の変化が軟骨厚減少に先行するかは明確でない。本研究の目的は、膝OA進行に伴う大腿骨内側軟骨の輝度と軟骨厚の推移を比較することで、輝度が膝OAの進行と関連し、軟骨の早期変性を捉えるかどうかを明らかにすることである。

#### 【方法】

50歳以上の中高齢女性126名が本研究に参加し、全ての測定を実施できた118名(71.9±8.9歳、154.3±5.9 cm、54.9±9.2 kg)を対象とした。まず、Kellgren-Lawrence(KL)グレードで関節変形の重症度を、Knee Society Score (KSS)の症状スコアで症状の程度を評価した。KSS症状スコアは25点満点で、高得点ほど動作時痛などの症状が少ないことを示す指標である。超音波画像診断装置で大腿骨軟骨の内側荷重部に相当する縦断画像と膝蓋大腿関節部に相当する横断画像を撮像し、軟骨厚と輝度を測定した。軟骨厚は1画像中の3か所の平均値、輝度は手動で作成した関心領域内の平均値と定義した。横断画像については、先行研究に準じて内側部を分析に用いた。関節変形の重症度とKSS症状スコア(<23点を有症候と定義)に基づき、膝OAの重症度毎に、対照群(KL 0/1で無症候)、早期OA群(KL1で有症候)、KL2群、KL3群、KL4群の5群に分類した。従属変数を軟骨厚、輝度の各指標、独立変数を膝OA重症度の群属性(上記5群)、共変量を年齢、身長とした共分散分析を実施した。多重比較にはSidak法を用い、有意水準は5%とした。

#### 【結果】

軟骨厚について、縦断画像では対照群(平均±標準誤差; 1.42±0.08 mm)と早期OA群(1.44±0.10 mm)に対してKL3群(0.99±0.07 mm)、KL4群(0.76±0.07 mm)が、また、KL2群(1.21±0.05 mm)に対してKL4群が有意に低値を示した。横断画像では、対照群(1.62±0.08 mm)に対してKL2群(1.31±0.05 mm)、KL3群(1.31±0.07 mm)、KL4群(0.94±0.07 mm)が有意に低値を示し、KL4群は全群に対して有意に低値を示した。輝度について、縦断画像では対照群(23.5±2.4 a.u.)に対してKL2群(31.9±1.7 a.u.)、KL3群(36.5±2.1 a.u.)、KL4群(34.6±2.1 a.u.)が、早期OA群(24.5±3.0 a.u.)に対してKL3群が有意に高値を示した。横断画像ではOA重症度との関連は見られなかった。

#### 【考察】

軟骨輝度は膝OA進行に伴い、軟骨厚の減少に先行して上昇した。早期膝OAでは軟骨の組成や水分含有量のみが変化し、軟骨の質的な変性が起こるとされており、軟骨輝度は早期の軟骨変性を捉えている可能性がある。

#### 【結語】

軟骨輝度は膝OAの重症度に関連し、軟骨厚の減少に先行して上昇する。

#### 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は本学医の倫理委員会の承認を得て実施した。対象者には研究の内容を説明し、書面にて研究参加への同意を得た。

## O-1-1-5

## 口述1

## 変形性膝関節症の初期における関節内病変と内側広筋の質的変化の特異的相関

○法貴 篤史<sup>1)</sup>, 飯島 弘貴<sup>2,3)</sup>, 岩崎 翼<sup>1)</sup>, 松田 芳和<sup>4,5)</sup>

- 1) まつだ整形外科クリニック 理学療法学科
- 2) 名古屋大学 高等研究院
- 3) 名古屋大学大学院 医学系研究科
- 4) まつだ整形外科クリニック 整形外科
- 5) 城西大学 薬学部薬学科

## 【目的】

変形性膝関節症において大腿四頭筋の筋力低下は病態進行の要因の1つとされており、リハビリテーション現場における主要な評価や治療の対象となる。とりわけ初期変形性膝関節症に対する大腿四頭筋の評価は、予防のための早期介入が叫ばれる今日において重要性が高まっている。骨格筋の評価法として筋断面積や筋厚といった筋量が挙げられるが、骨格筋内の非収縮組織も含まれるため、実際に発揮できる筋力について十分説明できていないという問題点がある。そのため近年では、筋量のみでなく筋の質も合わせた評価として、超音波診断装置による評価が検討されてきた。ただし、初期変形性膝関節症患者における筋の質的変化に関する詳細な報告はなく、変形性関節症の予防法を確立する上での障壁となっている。そこで本研究では、初期変形性膝関節症の大腿四頭筋の質的変化を超音波診断装置にて評価し、同定した筋の質的変化が関節構成体の器質的変化と関連しているかを横断的に検討した。

## 【方法】

外来でMRIを撮影した初期変形性膝関節症患者(Kellgren-Laurence 分類grade I/II)を対象とした。必要サンプルサイズは予備計測から46名と算出され、最終的に49名52膝(女性32名、64.1±8.9歳)が分析に組み入れられた。筋の質的評価として超音波診断装置による筋輝度を用いた。大腿四頭筋のうち超音波減衰の影響を受けにくい表層にある大腿直筋と内側広筋を撮像対象とし、筋輝度、筋厚を測定した。関節内構成体の器質的変化の評価にはMRI画像を用いた。撮像されたMRI画像は膝関節の包括的な準定量的評価法であるWhole-Organ Magnetic Resonance Score(以下WORMS)を用いて評価した。統計処理は一般化線形混合モデルを用いて左右の類似性を考慮し、WORMSと大腿直筋、内側広筋の各筋輝度との関連性を検討した。

## 【結果】

内側広筋の筋輝度は、年齢と筋厚で調整してもなおWORMSと有意に関連した( $p<0.05$ )。大腿直筋の筋輝度はWORMSと関連がみられなかった。

## 【考察】

内側広筋の質が低下している患者ほど膝関節の関節内構成体が悪化していた。一方、大腿直筋では同様の傾向はみられなかった。大腿四頭筋の中でも大腿骨長軸方向に走行する大腿直筋と線維配列に角度を持つ内側広筋とでは機能的な働きが異なる。変形性膝関節症の初期において内側広筋が発症・進行において重要な役割を担っている可能性がある。

## 【結語】

今回の結果から、変形性膝関節症患者の大腿四頭筋の質は関節内の病態を反映しており、初期においては大腿直筋よりも内側広筋の方が関節内構成体の器質的変化をより鋭敏に表している可能性が高いことが示された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は倫理委員会の承認を得て実施された。対象者には研究の目的・危険性について記載した書面にて説明し同意を得た。

## O-1-2-1

## 口述2

## 2段目までの段差高の変化による昇段時の予測的姿勢調節の特性

○愛甲 拓海<sup>1)</sup>, 黒木 充稀<sup>1)</sup>, 浦野 雄飛<sup>2)</sup>, 萬井 太規<sup>1)</sup>

- 1) 大分大学大学院 福祉健康科学研究科 健康医科学コース
- 2) 大分大学 福祉健康科学部 理学療法コース

## 【目的】

予測的姿勢調節(APAs)は、中枢神経系(CNS)による主動作に先行する姿勢調節である。昇段時において、遊脚直前の足圧中心点(COP)の最大後方変位(後方APAs)は、段差高の影響を受けなかった(Gelat, 2000)。一方、COPの後方変位後、遊脚開始までに観測される前方への最大COP変位(前方APAs)は、段差高が高いほど、より前方に変位することが示された(萬井ら, 第26回日本基礎理学療法学会, 2021)。前方APAsは、段差情報を踏まえて調整されることが示唆される。さらに、CNSは、2~4段先を注視して段差の情報を取得し、構造に適した姿勢制御を行うことが示されている(Miyasike-daSilva, 2011)。ゆえに、CNSは、2段目以降の段差の情報に基づいてAPAsを調整することが考えられる。本研究の目的は、1段目と2段目の段差高を変化させることにより、昇段時のAPAsの特性について明らかにすることであった。

## 【方法】

17名の健常成人(20.8±0.4歳)を対象とした。三次元動作解析装置と2枚の床反力計を同期させ、体重心(COM)とCOPを算出した。対象者は、歩幅の50%の位置に設置された2段の段差を最大速度で昇段し、2段目で足を揃えて静止するよう指示された。1段目の段差高を15cmと25cmの2条件設定し、さらに、2段目の段差高を1段目の高さと同じ条件(0cm)、10cm低い条件(-10cm)、10cm高い条件(+10cm)の3条件、計6条件を実施した。条件順はランダムとし、7回ずつ実施した。後方APAs、前方APAsを算出した。さらに、1歩目までの前方及び上方のCOM速度を算出した。1段目の段差高と2段目の段差高を要因とする二元配置分散分析を行い、多重比較にはBonferroni法を用いた。前方APAsとCOM速度との相関は、Pearsonの積率相関係数を用いた。有意水準は5%未満とした。

## 【結果】

後方APAsは、条件間の主効果および交互作用が認められなかった。前方APAsは1段目の条件間にのみ有意な主効果が認められ( $p = 0.016$ )、15cm条件と比較し、25cm条件で有意に拡大した( $p = 0.016$ )。また、COM上方速度は1段目の条件間にのみ有意な主効果が認められ( $p < 0.01$ )、15cm条件と比較し、25cm条件で有意に増加した( $p < 0.01$ )。前方APAsとCOM上方速度との間に有意な正の相関が認められた( $p = 0.03$ ,  $r = 0.37$ )。

## 【考察】

前方APAsは1段目の段差高が高いほど拡大し、2段目の段差高による変化は認められなかった。CNSは、1段目の段差高に合わせて前方APAsを調整している。また、CNSは、前方APAsの調整により1段目の段差高に適したCOM上方速度を産生していることが示唆される。

## 【結語】

昇段開始時において、CNSは、2段目の段差高を考慮してAPAsを調整しない。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、大分大学福祉健康科学部の研究倫理委員会の承認を得て実施した(F200018)。

## O-1-2-2

## 口述2

## 視覚誘導性自己運動感覚と身体機能の関係

○池田 幸広<sup>1, 2)</sup>, 江口 淳子<sup>1)</sup>, 中山 彰一<sup>1)</sup>

- 1) 福岡リハビリテーション専門学校 理学療法学科  
2) 九州大学大学院 芸術工学府芸術工学専攻

【目的】視覚誘導性自己運動感覚(以下:ベクション)とは「静止している観察者に視覚的運動が与えられたとき、観察者自身が運動しているように知覚される現象」と定義されている。前庭系や体性感覚の感覚入力が無いにも関わらず自己が運動している錯覚を認知することが興味深い。妹尾らは鉄下駄や5kgのウェイトジャケットを着用した場合、ベクションの主観的運動錯覚強度が低下すると報告しており、非意識化の感覚情報処理や文脈が意識化の錯覚強度を変化させると述べている。動作能力が低下している場合や身体認知の変化によっても錯覚強度が変化するのではないかと考えた。今回第一報として、健常者に対してベクション刺激を与え、錯覚の有無で体重支持指数(WBI)に違いがあるか検討した。また、ベクション刺激時の重心動揺を計測し比較した。

【方法】対象は、健常男性15名(平均年齢27.5±8.1歳、平均身長169.4±4.6cm、平均体重65.4±9.6kg)であった。測定肢位は静止立位、目前1mに32インチ液晶画面にてベクション刺激を提示し、その際の重心動揺を計測した。ベクション刺激は中心から拡散するオプティカルフロー(以下:前進刺激)と中心へ収束するオプティカルフロー(以下:後進刺激)の2種類とコントロール刺激として静止画を提示した。測定後、自己運動感覚を感じたかを口頭にて確認した。各刺激40秒間とし、刺激順序はランダムとした。重心動揺はアナマ社製バランスコーダーGW-8000を用い、各刺激時の重心動揺を測定した。WBIの測定は酒井医療社製Mobieを用い、椅子座位で膝関節屈曲90°にて膝伸展筋群等尺性随意最大筋力を左右測定し、体重比にて算出した。

統計解析はSPSS.Ver17を使用し、ベクションを感じた群(以下:有り群)と感じなかった群(以下:無し群)での重心動揺値とWBIの差をMann-WhitneyのU検定を用いて検討した。有意水準は5%未満とした。

【結果】前進刺激時、有り群8名WBI127.5±27.2、無し群7名118.3±27.8であった。後進刺激時有り群9名WBI126.1±26.7、無し群6名119.1±29.1であった。前進・後進刺激の有り群と無し群の静止画時の重心動揺とWBIに有意差を認めなかった。前進刺激有り群は無し群よりY方向最大振幅が有意に高値を示した。後進刺激有り群は無し群よりY方向動揺中心変位が有意に低値を示した。他の重心動揺値に有意差を認めなかった。

【考察】ベクションの知覚有無はWBIに影響されない可能性が示唆された。有り群・無し群でY方向のみに有意差を認めたことから、錯覚有り群は視覚刺激に対応した足関節戦略による矢状面の姿勢制御が引き起こされることが示唆された。

【結語】今回の対象は健常者でWBIが高値なため、今後WBIが60以下の低値群や疼痛を有する症例で追加検証したい。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:22020)の承認を得て実施した。

## O-1-2-3

## 口述2

## 予測可/否条件における異なる距離ステップ動作が予測的姿勢制御反応に与える影響に関する検証

○大塚 健太<sup>1)</sup>, 冷水 誠<sup>2)</sup>

- 1) 津島市民病院 リハビリテーション室  
2) 畿央大学 健康科学研究科

## 【目的】

高齢者の転倒要因の一つとして、ステップ動作時の予測的姿勢制御(Anticipatory Postural Adjustments: APA)反応の加齢変化が報告されているが、単一ステップ幅での検証が多く、転倒状況を反映しているとは言い難い。本研究では基礎データとする上で健常若年者を対象とし、異なるステップ幅およびステップの予測可否によるAPA反応の違いを検証することを目的とした。

## 【方法】

対象は若年健常者20名(男性5名、女性15名、平均年齢:21.3±2.63歳)とし、静止立位から対象者の身長(Body Height: BH)の20%(BH20%)、30%(BH30%)、最大ステップ長(MSL)いずれかの位置に提示されるレーザーを跨ぐよう右下肢ステップ動作を実施した。さらに、ステップ位置を事前に教示する予測可能条件、ステップ直前に提示する予測不可条件を設け、各予測条件でランダム順とした各ステップ条件を5回ずつ、計30回実施した。

測定項目は、圧分布システムを用いて測定した下肢荷重量からAPA区間を同定し、その時間幅(APA時間)、およびレーザー照射後の反応時間(pre-APA時間)とした。さらに、左右の前脛骨筋・ヒラメ筋および右腓腹筋外側頭における表面筋電図を計測し、APA区間における筋活動時間割合、および同側下肢の筋電図間コヒーレンス( $\beta$ 帯域:15-35Hz)を算出した。統計学的分析は、有意水準を全て5%未満とした上で、2要因分散分析を行い、主効果の有無に応じて多重比較検定を実施した。

## 【結果】

pre-APA時間は全ステップ条件で、予測可能条件と比べ予測不可条件で有意な増加( $p<0.01$ )を認めたが、APA時間に有意な差は認められなかった。また、筋活動時間はステップ側の右腓腹筋外側頭および支持側のヒラメ筋にて、予測可能条件におけるBH20%と比べ最大ステップ長にて有意な増加を認めた( $p<0.05$ )。さらに、支持側のヒラメ筋ではBH30%において、予測可能条件と比べ予測不可条件で有意な増加を認めた( $p<0.05$ )。筋電図間コヒーレンスはいずれも条件間に有意な差は認められなかった。

## 【考察】

予測不可条件におけるpre-APA時間の増大は、動作前の認知的処理過程による影響が考えられた。ステップ側の下肢筋活動時間はステップ幅に比例する傾向を認めた一方で、支持側ヒラメ筋の結果から、身体安定化に寄与する筋活動は、動作の予測可否に影響される可能性が示唆された。筋電図間コヒーレンスは条件による差が認められず、ステップ距離・予測可否は本研究のAPA反応における大脳皮質運動野の関与の程度に影響しない可能性が示唆された。

## 【結語】

健常若年者のステップ動作では、ステップ幅および動作の予測可否がAPA反応に与える影響は少ない可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:R2-28)の承認を得て実施しており、対象者には本研究概要について口頭および書面にて十分に説明し、同意を得た。

## O-1-2-4

## 口述2

## 高齢者の運動制御則の変化に基づく筋協調活動パターン

○久保田 圭祐<sup>1)</sup>, 横山 萌香<sup>2)</sup>, 鬼塚 勝哉<sup>3)</sup>,  
平田 恵介<sup>4)</sup>, 塙 大樹<sup>5)</sup>, 宮澤 拓<sup>5)</sup>, 藤野 努<sup>5)</sup>,  
金村 尚彦<sup>3)</sup>

- 1) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 兼 研究開発センター
- 2) 順天堂大学 大学院医学研究科
- 3) 埼玉県立大学 大学院保健医療福祉学研究科
- 4) 東京家政大学 健康科学部
- 5) 人間総合科学大学 保健医療学部

【目的】ヒトの下肢筋骨格系において、股・膝関節トルク生成に対する各筋の貢献度は、各筋が最大に力を発揮しやすい方向(Preferred Direction: PD)からのコサイン関数によって決定される。2筋のPDベクトルが近接することは、それらが同じ股・膝関節トルク生成に高く活動していること、すなわち筋同時収縮を意味する。筋同時収縮は、関節の安定化を図った結果だけでなく、両筋が協調的に活動した結果と解釈することもできる。これまで、高齢者における大腿直筋とハムストリングスの同時収縮は膝関節安定化の代償戦略と考えられてきたが、本来は中枢神経系によって制御された筋協調活動であるかもしれない。そこで本研究では、高齢者における股・膝関節トルク生成時の各筋PDを算出し、大腿直筋-ハムストリングス間の同時収縮が高齢者に普遍的な筋協調活動パターンか否かを明らかにする。

【方法】健康成人10名(Y群)、高齢者8名(E群)を対象とした。被験者は左側臥位となり、右下肢の股・膝関節90°屈曲位で、床面に平行にスリングで吊るした状態とした。右足関節は6軸力覚センサーと共に、壁に固定されたポールに固定し、0-360°の計12方向に等尺性の力発揮課題を行なった。被験筋は右下肢の大腿直筋(RF)とハムストリングス(ST, BF)とした。股・膝関節トルクは力覚データと大腿・下腿のモーメントアーム長から算出された。各筋のPDは、股・膝関節トルクを説明変数、各筋活動量を目的変数として重回帰分析を行い、算出された各係数の逆正接として定義された。各筋PDは、その±90°をその筋が活動する範囲と定義できる。したがって、本研究では、RFとST・BFのPDに加えて、PD±90°の重複範囲について、マンホイットニーのU検定(p<0.05)を用いてY群とE群間を比較した。

【結果】PDは、RF(Y:326.8°, E:351.7°)で有意差が認められた。一方で、ST(Y:154.9°, E:133.0°)とBF(Y:149.0°, E:112.3°)は、いずれも有意差が認められなかった。また、PD±90°の重複範囲は、RF-ST(Y:2.34°, E:38.67°)とRF-BF(Y:8.78°, E:59.38°)のいずれもEが有意に広がった。

【考察】PD±90°が重複することは、その範囲内の各関節トルクは、当該筋が協調的に活動することで生成されることを意味する。本研究において、E群は股・膝関節伸展トルク生成の範囲にて、Y群と比較して、RFとハムストリングス2筋の重複範囲が有意に広いことが明らかとなった。このことから、高齢者における主動作-拮抗筋間の筋同時収縮は、関節安定化のための同時収縮だけではなく、CNSによって制御された普遍的な筋協調活動パターンの可能性がある。

【結語】高齢者は各筋PDという運動制御則の変化に伴って、若齢者とは異なる筋協調活動パターンによって股・膝関節トルクを制御している可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:19519)の承認を得て実施した。

## O-1-2-5

## 口述2

## 筋出力差の学習が運動イメージに与える影響

○富崎 優花<sup>1)</sup>, 広瀬 一徹<sup>1)</sup>, 竹中 悠真<sup>2)</sup>,  
菅原 憲一<sup>2)</sup>

- 1) 神奈川県立保健福祉大学 保健福祉学部リハビリテーション学科理学療法学専攻
- 2) 神奈川県立保健福祉大学大学院 保健福祉学研究科

## 【目的】

運動パフォーマンス向上に伴い運動イメージ(MI)の精度も向上すると考えられる。しかし、運動学習に伴うMI中の筋出力量に関連した皮質興奮性の経時変化は不明である。従って本研究の目的を、皮質興奮性における運動学習量とMIに関する出力量の制御動態の関連を検討することとした。

## 【方法】

健康成人15名(内男性5名:23.7±6.6歳)が参加した。右示指外転出力を反映する画面上の赤い点を見ながら、出力調整区間で出力を調整し維持する課題を行った。出力条件は、最大随意収縮の20, 40, 60%の3条件とした。試行は警告音で開始し、赤い点が画面上左から右へ一定の速度で2.5s間移動する。各試行警告音と同時に無作為に3条件のいずれかを示す数字を画面上に表示した。実際の練習では目標出力を表すガイドが示され、3条件10回ずつ30回を1セットとし計10セット実施した。パフォーマンステスト(PT)ではガイドなしに実際に出力を再現した。MI試行ではガイドの上を移動する赤い点を見ながらMIを行わせた。なお、3条件の他にMIを行わないControl条件も挿入した。また、赤い点が目標出力に達した時点で経頭蓋磁気刺激を行い、運動誘発電位(MEP)を右手第一背側骨間筋から記録した。加えて、各試行MIの鮮明さを1(不鮮明)から10(非常に鮮明)で回答した。PT及びMI試行は、練習開始前(pre)、5セット後(中期)、10セット後(終期)で実施した。PTでは出力調整区間終了後0.1s間の出力平均値と目標出力との誤差を算出した。MEP振幅値は、実施時期、出力条件ごとに平均値を算出し、Controlの値で除しControl比とした。PTの誤差、MEPのControl比は、実施時期と出力条件による二元配置分散分析、MIの鮮明さは出力条件ごとにFriedman検定を行い、有意差が認められた場合は事後検定を行った。有意水準は5%とした。

## 【結果】

PTの誤差とMEPのControl比はともに実施時期、出力条件の有意な主効果を認めた(全てp<0.05)が、交互作用は認めなかった(全てp>0.05)。多重比較の結果、誤差、Control比ともに出力条件では、20, 40, 60%の順に増大した。実施時期について、誤差は、preよりも中期、終期で減少し、Control比は、preより終期で減少した。MIの鮮明さは全出力条件で有意差を認め(全てp<0.05)、学習に伴いMIの鮮明さが増大した。

## 【考察】

PTの結果から学習効果を認めた。MIにおいて実際の運動時と同様の出力増加に伴うMEPの増大、運動学習に伴うMEPの減少が示された。

## 【結語】

MI中の皮質興奮性は出力量の相違と運動学習を反映することが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、所属大学の倫理審査委員会の承認(承認番号:保大第5-21-36)を得て実施した。

## O-1-3-1

## 口述3

## 自発的な走行運動は高齢期に失われる脳損傷後の神経可塑性を回復させる

○田中 貴士<sup>1,2)</sup>, 浦 大樹<sup>3)</sup>, 剛 澄仁<sup>3)</sup>, 新井田 要<sup>3)</sup>, 上野 将紀<sup>4)</sup>

- 1) 熊本保健科学大学 保健科学部 リハビリテーション学科
- 2) 金沢医科大学 医学部 解剖学II
- 3) 金沢医科大学 総合医学研究所 ゲノム疾患研究分野
- 4) 新潟大学 脳研究所 システム脳病態学分野

## 【目的】

脳が損傷を受けると重篤な機能障害が生じる。我が国では、寝たきりや要介護者の大半を高齢の脳損傷患者が占めているが、高齢期のモデル動物を用いた研究はほとんど進んでいない。近年、損傷を免れた皮質脊髄路等の軸索から生じる発芽が神経回路の再編に重要であり、機能回復を促すことが分かってきた。しかし、高齢期の脳損傷モデルマウスにおいては、皮質脊髄路の軸索発芽が制限され、運動機能が回復しないことを見出した。我々はこれまでに、成体若齢期の脳損傷モデルマウスにおける自発的な走行運動が軸索発芽を顕著に促すことを報告した。本研究では、高齢期における自発的な走行運動がもたらす脳内の遺伝子変化に着目し、走行運動が脳損傷後の軸索発芽の促進に寄与するか否かを検証した。

## 【方法】

実験動物には、10~12週齢の成体若齢期および22~24月齢の高齢期のC57BL/6J雄マウスを用いた。麻酔下で片側運動野を全て消失させる脳損傷モデルを作製した。無作為に運動群と非運動群に振り分け、運動群は脳損傷の前4週間と後4週間の計8週間、自走式の回転運動器を用いて自発的な走行運動を実施した(24時間/日、7日/週)。非損傷側の運動野へ順行性標識剤を注入することで、脳損傷後の頸髄における皮質脊髄路の軸索発芽を組織学的に評価した。また、脳損傷から7、14、21、28日後に麻痺側前肢の運動機能を評価した。統計学的解析として、成体若齢期および高齢期の運動群と非運動群の4群間で比較検定を行った。さらに、脳損傷から14日後に非損傷側の運動野から回収したRNAを用いて網羅的な遺伝子解析を実施し、成体若齢期と高齢期における脳損傷後の脳内遺伝子発現や運動による遺伝子変化を解析した。

## 【結果】

高齢期の運動群において、脳損傷後の軸索発芽や運動機能の有意な回復が認められた( $P < 0.05$ )。脳内の遺伝子発現をみると、高齢期・非運動群では成体若齢期・非運動群と比較し、156の遺伝子に減少が認められた( $\text{adjusted-}P < 0.05$ )。一方、高齢期・運動群では高齢期・非運動群と比較し、36の遺伝子の増加が認められた( $\text{adjusted-}P < 0.05$ )。このうち、20の遺伝子が共通しており、大半をシナプス関連因子が占めていることが示された。

## 【考察】

脳損傷前後の自発的な走行運動によって、高齢期においても成体若齢期のように脳損傷後の軸索発芽や運動機能回復が促進されることが明らかになった。高齢期における脳損傷後の軸索発芽の増加メカニズムの一つとして、運動野におけるシナプス関連遺伝子の発現上昇が関与していることが示唆された。

## 【結語】

自発的な走行運動は、加齢により減少する遺伝子を加齢前の発現パターンに戻し、高齢期に失われていた脳損傷後の神経可塑性を回復させる効果があることを示唆する。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究における全ての動物実験は、所属機関の動物実験委員会の承認(承認番号:2018-21、2021-4)を得て実施した。

## O-1-3-2

## 口述3

## マカクサル内包梗塞後における損傷側一次運動野の脳体積変化と運動機能回復との相関

○松田 滉平<sup>1,2)</sup>, 長坂 和明<sup>3)</sup>, 加藤 準平<sup>4)</sup>, 高島 一郎<sup>1,2)</sup>, 肥後 範行<sup>1)</sup>

- 1) 産業技術総合研究所 人間情報インタラクション研究部門
- 2) 筑波大学大学院 人間総合科学学術院 ニューロサイエンス学位プログラム
- 3) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部
- 4) 筑波大学 医学医療系

【目的】脳卒中後脳体積の変化が運動機能回復と関連するかどうかは、未だに見解が分かれる。しかし今回、ヒトと近縁の種であるマカクサルを用いた内包梗塞モデルと脳構造イメージング解析技術であるvoxel-based morphometry (VBM) を駆使することで、脳卒中後脳体積の変化が運動機能回復と相関することを明らかにした。本成果より、比較的少ない労力で脳画像解析技術を臨床リハ評価へ応用できる可能性も期待されたため報告する。

【方法】マカクサル5頭(4.5 - 8.8kg)の片側内包後脚にエンドセリン1を注入し梗塞を作製した後、運動回復経過を手指把持課題によって評価した。これと並行して2種類の3.0 T MRIスキヤナのどちらか一方で損傷前および損傷してから最大5カ月までのT1強調画像(n=35)を撮像した。取得した画像についてSPM12を使用して脳灰白質、白質、脳脊髄液に分割した後、DARTELを使用して脳灰白質および白質画像の平均画像をそれぞれ作製した。この際に計算された流れ場をもとに、これら分割画像を平均画像に位置合わせし、このときにボクセル毎の体積算出にJacobian modulationを適用した。次にmodulate済みの画像を標準テンプレート(Rohlfing et al., 2012)に位置合わせを行い、最後に半値幅2 mmで平滑化を行った。解析には、脳体積算出への影響が懸念された損傷1日、3日の画像を除いた画像(n=28)を使用した。統計解析にはSPM搭載の線形回帰モデルを使用し、把持課題の成功率を独立変数に、撮像に使用したMRIスキヤナ種を共変量に設定し、さらに個体毎の全脳サイズの影響を取り除くために、これをANCOVAで補正した。なお、本研究のサル個体は先行研究(Murata and Higo, 2016; Kato et al., 2020)で使用したものと同一個体である。

【結果】損傷1週後より運動機能が回復し、損傷後3カ月で全例が損傷前と同等のレベル(損傷前の80%以上に相当)まで回復した。把持課題の成功率と全脳ボクセル体積との線形解析の結果、損傷側一次運動野に局限した脳領域および近接する白質で有意な正の相関を示すシグナルが観察された(統計閾値 $p=0.001$  [ $t=3.47$ ], クラスター閾値 $p=0.05$  [FWE補正済み])。

【考察】損傷側一次運動野および近接する白質において構造可塑性が起きたと考えられる。神経栄養因子の増加や軸索の再構造化が背景にあったと考え、今後は神経可塑性マーカー(growth associated protein 43)等の発現を定量し組織学的な裏付けを試みる。

【結語】マカクサル内包梗塞後、損傷側一次運動野および近接する白質の体積が運動機能回復と相関することを明らかにした。

【倫理的配慮・説明と同意】実験動物の使用に際して国立研究開発法人産業技術総合研究所における動物実験委員会によって実験計画の承認を受けた。実験は、動物の安楽死や倫理基準を定めたNIHガイドライン及びARRIVEガイドラインに則り遂行した。

O-1-3-3

口述3

### 脳出血およびその後の運動が海馬における脳由来神経栄養因子発現に与える影響

○高松 泰行<sup>1)</sup>, 相馬 希帆<sup>2)</sup>, 西尾 太一<sup>3)</sup>,  
高村 巴菜<sup>2)</sup>, 三島 大雅<sup>2)</sup>, 井上 貴博<sup>3,4)</sup>, 前島 洋<sup>1)</sup>

- 1) 北海道大学 大学院保健科学研究院リハビリテーション科学分野
- 2) 北海道大学 医学部保健学科
- 3) 北海道大学 大学院保健科学院
- 4) 日本学術振興会 特別研究員DC

#### 【目的】

脳内出血 (ICH) は大脳基底核領域で好発し、罹患患者は運動機能障害のみならず認知機能障害を呈する。認知機能には海馬が関与するが、出血により直接損傷されていない海馬の機能が低下する機序については不明である。また運動は脳由来神経栄養因子 (BDNF) 発現を促進し、海馬機能の維持向上に有効であると報告されているが、ICH後の運動がBDNF発現に与える影響については精査されていない。そこで本研究は、ICHおよびその後の運動が海馬BDNF発現に与える影響について検証することを目的とした。

#### 【方法】

7週齢Wistar系雄性ラットをSHAM群、ICH群、ICHEX群の3群 (各群n = 6) に分け、左線条体～内包領域にSHAM群には生理食塩水を、ICH群とICHEX群にはcollagenaseをそれぞれ注入した。ICHEX群は、術後3日目から速度11 m/分の強度で1日30分間のトレッドミル運動を2週間行った。行動評価には、神経学的評価として5-point scale、活動性の評価としてopen field test (OFT) を用い、ストレス指標として摂餌量および体重を毎日計測した。術後16日目に海馬を採取し、定量的PCR法によりmRNA発現定量を行った。BDNFに加え、caspase-3 (神経細胞死)、TLR4 (炎症) について解析した。各結果について、Kruskal-Wallis検定あるいは一元配置分散分析で処理し、Bonferroni補正による多重比較を行った。有意水準は5%とした。

#### 【結果】

神経学的障害の程度はICH群とICHEX群で差はなく、活動量に関しても群間差はなかった。摂餌量および体重について、ICH群は他群と差はなかったが、ICHEX群はSHAM群に対して低値であった。BDNF発現は、損傷側において、SHAM群と比較してICH群が低値であった。ICHEX群はSHAM群と同程度の発現量であった。Caspase-3発現は、非損傷側において、SHAM群と比較してICHEX群で低値であった。TLR4については両側ともに群間差は認められなかった。

#### 【考察】

ICHにより損傷側海馬でBDNF mRNA発現量が減少した。体重、摂餌量、活動量の結果から、ICH後は過度なストレス状態であることは示されず、損傷側海馬でのみBDNF発現が低下したことから、片側ICHに付随して生じた海馬における何らかの機能障害を反映していると考えられる。しかし、神経細胞死や炎症とBDNF発現に一貫した傾向は認められず、ICH後に生じる海馬でのBDNF発現低下の機序については経時的な変化も含めてさらなる検証が必要である。一方で、ICH後の運動はICHに伴う損傷側海馬のBDNF発現減少を抑制することが示された。今後、運動によるBDNF発現低下抑制が認知機能などの行動学的な変化に与える影響について精査する必要がある。

#### 【結語】

ICHにより海馬BDNF発現は減少するが、運動にはその発現量を維持させる神経保護的作用を有する可能性が示唆された。

#### 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は所属機関の動物実験倫理委員会 (承認番号: 20-0071) の承認を得て実施した。

O-1-3-4

口述3

### 急性期脳梗塞患者における大脳白質病変と認知機能・ADLとの関連

○伊藤 優也, 堀川 学, 佐藤 周平, 大森 俊輔,  
照井 由佳, 菊谷 明弘, 高橋 亜紀穂, 成田 ひなた,  
佐々木 洸

秋田県立循環器・脳脊髄センター 機能訓練部

【目的】大脳白質病変(white matter lesion:WML)は主に高血圧性灌流障害を成因とする病変であり、MRIのT2画像などで高信号域として確認される。WMLは無症候性脳血管障害に分類されるが、近年では高齢者の認知機能やADL低下に関与することが報告されている。WMLは急性期脳梗塞患者のMRIにおいても頻繁に確認され、認知機能の観点から入院中のADL獲得を阻害する因子となり得ると考える。そのため、本研究では急性期脳梗塞患者を対象とし、WMLとADL、認知機能との関連性を検討することを目的とした。

【方法】対象は基準を満たした急性期脳梗塞患者40名(年齢:70.0±10.9歳、性別:男性23名 女性17名、在棟期間:15.0±7.5日)とした。主評価項目は年齢、在棟期間、5病日Barthel Index(BI)、退院時BI、BI利得(退院時BI-5病日BI)、BI効率(BI利得/在棟期間)、退院時MMSE、WMLの有無、急性期虚血性変化の範囲(DWI ASPECTS)とした。入院時MRIから確認された側脳室周囲病変(PVH)と深部皮質下白質病変(DSWMH)をFazekas Scale(FS)にて分類し、いずれかがGrade2以上をWML有りとした。WMLの有無から対象をWML群とNormal群(N群)に割り付け、各評価項目を群間比較した。FSとBI、BI利得、BI効率、退院時MMSEの関連性、及び退院時MMSEとBI、BI利得、BI効率の関連性をSpearmanの順位相関係数を用いて検討した。目的変数に退院時MMSE、説明変数にWMLの有無、年齢、性別、DWI ASPECTSを投入した重回帰分析を実施した。有意水準は5%とした。

【結果】群間比較では、退院時MMSEのみ有意差を認め、N群(28.5±1.5点)と比較しWML群(25.6±5.0点)で有意に低値であった(p=0.0183)。PVH(FS)と退院時MMSE(r=-0.316、p=0.0466)、DSWMH(FS)と退院時MMSE(r=-0.418、p=0.00728)との間に有意な負の相関を認めた。その他の項目では有意な相関は認めなかった。重回帰分析では、退院時MMSEに有意に関連する変数としてWMLの有無(p=0.0096)と年齢(p=0.037)が抽出された(補正R<sup>2</sup>=0.23)。

【考察】結果からWMLが急性期脳梗塞患者の認知機能低下に関連し、病変が高度である程、認知機能低下を来しやすいと考える。一方、WMLや認知機能がADLと関連を認めなかったことに関して、WML群のMMSEを過去の報告に照合すると、多くの者が軽度認知機能低下(MCI)例に属していた。高齢者のWMLを有するMCI例では、基本的ADLよりも手段的ADLの低下が顕著であるとされており、限定的環境で遂行される病棟内ADLでは認知機能低下の影響が少なかったと考える。一方、手段的ADLが求められる退院後の生活ではMCIの影響が顕在化する可能性があるため、退院後のADLへの影響も含めた調査を進めたい。

【結語】WMLは急性期脳梗塞患者の認知機能低下に関連する。

【倫理的配慮、説明と同意】ヘルシンキ宣言に基づき、対象者に対し、本研究の趣旨と個人情報守秘義務について説明し、口頭かつ書面上にて参加の同意を得た。

## O-1-3-5

## 口述3

## 神経因性疼痛のメカニズムと神経因性疼痛ラットモデルにおける運動療法の鎮痛効果

○角園 恵<sup>1,3)</sup>, 吉里 雄伸<sup>1)</sup>, 今井 孝樹<sup>1)</sup>, 中西 和毅<sup>2)</sup>, 谷 明<sup>2)</sup>, 松崎 凌真<sup>2)</sup>, 中小川 智美<sup>2)</sup>, 松岡 輝樹<sup>2)</sup>, 榎間 春利<sup>3)</sup>

- 1) 九州看護福祉大学 看護福祉学部リハビリテーション学科
- 2) 鹿児島大学大学院 保健学研究科神経運動障害基礎学分野
- 3) 鹿児島大学 医学部保健学科基礎理学療法学講座

【目的】神経因性疼痛患者は痛みによって日常生活や社会生活により多くの支障をきたす。しかし、神経因性疼痛は効果的に治療することは非常に困難である。本研究の目的は、慢性絞扼神経損傷 (chronic constriction injury:CCI)モデルを作成し、神経因性疼痛モデルラットにおける定期的な運動による疼痛緩和作用の効果をより詳細に検証し、メカニズムの解明を行い、加えて、海馬における神経因性疼痛による影響を明らかにすることである。

【方法】CCIモデルラットを作成し、運動群 (Ex群)と非運動群 (No-Ex群)の無作為に分けたものと正常群 (Normal群)の3群に分けて実施。運動介入はトレッドミルを使用して、20m/minの速度で30分実施し、CCI後5週間行った。50%疼痛反応閾値を機械的刺激で評価した。免疫組織化学において脊髄後角におけるミクログリア (Iba1)とアストロサイト (GFAP)の活性化、TRAF6の活性化を検討した。さらに海馬歯状回では神経新生細胞マーカーであるDCX及び神経新生に必要な中間前駆細胞のマーカーであるProx1の発現を検討した。

【結果】本研究においては、50%疼痛反応閾値がNo-Exと比較してEx群がCCI後5週で有意に疼痛が低下し、疼痛緩和効果を示す結果となった。脊髄後角ではCCI後3週でIba1、TRAF6がNo-ExとEx群を比較して有意にEx群が低下した。CCI後5週においては、Iba1、GFAP、TRAF6がNo-Ex群と比較してEx群が有意に低下を示した。海馬では、DCXがCCI後3週でNo-Ex群とEx群を比較するとEx群が有意に増加を示した。しかしProx1では有意差を示さなかった。CCI後5週ではDCX及びProx1の両方でNo-Ex群とEx群を比較するとEx群が有意に増加を示していた。

【考察】TRAF6活性化の継続は、アストロサイトのJNK/CCL2経路を活性化のすることにより1次終末やミクログリアにおいてCCL2の受容体であるCCR2の受容体及びミクログリア上のCCR2受容体の活性化の要因となる可能性が先行研究により報告されている。本研究においてもCCI後3週と5週でTRAF6の発現が有意にEx群で低下しており、運動により抑制効果が得られたと考える。海馬歯状回においては、運動により最も影響が出ると考えられるCCI5週でDCX及びProx1の増加を確認することができた。これらのことより海馬歯状回において、定期的な運動は神経因性疼痛により異常をきたした神経新生機能を改善させることができることを示唆した。

【結語】定期的な運動により脊髄後角ではミクログリア及びアストロサイトの活性化の抑制、TRAF6抑制の効果が示唆された。神経因性疼痛と海馬の影響について、海馬歯状回においては、運動によりDCXの活性化及びProx1の活性化が確認され、神経因性疼痛発症により記憶破壊を伴う可能性のある神経新生低下の抑制効果があることが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は鹿児島大学医学部動物実験倫理委員会 (承認番号: M20002)の承認を得て実施した。

## O-1-4-1

## 口述4

## 骨格筋3次元形状計測における3次元超音波イメージングの妥当性検証

○梅原 潤<sup>1,2,3)</sup>, 福田 紀生<sup>2)</sup>, 近田 彰治<sup>4)</sup>, 平島 雅也<sup>2)</sup>

- 1) 関西医科大学 リハビリテーション学部
- 2) 情報通信研究機構 脳情報通信融合研究センター
- 3) 京都大学大学院 医学研究科
- 4) 大阪大学大学院 医学系研究科

## 【目的】

骨格筋の機能は主にその形態によって決まるため、身体運動を扱うあらゆる分野において正確な筋形態の計測が重要となる。従来、筋形態の計測にはMRIが用いられてきたが、利便性やコスト面の問題により、近年、その代替手法として3次元超音波イメージング (3DUS)が注目されている。これまでに3DUSの計測精度は示されているが、そのほとんどが筋の体積を評価しており、モーメントアームに影響する筋走行や筋同士の接触力による変形といった幾何学的特徴を包含した筋の3次元形状を評価した研究はない。さらに、過去の報告では筋走行が比較的直線的な下肢筋のみを対象としているため、より複雑な形状の肩関節筋で同等の計測精度が得られるかは不明である。本研究の目的は、肩関節筋を対象として、筋の3次元形状計測における3DUSの妥当性を検証することとした。

## 【方法】

本研究では3DUSとMRIで撮像時の姿勢の再現性を担保することによって、筋の3次元形状の比較を可能とした上で、厳密に3DUSの妥当性を検証した。健康成人10名を対象にポリウレタンフォームで伏臥位姿勢を型取った固定具を作成し、固定具により同一姿勢となった対象者を3DUSとMRIで計測した。3DUSでは、超音波プローブを棘上筋と棘下筋、三角筋後部の皮膚上で動かしながら複数の2次元画像を撮像すると同時に、モーションキャプチャシステムを用いてプローブの姿勢を計測した。プローブの姿勢に基づき2次元画像を再構築することによって3次元超音波画像を取得し、そこから対象筋をセグメンテーションすることで筋の形状モデルを作成した。MRI画像に対してもセグメンテーションを行い、形状モデルを作成した。妥当性の検証には、各筋の形状モデルから求めた体積と3次元形状を用いた。体積に対して、Bland-Altman分析を行い系統誤差の有無を確認した。3次元形状に対して、表面間距離を算出することによって一致度を評価した。

## 【結果】

棘上筋と棘下筋、三角筋後部の全てにおいて、3DUSとMRIの体積の計測誤差は平均0.51cm<sup>3</sup>以下、標準偏差2.85cm<sup>3</sup>以下であり、Bland-Altman分析からも固定誤差及び比例誤差を認めなかった。3次元形状の一致度に関して、全ての筋において表面間距離の中央値は1.21mm以下、第3四分位でさえ1.89mm以下であった。

## 【考察】

3DUSとMRIの体積の計測誤差及び表面間距離は十分に小さいことから、3DUSは体積だけでなく、筋の3次元形状もMRIと同等の精度で計測可能な手法であると判断できる。本研究は骨格筋の3次元形状計測における3DUSの妥当性を検証した初めての研究であり、MRIに代わる比較的簡便かつ低コストな筋形態計測手法として、3DUSの有用性と汎用性を向上させた。

## 【結語】

複雑な形状を有する肩関節筋においても、3DUSはMRIと同等の精度で筋の3次元形状計測が可能な手法である。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は演者が所属する機構の研究倫理委員会の承認を受けて実施された。

## O-1-4-2

## 口述4

## 超音波測定肢位が内側広筋の筋厚・筋輝度とMRI筋体積・筋断面積および筋内脂肪割合との関係に及ぼす影響

○谷口 匡史<sup>1)</sup>, 福元 喜啓<sup>1,2)</sup>, 八木 優英<sup>1)</sup>, 廣野 哲也<sup>1,3,4)</sup>, 山縣 桃子<sup>1,2)</sup>, 中井 隆介<sup>5)</sup>, 山田 陽介<sup>6,7)</sup>, 木村 みさか<sup>7,8)</sup>, 市橋 則明<sup>1)</sup>

- 1) 京都大学大学院 医学研究科人間健康科学系専攻
- 2) 関西医科大学 リハビリテーション学部
- 3) 中京大学 スポーツ科学部
- 4) 日本学術振興会 特別研究員PD
- 5) 京都大学 人と社会の未来研究院
- 6) 国立健康・栄養研究所 身体活動研究部
- 7) 京都先端科学大学 総合研究所
- 8) 同志社女子大学大学院 看護学研究科

## 【目的】

骨格筋量・筋質の評価には、磁気共鳴画像法(MRI)による筋体積および筋内脂肪割合が一般に使用される。この代替法として、超音波画像装置を用いた筋厚(筋量指標)・筋輝度(筋質指標)の使用が普及してきた。運動機能と強く関係する大腿四頭筋のうち、内側広筋(VM)は外側広筋に次いで大きな筋体積を持つ筋であり、変形性膝関節症患者ではVMに特異的筋変性が生じることが知られている。従来、VMの筋厚・筋輝度測定は、背臥位にて計測されてきたが、背臥位では大腿後面の接触による筋形状の変形が測定上の問題となる場合がある。この問題を解決する方法として、大腿後面が接触しないようにした座位による画像取得が筋厚・筋輝度測定の精度向上に寄与する可能性がある。本研究の目的は、MRIで計測した内側広筋の筋体積・筋内脂肪割合を標準とし、臥位および座位による筋厚・筋輝度の測定精度の違いを明らかにすることである。

## 【方法】

対象は成人男女(年齢20-83歳)136名とした。3.0TのMRI装置(SIEMENS社製)を用いて大腿部のMR画像を取得し、VMの筋体積および最大膨隆部の筋断面積、筋内脂肪割合を求めた。また、超音波画像装置(GEヘルスケア社製)を用いてVMの筋厚・筋輝度を臥位および座位にて計測を行った。VM撮像位置は、大転子と外側上顆を結ぶ線の遠位70%から内側に移動し、筋厚が最大となる位置とした。Pearsonの積率相関係数を用いて、座位・臥位それぞれの筋厚と筋体積、筋厚と筋断面積、および筋輝度と筋内脂肪割合との相関係数を求め、各変数の座位と臥位の相関係数の違いをMeng's検定で分析した。

## 【結果】

筋体積とVM筋厚は、臥位( $r=0.65$ )・座位( $r=0.80$ )ともに有意な正の相関関係を認め、Meng's検定の結果、座位の方が臥位よりも有意に相関係数は大きかった。同様に、筋断面積とVM筋厚は、臥位( $r=0.65$ )・座位( $r=0.75$ )ともに有意な正の相関関係を認め、座位の方が臥位よりも有意に相関係数は大きかった。一方、筋内脂肪割合とVM筋輝度は、臥位( $r=0.55$ )・座位( $r=0.57$ )ともに有意な正の相関関係を認めたが、臥位と座位の相関係数には有意な違いを認めなかった。

## 【考察】

座位によるVM筋厚の測定は、臥位による計測に比べて、筋体積や筋断面積をより強く反映することが示唆された。座位は、大腿後面の接触による筋形状の変化がないため、筋の最大膨隆部をより正確に撮像できる可能性がある。一方、VM筋輝度と筋内脂肪割合との関係は、測定肢位による影響を受けなかった。これは測定肢位によって筋形状が変化しても筋内組成は変化しないためであると考えられる。

## 【結語】

VM筋厚の測定は、臥位よりも座位による撮像の方が骨格筋量指標としての精度が高いことが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の倫理委員会(承認番号: R1746)の承認を得て実施した。

## O-1-4-3

## 口述4

## ハムストリング各筋の非収縮組織の割合と筋伸張性との関連

○中泉 大<sup>1,2)</sup>, 浅井 仁<sup>3)</sup>

- 1) 金沢赤十字病院 リハビリテーション科
- 2) 金沢大学 医薬保健研究域保健学系研究協力員
- 3) 金沢大学 医薬保健研究域保健学系リハビリテーション科学領域リハビリテーション科学領域

## 【目的】

骨格筋では、加齢に伴い筋線維の減少や萎縮に加え、筋内脂肪や結合組織等の非収縮組織の増加が生じる。骨格筋内の非収縮組織の割合の増加は、筋力発揮の障害、筋質の低下を引き起こす。しかし、骨格筋内の非収縮組織の割合と筋伸張性との関連についてはこれまで検討されていない。ハムストリングは骨格筋の中でも肉離れを起こしやすく、特に半膜様筋は過度な伸張により肉離れを起こしやすい。骨格筋内の非収縮組織の割合と可動域との関連が認められれば、骨格筋内の非収縮組織の割合が筋伸張性の指標となる可能性が考えられる。本研究の目的はハムストリング各筋(大腿二頭筋長頭、半腱様筋、半膜様筋)の非収縮組織の割合と関節可動域による筋伸張性との関連を明らかにすることである。

## 【方法】

被験者は健康若年成人男性15名(年齢 $22.0 \pm 1.3$ 歳)とした。右下肢のハムストリング各筋はグラビティMRI(0.4T、日立ヘルスケア社)にて背臥位で撮像し、T1強調画像を解析に用いた。得られた画像から大腿長50%の位置でのハムストリング各筋を同定し、ImageJを用いて非収縮組織面積を算出した。ハムストリング各筋とハムストリング周囲の皮下脂肪組織に関心領域を設定し、関心領域内の信号強度のヒストグラムをもとに大津の判別分析法とトライアングル法を用いて収縮組織と非収縮組織との閾値を算出した。測定した非収縮組織面積をハムストリング各筋の筋断面積で除して割合を算出した。ハムストリング伸張性の指標は膝伸展テストの可動域で表した。背臥位で股関節及び膝関節90°屈曲位を開始肢位とし、そこから他動的に膝関節を伸展し、膝関節伸展最終域で大腿骨の長軸と腓骨の長軸とのなす角度を膝伸展角度として測定した。ハムストリング各筋の非収縮組織の割合と膝伸展角度との関係をPearsonの積率相関係数を用いて検討した。有意水準は5%とした。

## 【結果】

膝伸展角度は $157.7 \pm 9.4^\circ$ であった。ハムストリング各筋の非収縮組織の割合はそれぞれ大腿二頭筋長頭 $11.3 \pm 5.7\%$ 、半腱様筋 $11.2 \pm 5.9\%$ 、半膜様筋 $11.6 \pm 6.1\%$ であった。半膜様筋のみ非収縮組織の割合と膝伸展角度との間に有意な正の相関( $r = 0.54$ ,  $p$ 値  $0.036$ )が認められた。

## 【考察】

本研究の結果、半膜様筋のみ筋内非収縮組織の割合と可動域との間に正の相関が見られた。筋内非収縮組織の割合と可動域との関連は筋ごとで異なっており、ハムストリングにおいては半膜様筋のみ筋内の非収縮組織の割合が筋伸張性の指標となる可能性が考えられる。

## 【結語】

半膜様筋のみ筋内非収縮組織の割合と可動域との間に正の相関が見られ、非収縮組織の割合が筋伸張性の指標となる可能性が確認された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の医学倫理審査委員会(承認番号: 797-1)の承認を得て実施した。

## O-1-4-4

## 口述4

## 加齢とともに低下する骨格筋の質は変形性膝関節症発症によってさらに悪化する：メタアナリシスによる検討

○法貴 篤史<sup>1)</sup>, 飯島 弘貴<sup>2,3)</sup>

- 1) まつだ整形外科クリニック 理学療法科
- 2) 名古屋大学 高等研究院
- 3) 名古屋大学大学院 医学系研究科

### 【目的】

変形性関節症患者における大腿四頭筋などの筋機能の低下は、生活機能障害を引き起こし、健康寿命を短縮させる。このような問題意識の下、世界関節症学会のガイドラインでは、筋力強化を目的とする運動療法は治療の第一選択として位置づけられている。このガイドラインに準じつつ、個性のある運動療法の提供によってその治療効果をさらに高めていくためには、臨床現場における的確かつ非侵襲な筋機能評価が必要となる。この筋機能評価には、筋断面積などの量的側面と、筋内脂肪に代表される質的側面があるが、後者は従来の疫学研究で軽視されてきたこともあり、変形性膝関節症における大腿四頭筋の質的变化やその評価手法に関する知見が十分蓄積されていない。この問題解決に向けた第一歩として、本システマティックレビューでは、変形性膝関節症患者における大腿四頭筋の質的变化を体系的に整理するとともに、この変形性膝関節症に伴う骨格筋の質的变化を健康人での加齢性変化と比較した。

### 【方法】

本研究では、高齢者あるいは変形性膝関節症患者の大腿四頭筋の質を評価した症例対照研究および横断研究の論文を、PRISMAガイドライン準じて系統的に収集した(検索日:2022年3月23日)。論文を網羅的に収集するため、PubMedとPEDroによるデータベース検索に加え、Google Scholarを使用したハンドサーチを行った。その後、加齢プロセス(健康若年者vs健康高齢者)や変形性膝関節症発症(健康高齢者vs変形性膝関節症患者)における筋の質的变化に対して、ランダム効果モデルを用いたメタアナリシスを行った。

### 【結果】

データベース検索から抽出された計290編とハンドサーチからの4編、計294編の中から加齢プロセスを対象とした13編、変形性膝関節症発症を対象とした5編、が最終的に採用された。筋の質的評価には、超音波診断装置が最も多く使用され(12編、67%)、次いでMRI(5編、28%)、CT(1編、6%)であった。メタアナリシスによる統合の結果、若年者より高齢者の方が有意に筋の質が低下していた(標準化効果量:-1.32;95%信頼区間:-1.52,-1.13)。さらに、高齢者より変形性膝関節症患者の方が有意に筋の質が低下していた(標準化効果量:-0.43;95%信頼区間:-0.57,-0.28)。

### 【考察】

大腿四頭筋の質は加齢とともに低下し、変形性膝関節症の発症によりさらに悪化することがメタ解析によって示された。大半の論文は低侵襲な超音波診断装置を用いており、メタ解析の結果を加味すると、臨床現場における筋の質的变化の評価ツールとして有用だと考えられる。

### 【結語】

変形性膝関節症は加齢に伴う大腿四頭筋の質的变化をさらに助長する。また、臨床現場において、このような大腿四頭筋の質的变化は低侵襲の超音波診断装置によって十分捉えられると考えられる。

### 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は文献調査研究であるため、該当項目は存在しない。

## O-1-4-5

## 口述4

## 超音波画像診断装置と流体画像解析ソフトFlow PIVを使用した脛骨神経における滑走性評価法の信頼性の検証

○姉川 恵佑<sup>1,2)</sup>, 河西 謙吾<sup>3,4)</sup>, 堤 真大<sup>4)</sup>, 工藤 慎太郎<sup>1,4,5)</sup>

- 1) 森ノ宮医療大学大学院 保健医療学研究科
- 2) 緑風会病院 リハビリテーション科
- 3) 加納総合病院 リハビリテーション科
- 4) 森ノ宮医療大学 インクルーシブ医科学研究所
- 5) アレックス メディカルリサーチセンター

### 【目的】

脛骨神経(TN)の滑走性低下は、足部の痛みや関節可動域制限の一要因である。生体でのTNの滑走性評価には神経の滑走距離を測定する方法がある。一方、我々は足関節背屈運動におけるTNの最大速度を計測する滑走性評価法を報告している。本研究の目的は、最大速度および滑走距離の測定によるTNの滑走性評価法の信頼性を検討することである。

### 【方法】

対象は健康成人8名とした。TN動態の撮像に等速性筋力測定装置Biodex4と超音波画像診断装置(Canon Aplio300)、リニアプローブ(11 MHz)を使用した。股関節90°、膝関節30°屈曲位の座位姿勢において、最大背屈角度から20°底屈させた範囲で他動足関節底背屈運動(等速運動;30°/sec)を行った。プローブは内果の1cm近位に固定し、背屈運動中のTNの長軸方向の動態を動画として記録した。撮影した動画は流体画像解析ソフトFlow PIV(ライブラリー)を使用し、超音波画像の連続するフレーム間の相対的な動きを判定し、TNの移動を速度ベクトルとして可視化した。TN内に5カ所の関心領域を設定し、その平均値をTNの速度とし、底背屈運動3回分の変動を時系列に配列した。このデータより、3回分の背屈時最大速度を平均化、TNの最大速度と規定した。また、滑走距離として、背屈運動中のTN速度を積分し、3回分の平均値を算出した。これらの計測を1週間の間隔を空けて2回計測し、検者内信頼性として級内相関係数ICC(1,1)と標準誤差および最小可検変化量の95%信頼区間(minimal detectable change: MDC95)を算出した。

### 【結果】

最大速度と滑走距離の平均値と標準偏差は10.2±0.8mm/sと8.3±0.7mm/sであった。ICC(1,1)の平均値と95%信頼区間は最大速度で0.83(0.57-0.98)滑走距離で0.91(0.79-0.99)、標準誤差とMDC95は最大流速で0.18, 0.51, 滑走距離で0.22, 0.61であった。

### 【考察】

最大流速と滑走距離はいずれも高い再現性を示した。滑走距離の計測がより再現性が高かった。今回の研究ではバイオデックスを用いて、足関節運動の運動範囲と運動速度は概ね一定となっているため高い再現性が得られたと考えている。しかし、運動速度は運動の開始時と最終域で変化するため一定とならないため、より滑走距離で再現性が高い結果となったと考えられる。

### 【結語】

超音波画像診断装置を用いたTNの滑走性評価では、最大速度の測定と比べ、滑走距離を測定する方法でより信頼性が高いことが確認された。

### 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:2021-069)の承認を得て実施した。

O-1-5-1

口述5

## 脳卒中患者の静止立位における下肢筋間コヒーレンスと身体動揺との関係

○山中 英士<sup>1,2)</sup>, 川上 途行<sup>2,3)</sup>, 後藤 凌介<sup>2)</sup>,  
立石 貴樹<sup>2,4)</sup>, 近藤 国嗣<sup>2)</sup>, 野嶋 一平<sup>1)</sup>

- 1) 信州大学大学院 総合医理工学研究科
- 2) 東京湾岸リハビリテーション病院 リハビリテーション部
- 3) 慶應義塾大学 医学部リハビリテーション医学教室
- 4) 畿央大学大学院 健康科学研究科

【目的】脳卒中患者は身体動揺と転倒リスクが高く、その治療介入のため立位制御の神経基盤を明らかにすることが重要である。立位時神経活動の評価指標として、筋活動の周波数成分における相関を求めるコヒーレンス解析がある。 $\delta$ 帯域のコヒーレンスは脊髄 $\alpha$ 運動ニューロンの同期的活動と関連する一方、 $\beta$ 帯域は大脳皮質からの下降性入力と関連することが報告されている。本研究では、脳卒中患者の立位における筋間コヒーレンスを評価し、身体動揺との関係を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は回復期病棟に入院した脳卒中片麻痺患者7名(年齢:  $55 \pm 12$ 歳, 発症後:  $55 \pm 13$ 日, Fugl-Meyer Assessment 下肢運動項目:  $21.8 \pm 8.5$ 点)とした。床反力計上で静止立位をとり、両側の前脛骨筋、ヒラメ筋、内側腓腹筋より筋活動を計測した。解析には30秒間の全波整流した筋活動データを用い、両側同名筋間、片側共同筋間、片側拮抗筋間のコヒーレンス値を算出した。筋間コヒーレンスは周波数解析で求めたauto-spectraとcross-spectraより算出し、 $\delta$ 帯域(0-5 Hz)および $\beta$ 帯域(15-35 Hz)の平均値を統計解析に使用した。片側共同筋間と拮抗筋間のコヒーレンスは、対応のあるt検定を用いて麻痺側と非麻痺側を比較した。立位身体動揺の指標として足圧中心の変位と速度を算出し、筋間コヒーレンスとの関係をPearsonの積率相関係数を用いて検討した。

【結果】片側共同筋間の $\beta$ 帯域コヒーレンスは、非麻痺側に比べ麻痺側で有意に低値を示した( $p=0.02$ )。一方、片側拮抗筋間の $\delta$ 帯域コヒーレンスは、非麻痺側に比べ麻痺側で有意に高値を示した( $p<0.01$ )。非麻痺側における共同筋間の $\beta$ 帯域コヒーレンスおよび、麻痺側における拮抗筋間の $\delta$ 帯域コヒーレンスは身体動揺指標と有意な正の相関を示した(非麻痺側共同筋間:  $r=0.78$ ,  $p=0.03$ ; 麻痺側拮抗筋間:  $r=0.77$ ,  $p=0.04$ )。また、両側同名筋間における $\delta$ 帯域および $\beta$ 帯域コヒーレンスは身体動揺指標と有意な負の相関を示した( $\delta$ 帯域:  $r=-0.89$ ,  $p<0.01$ ;  $\beta$ 帯域:  $r=-0.76$ ,  $p=0.04$ )。

【考察】共同筋間 $\beta$ 帯域におけるコヒーレンスの結果は、脳卒中患者の立位における病巣側大脳皮質から麻痺筋への下降性神経活動の低下と、非病巣側大脳皮質からの下降性神経活動の増加による代償的な制御を反映している可能性がある。一方、麻痺側 $\delta$ 帯域における拮抗筋間コヒーレンスの増加は、痙縮や転倒恐怖感により拮抗筋間の同時収縮を呈する脳卒中患者の病態を反映した変化と推察される。

【結語】脳卒中患者の静止立位において、麻痺側と非麻痺側下肢は異なる神経活動を示し、身体動揺と関連する可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は発表者が所属する施設の倫理委員会(承認番号: 272-2)の承認を得て実施した。被験者には文書と口頭にて研究内容を説明し、同意を得た。

O-1-5-2

口述5

## 機能的電気刺激とVirtual reality課題による空間性注意への影響

○吉弘 奈央<sup>1,2)</sup>, 網本 和<sup>2)</sup>, 尾崎 新平<sup>2,3)</sup>,  
田邊 淳平<sup>2,4)</sup>

- 1) 関西医療大学 保健医療学部 作業療法学科
- 2) 東京都立大学大学院 人間健康科学研究科 理学療法科学域
- 3) 関西電力病院 リハビリテーション部
- 4) 広島都市学園大学 健康科学部 理学療法専攻

【目的】半側空間無視(USN)に対する介入として、機能的電気刺激(FES)による上肢の非随意的な運動が報告されている。FESは、併用する注意課題の特性により効果が異なる可能性が示されている。一方、USNに対してVirtual Reality(VR)を用いた介入も注目されてきており、疑似的に没入感の高い空間を作り出すことができる。そこで本研究では、FESによる上肢運動とVR上での空間性注意課題を使用し、USNの評価としても用いられるPosner課題上での健常者における空間性注意への影響を検討した。

【方法】対象は、右利きの健常成人14名である。FES装置にはIVES+ (オージー技研社製)を使用し、左手関節伸筋群に刺激電極を貼付した。周波数40Hz, パルス幅50 $\mu$ sec, 筋収縮が得られる強度で、通電・休止時間を各5秒間に設定した。Posner課題は、パソコン画面上の左右に出現するターゲットに対してキーを押して反応時間を評価した。ターゲット出現前には矢印手がかりが一致条件と不一致条件の2種類でランダムに提示される。VRには、Oculus quest 2 (Facebook Technologies)を使用し、課題はランダムに出現する風船に視線を向けて割るものであった。1回の課題につき風船探索を全48回試行し、反応時間を記録した。Posner課題6分, VR課題5分, Posner課題6分を1セットとし、(a)VR課題中FESを同時に実施、(b)VR課題のみを実施(Shamコントロール)、の2条件を実施した。対象者は(a)(b)の順、(b)(a)の順で実施するものにランダムに振り分けた。統計解析は、Posner課題の反応時間変化率(VR・刺激の前後)について、刺激の有無(FES・Sham)による差を、各ターゲット提示条件(①不一致条件で左に出現または②右に出現、③一致条件で左に出現または④右に出現)において対応のあるt検定を用いて検討した。有意水準は5%とした。

【結果】Posner課題におけるVRとFESの影響について、②不一致条件でターゲットが右側に出現する場合 FES実施時(24.27ms短縮)とSham時(9.24ms延長)で有意な差を認めた( $p=0.03$ )。その他の提示条件においては反応時間の差を認めなかった。

【考察】Posner課題における一致条件と不一致条件では、不一致条件においてFESの効果が表れる可能性が示唆された。

Posner課題においては健常者およびUSN患者に対しても一致条件よりも不一致条件での反応時間の遅延を認められることが報告されている(Rengachary et al., 2009)。FESとVRの併用は、不一致条件のような一度注意を引き付けられた後に他の方向へ注意を転換させやすくする可能性が示唆される。

【結語】USN患者は、一度注意が健側へ引きつけられると、その後無視側へ注意を転換させることがより困難となる。FESとVRを併用することによって、上記のような注意の転換を促進することにつながるかもしれない。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 21091)の承認を得て実施した。

## O-1-5-3

## 口述5

## 視線を運動部位に向けることで脊髄前角細胞の興奮性は増大する-視線追跡装置を用いた検討-

○角川 広輝<sup>1)</sup>, 高崎 浩壽<sup>2,3)</sup>, 末廣 健児<sup>4)</sup>, 石濱 崇史<sup>4)</sup>, 鈴木 俊明<sup>5)</sup>

- 1) 京都田辺記念病院 リハビリテーション部
- 2) 京都田辺中央病院 リハビリテーション部
- 3) 金沢大学大学院 医薬保健総合研究科
- 4) 医療法人社団 石鎚会 法人本部
- 5) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

## 【目的】

運動観察は他者の行動を直接的、あるいは映像を介して観察する行為であり、運動制御機構である運動関連領域や脊髄前角細胞が賦活すると報告されている。さらに、運動観察における中枢神経機能の賦活には視覚的注意の関与が示唆されており、運動部位へ視覚的注意が向くことで、運動部位に関連した脳領域の活動性が増大することは明らかである。しかし、最終的な運動制御の役割を担う脊髄前角細胞の興奮性変化と視覚的注意の関連性については詳細な検討がなされていない。そこで、視覚的注意を定量的に計測するため、密接な関係性を有する視線を評価し、脊髄前角細胞の興奮性変化との関連性について視線追跡装置とF波を用いて検討した。

## 【方法】

健康成人31名(平均年齢 $26.7 \pm 7.5$ 歳)を対象に右上肢を検査側とした。測定方法は頭部を固定する椅子に座り、右尺骨神経刺激により右小指外転筋から安静時のF波を導出した。4分間の休息後、パソコン画面に映像を提示し対象者の視線の動向とF波を測定した。映像課題は母指以外の4指の屈曲運動(課題A)と小指の屈曲運動(課題B)を用い、各課題にて自由観察条件と小指に視線を向ける注視条件を設定した。また、映像に対する視線の動向を評価するため、小指に対して興味領域を作成した。検討項目は安静時を1とした運動観察時の振幅F/M比相対値、小指に対する視線の停留時間とした。

## 【結果】

振幅F/M比相対値と視線の停留時間については、課題Aの自由観察条件と比較し課題Aの注視条件、課題Bの両条件で有意に高値を示した。

## 【考察】

課題Aは4指の運動が同時に生じ、小指に対し視覚的注意が向きにくい特徴があったと推察され、自由観察条件と比較し、注視条件では小指に対する停留時間は増大した。よって、小指の運動に注意が向き、上位中枢の活動が賦活され、下行性線維を介し小指外転筋に対応する脊髄前角細胞の興奮性が高まったと考える。一方で、課題Bは小指単独の運動映像であるため、両条件とも小指に対する視線の停留時間は増大し、脊髄前角細胞の興奮性も高まったと考える。したがって、運動観察は運動部位に視線を向けることが脊髄前角細胞の興奮性を増大させる一つの要因であり、さらに提示する映像によって対象者の視線の動向を制御できる可能性も示唆される。

## 【結語】

本研究は、運動観察における視線と脊髄前角細胞の興奮性との関係性について検討した。特定の運動部位へ視線を向けることで、運動に関与する筋に対応した脊髄前角細胞の興奮性は増大する結果が得られた。また、対象者の視線の動向は、研究者の指示に加え提示する映像によっても大きく影響を受ける可能性がある。よって、理学療法で応用する場合は提示映像を工夫し、患者の視線および視覚的注意の制御に努める必要がある。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。

## O-1-5-4

## 口述5

## 体外式膜型人工肺はラット骨格筋の弛緩速度を減少する

○堀田 一樹<sup>1,2)</sup>, 藤井 豊<sup>3)</sup>, 池上 諒<sup>4)</sup>, 田宮 創<sup>4)</sup>, 井上 達朗<sup>4)</sup>, 椿 淳裕<sup>4)</sup>

- 1) 北里大学 医療衛生学部リハビリテーション学科理学療法学専攻
- 2) 北里大学大学院 医療系研究科
- 3) 新潟医療福祉大学 医療技術学部臨床技術学科
- 4) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部理学療法学科

## 【目的】

長期の体外式膜型人工肺(ECMO)管理では、筋萎縮の予防を目的に骨格筋に対する電気刺激療法を行う場合がある。本研究の目的は、ECMOモデルラットの骨格筋の収縮および弛緩機能を偽介入(Sham)ラットと比較することである。【方法】雄性Sprague Dawleyラット( $n=17, 463 \pm 15$  g)をECMO群とSham群に分類した。ECMO群に対しては、人工呼吸器管理下( $FiO_2 1.0$ )にて右頸静脈に脱血管を、左頸動脈に送血管をそれぞれ留置し、ポンプとECMOによって体外循環と酸素化をおこなった。右前脛骨筋(TA)に留置した電極を介して、5 V, 2 ms, 1 Hz, 180秒間の刺激を実施し、得られた筋張力を1000 Hzでサンプリングした。張力波形からrate of force development (RFD)およびpeak値を算出した。張力がPeakに到達した後の最大弛緩速度(maximum relaxation rate; MRR)を算出した。Sham群に対しては脱血管および送血管を留置するのみで、体外循環は実施しなかった。りん光クエンチング法により、TA間質の酸素分圧( $pO_{2is}$ )を筋張力と同時にリアルタイムで計測した。

【結果】動脈血ガス分析の結果、ECMO群の動脈血酸素分圧はShamと差を認めなかったが( $473 \pm 33$  vs.  $424 \pm 41$  mmHg, Sham vs. ECMO), ヘモグロビン値が有意に低値を示した( $14.6 \pm 0.4$  vs.  $10.5 \pm 0.6$  g/dL,  $p < 0.01$ )。ECMO中の筋張力をみると、ECMO群のRFDおよびPeak値はSham群と差を認めなかったが(RFD,  $63.5 \pm 3.2$  vs.  $64.5 \pm 2.8$  g/mg/s; Peak  $0.102 \pm 0.001$  vs.  $0.104 \pm 0.001$  g/mg), ECMO群のMRRはShamと比べて有意に低値を示した( $38.0 \pm 11.5$  vs.  $18.8 \pm 5.9$  g/mg/s,  $p < 0.01$ , Sham vs. ECMO)。収縮中の $pO_{2is}$ はShamと比べてECMO群で有意に低値を示した( $1.2 \pm 1.6$  vs.  $0.1 \pm 0.2$  mmHg,  $p < 0.01$ )。【考察】骨格筋の弛緩速度は筋細胞内カルシウムイオン濃度の再吸収や、筋疲労と関係している。ECMOはラット骨格筋の収縮能に影響しなかったが、弛緩速度を減少した。その背景には、ECMOの血液希釈に伴う貧血や、収縮筋の低酸素が関係していることが示唆された。【結論】ECMOはラット骨格筋の収縮能には影響しないが、弛緩速度を減少すると思われた。【倫理的配慮】本研究は、発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会(承認番号: 30006)の承認を得て実施した。

## O-1-5-5

## 口述5

## 変形性膝関節症モデルラットの膝蓋下脂肪体線維化におけるマクロファージの性質と低出力超音波パルス療法が与える影響

○北川 崇<sup>1,2)</sup>, 川畑 浩久<sup>1,3,4)</sup>, 工藤 慎太郎<sup>1,3,5,6)</sup>

- 1) 森ノ宮医療大学大学院 保健医療学研究科
- 2) 社会医療法人有隣会 東大阪病院 回復期リハビリテーション課
- 3) 森ノ宮医療大学 インクルーシブ医科学研究所
- 4) 森ノ宮医療大学 保健医療学部 臨床検査学科
- 5) 森ノ宮医療大学 保健医療学部 理学療法学科
- 6) アレックスメディカルリサーチセンター

## 【目的】

変形性膝関節症(KOA)では膝蓋下脂肪体(IFP)に線維化が生じる(Eymard.2017)と報告されており、この病態にマクロファージの性質(M1/M2)が関与することが指摘されている(Zhang.2020)。マクロファージは炎症を促進するM1マクロファージと抗炎症作用をもつM2マクロファージに区別されるが、M1/M2の比がKOAの重症度に関与することが示唆されている(Liu.2018)。一方で低出力超音波パルス療法(LIPUS)がKOAにおける滑膜の炎症を抑制すること(Liao.2021)が報告されているが、マクロファージの性質との関連性については十分に検討されていない。そこで本研究はLIPUSがマクロファージの性質ならびにIFPの線維化にあたる影響について検討を行った。

## 【方法】

Wister rat(8週齢)の両側膝関節内へカラゲニン(1.0%/50 $\mu$ l)を注射し、KOAモデルを作製した。経時的に組織を採取し、組織学的解析(Sirius red染色, 免疫組織化学染色(RM-4(マクロファージマーカー), CD80(M1マーカー), CD206(M2マーカー))と細胞の分布状況や線維化について画像解析を行った。さらにカラゲニン投与後2週間LIPUS(3MHz, 120mW/cm<sup>2</sup>, 5回/週, 15分)を照射し同様の解析を行った。統計学的処理は対応のないt検定を行った(p<0.05)。

## 【結果】

カラゲニン投与後2週目のIFPではRM-4陽性細胞が広範囲に分布し、IFPへの細胞浸潤と線維化がみとめられたが、CD80およびCD206陽性細胞の分布状況に有意差はなかった。LIPUS照射群と非照射群の比較ではRM-4およびCD80陽性細胞で有意差はなかったが、CD206陽性細胞はLIPUS照射群で有意に増加(p<0.05)し、線維化は抑制されていた(p<0.01)。

## 【考察】

カラゲニン投与によりIFPにマクロファージの浸潤がみられ、周囲に線維化が生じていたが、CD80およびCD206陽性細胞の分布状況に有意差はなかった。一方、LIPUS照射群でもマクロファージの浸潤やCD80陽性細胞の分布に有意差はなかったが、CD206陽性細胞は有意に増加し、線維化は抑制されていた。このことはLIPUSがM1マクロファージからM2マクロファージへとマクロファージの性質を変化させる作用を持つことを示唆している。すなわちLIPUSはマクロファージの性質を変化させることで線維化を抑制する作用をもつと考えられた。なおメカニズムについては詳細な解析を行う必要がある。

## 【結論】

LIPUSはマクロファージの性質を変化させることで、IFPの線維化を抑制する作用を持つことが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本実験は発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会(認証番号:2019A001)の承認を得て実施した。

## O-1-6-1

## 口述6

## 低出力超音波パルスよりも高強度の超音波刺激は内軟骨性骨化を促進する—マウス脆弱性骨折モデルを用いた検討—

○井上 翔太<sup>1,2)</sup>, 李 昌欣<sup>1)</sup>, 畠山 隼平<sup>1,2)</sup>, 姜 函林<sup>1)</sup>, 黒木 裕士<sup>3)</sup>, 森山 英樹<sup>4)</sup>

- 1) 神戸大学大学院 保健学研究科
- 2) 日本学術振興会 特別研究員
- 3) 京都大学大学院 医学研究科
- 4) 神戸大学 生命・医学系保健学域

【目的】超高齢社会となり、骨折患者数の増加に伴って、骨折の治癒期間の短縮が強く望まれている。低出力超音波パルス(LIPUS)は骨折治癒促進法として広く臨床で用いられているが、2017年に報告されたメタアナリシスにおいて、LIPUSが骨折治癒を促進しないことが実証され、大きな議論を巻き起こした。私たちはこれまでの研究から、LIPUSよりも高強度の超音波刺激が、より効率的に骨形成を促進できる可能性を見出した。LIPUSに代わる新たな超音波治療法の社会実装を見据えると、骨折治癒、特に内軟骨性骨化に与える影響の理解が必要不可欠である。本研究では、マウス脆弱性骨折モデルを対象に、LIPUSよりも高強度の超音波が骨折後の内軟骨性骨化に与える影響を明らかにすることを目的とした。

【方法】8週齢の雌性C57BL/6マウスの卵巣を摘除し、4週間飼育することで骨粗鬆症を生じさせた後、大腿骨に横断骨折を作製した。マウスを通常飼育する対照群と、0.04または0.2W/cm<sup>2</sup>の強度の超音波を照射する超音波介入群に分けた(各群n=7~8)。超音波介入は、骨折作製翌日から毎日20分間実施した。骨折作製1、2、3、4週時点で、マイクロCTと組織学的解析により骨折仮骨の新生骨量、骨塩量、軟骨量、骨折治癒進行度(Allenスコア)を評価した。骨折4週時点のサンプルは力学試験に供した。Allenスコアは、Kruskal-Wallis検定、その他の結果は一元配置分散分析と多重比較検定を行った。

【結果】0.04W/cm<sup>2</sup>の超音波照射は、軟骨・新生骨量、仮骨サイズ、力学的強度に影響を与えなかった。一方で、0.2W/cm<sup>2</sup>の超音波刺激は、骨折2週時点の新生骨量および、2~4週時点の仮骨中の骨塩量を有意に増加させた。また、骨折1~3週時点において、0.2W/cm<sup>2</sup>群の仮骨サイズは小さい傾向にあった。骨折治癒の進行度をAllenスコアにより評価したところ、骨折後2週時点の0.2W/cm<sup>2</sup>群のスコアは対照群よりも高かった。0.2W/cm<sup>2</sup>群の骨の破断エネルギーは対照群よりも有意に増加した。

【考察】本研究結果から、LIPUSに該当する強度の超音波照射は骨折治癒に影響を与えないことが明らかとなり、LIPUSの治療効果を否定するメタアナリシスを支持する結果となった。一方で、0.2W/cm<sup>2</sup>の超音波照射は、骨折後2週時点の新生骨量と骨塩量を増加させ、骨折後早期の仮骨の石灰化を促進できることが示された。先行研究では、LIPUS照射により仮骨サイズが増大し、治癒が促進されることが示されている。一方で、高強度の超音波照射は、治癒過程全体で仮骨の肥大化は認められないが、結果的に骨の力学的強度の回復を促進したことから、LIPUSとは異なる機序で骨折の治癒期間を短縮できることが示唆された。

【結論】LIPUSよりも高強度の超音波は内軟骨性骨化を促進し、脆弱性骨折の治癒促進に有効である可能性が示された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は神戸大学動物実験委員会からの承認を得た(承認番号:P210802)。

## O-1-6-2

## 口述6

## 老化促進マウスにおける低強度トレッドミル運動は加齢による変形性膝関節症の進行を緩和する

○則松 貢輔<sup>1)</sup>, 中西 和毅<sup>4)</sup>, 谷 明<sup>1)</sup>, 松崎 凌真<sup>1)</sup>, 中小川 智美<sup>1)</sup>, 松岡 輝樹<sup>1)</sup>, 大塚 章太郎<sup>2)</sup>, 高田 聖也<sup>2)</sup>, 角園 恵<sup>3)</sup>, 榎間 春利<sup>4)</sup>

- 1) 鹿児島大学大学院 保健学研究科
- 2) 鹿児島大学大学院 医歯学総合研究科 システム血拴制御学講座
- 3) 九州看護福祉大学 看護福祉学部 リハビリテーション学科
- 4) 鹿児島大学 医学部 保健学科 理学療法学専攻

【目的】変形性膝関節症(膝OA)モデルを用いた運動療法の効果に関する基礎的研究はACL損傷などの外科的モデルやヨード酢酸ナトリウムの関節注射による薬物モデルなど広く用いられている。しかし、加齢によるOAは外傷など二次性OAより多く、加齢によるOA進行を運動介入によって緩和できるか調べた報告は少ない。また加齢による膝OAに対するトレッドミル運動の有効性に関して賛否両論ある。近年、老化促進マウス(SAMP8)は早期に膝OA様症状を呈する自然発症モデルであることが報告されている。本研究は、SAMP8マウスを用いて膝OA進行期における低強度のトレッドミル運動がOA病態に及ぼす影響を調べることを目的とした。

【方法】7ヵ月齢の雄性SAMP8マウス(30.0±2.5g)を運動群(10匹)、非運動群(6匹)に分類した。運動群は7ヵ月齢から9ヵ月齢までの間に、小動物用トレッドミル装置を用いて、10m/minで15分/日、5回/週の運動を10週間実施した。関節機能(膝関節可動域、膝関節横径)、歩行(ステップ数、歩行速度)大腿四頭筋の筋線維横断面積、膝関節の組織学的評価として、HE染色、サフラニンO染色を実施し、軟骨変性、骨棘形成、滑膜肥厚を観察した。Modified Mankins score(1-15点)、骨棘スコア(0-3点)、滑膜肥厚スコア(0-3点)を評価した。次にCollagen type II、MMP-13、TNF- $\alpha$ 、MCP-1抗体を用いて膝関節の免疫組織学的観察を行い、陽性細胞の割合を算出した。統計学的検定には対応のない検定あるいはMann-Whitney U検定を用い、有意水準は5%とした。

【結果】9ヵ月齢の非運動群のSAMP8マウスには重度の軟骨変性、骨棘形成、滑膜の肥厚が観察され、同時に膝関節可動域制限、横径増大、ステップ数減少、筋線維横断面積減少を認めた。運動群の膝屈曲可動域、横径、歩数、筋線維横断面積は非運動群と比較して改善を示した。特に運動群の屈曲可動域と歩数は非運動群と比較して有意に改善した(p<0.05)。運動群のModified Mankins scoreや滑膜肥厚スコアは非運動群と比べて有意に改善した(p<0.05)。また、運動群の軟骨細胞におけるMMP-13陽性細胞や滑膜におけるMCP-1、TNF $\alpha$ 陽性細胞は非運動群と比較して有意に減少していた(p<0.05)。

【考察】OAは軟骨に対するメカニカルストレスの増大と加齢、代謝による変化や軟骨基質タンパクの遺伝的脆弱性、滑膜炎に伴う軟骨変化などにより発症する。今回の結果は、たとえ加齢によりOAが進行しても低強度のトレッドミル運動で病態の進行を緩和できることを示唆した。また低強度の運動は、滑膜の炎症を軽減させ、軟骨のMMP-13の発現を減少させることにより軟骨変性を緩和させることが示唆された。

【結語】歩行程度な低強度のトレッドミル運動は加齢によるOA病態の進行緩和に有効であることが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会(承認番号:M20001)の承認を得て実施した。

## O-1-6-3

## 口述6

## メカニカルストレスによる異なる軟骨変性発症プロセス：侵襲モデルと非侵襲モデルを用いた比較検討

○高嶋 啓<sup>1,2,3)</sup>, 荒川 航平<sup>1)</sup>, 高橋 花奈<sup>1)</sup>, 米野 萌恵<sup>1)</sup>, 宇佐美 優奈<sup>1)</sup>, 国分 貴徳<sup>1,4)</sup>

- 1) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科
- 2) 日本学術振興会 特別研究員DC1
- 3) 新越谷駅前えがわ整形外科クリニック リハビリテーション科
- 4) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

## 【目的】

関節軟骨の変性を主病変とする変形性膝関節症(Knee Osteoarthritis; 膝OA)の発症要因にメカニカルストレスが挙げられ、前十字靭帯を切断したAnterior Cruciate Ligament-Transsection(ACL-T)モデルがそのメカニズム解明に広く用いられている。しかし、滑膜侵襲を伴うために、長期的なメカニカルストレスの影響を正確に評価できない(Christiansen et al, 2015)。そこで本研究では、申請者が開発した関節内損傷を伴わない新たなACL-rupture(ACL-R)モデルと従来のACL-Tモデルを比較することで、発症プロセスの違いを明らかにすることとした。

## 【方法】

C57BL/6雄性マウス12週齢(n=24)を対象に、①侵襲的にACLを切断したACL-Tモデル、②非侵襲的にACLを破断したACL-Rモデルを作成し、ACL-Rモデルの対側肢を③Intact群とした。作成から10週後、ACL機能不全による脛骨前方変位量を測定した。組織学的解析として、内側コンパートメントを対象に関節軟骨の変性度を表すOARSIスコアと滑膜炎スコアを実施した。また、生化学的解析として、脛骨関節軟骨、滑膜を対象にqPCR法を用いたMMP-3ならびにIL-6遺伝子発現量の評価を行った。

## 【結果】

ACL-T群およびACL-R群の脛骨前方変位量はIntact群と比べて有意に増加していたが、2群間に差は認められなかった。OARSIスコアはACL-R群、ACL-T群、Intact群の順で高値を示し、Intact群と他2群でのみ有意な差が認められた。一方で、滑膜炎スコアはACL-T群、ACL-R群、Intact群の順で高値を示し、Intact群と他2群でのみ有意な差が認められた。軟骨および滑膜におけるMMP-3遺伝子発現量はACL-T群、ACL-R群、Intact群の順で高値を示し、ACL-T群がIntact群と比較して有意に増加していた。IL-6遺伝子発現量は軟骨ではACL-R群、Intact群、ACL-T群の順で高値を示し、滑膜ではACL-T群、ACL-R群、Intact群で高値を示したが、いずれも有意な差は認められなかった。

## 【考察】

本研究で用いたACL-Rモデルは非侵襲的にACL破断を再現したモデルであり、作成時点における関節軟骨・半月板・軟骨下骨の構造破綻はないことを証明している(Takahata et al, 2022)。そのため、ACL-R群で軟骨変性が進行していたのは、脛骨前方変位量では測れない生体内で実際に起きている不安定性の違い、もしくはモデル作成時における関節面への剪断ストレスがもたらした生物学的応答が要因として考えられる。一方で、滑膜炎スコアや軟骨および滑膜のMMP-3、IL-6発現量はACL-T群で増加傾向を示した。これは滑膜侵襲による影響と、これから軟骨変性が進行していく前段階として遺伝子発現量が増加していることに起因すると考えられる。

## 【結語】

ACL機能不全による膝OA発症過程において、侵襲モデルと非侵襲モデルでは異なる発症プロセスを辿ることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究内容は倫理委員会の承認を受け、動物実験指針を厳守した(2020-6)。

O-1-6-4

口述6

## トレッドミル運動による軟骨保護効果にはマクロファージの応答が関与する

○岡 優一郎<sup>1)</sup>, 小曾根 海知<sup>1)</sup>, 峯岸 雄基<sup>2)</sup>, 加納 拓馬<sup>2)</sup>, 村田 健児<sup>3)</sup>, 金村 尚彦<sup>3)</sup>

- 1) 埼玉県立大学大学院 博士研究員  
2) 埼玉県立大学大学院 博士後期課程  
3) 埼玉県立大学 理学療法学科

### 【目的】

変形性膝関節症(膝OA)に対する運動療法として実験動物を用いた研究ではトレッドミル運動による軟骨保護効果が報告されている。我々はトレッドミル運動を行うと軟骨変性が遅延すると同時に、滑膜における炎症型のM1マクロファージ(M1φ)が減少し、抗炎症型のM2マクロファージ(M2φ)が増加することを確認した。これらからトレッドミル運動の軟骨保護効果にはマクロファージの応答が関与しているのではないかと考え、関節内のマクロファージを枯渇させることで、トレッドミル運動時の膝OAに対するマクロファージの役割を明らかにすることを目的に研究を実施した。

### 【方法】

12週齢ICR系雄性マウス32匹に対し、前十字靭帯を切断し、軽度の膝OAを惹起させる。その後未処置のOA群、トレッドミル運動を行うEx群、滑膜のマクロファージを枯渇させる薬剤を投与するMΦ-de群、運動とマクロファージ枯渇剤を投与するEx+MΦ-de群の4群に振り分けた。膝関節を採取し、脱灰処理後パラフィン切片を作製した。関節軟骨はSafranin-O染色を実施し、OARSIスコアリングシステムによって損傷度を評価した。マクロファージに関してはCD68(全Mφ)、iNOS(M1φ)、CD206(M2φ)に対する免疫組織化学染色を実施し、全Mφに対するM1φ、M2φの割合を算出した。OARSIスコアは一元配置分散分析後Tukey法、Mφの割合はKruskal Wallis検定後Steel Dwass法を用いた。

### 【結果】

関節軟骨のOARSIスコアはEx群、MΦ-de群がOA群と比較して有意に低値を示した([Ex群, MΦ-de群 vs OA];  $p < 0.001$ ,  $p = 0.002$ )。またEx+MΦ-de群は他の3群と比較してOARSIスコアが有意に高値を示した([Ex+MΦ-de vs OA, Ex, MΦ-de];  $p = 0.007$ ,  $p < 0.001$ ,  $p < 0.001$ )。CD68の陽性細胞数は、MΦ-de群、Ex+MΦ-de群はOA群、Ex群と比較して、有意に細胞数が減少していた([MΦ-de, Ex+MΦ-de vs OA, Ex];  $p = 0.006$ ,  $p = 0.006$ ,  $p = 0.003$ ,  $p = 0.002$ )。iNOSの陽性細胞から算出された全MφにおけるM1φの割合はEx群が他の3群と比較して有意に低値を示した([Ex vs OA, MΦ-de, Ex+MΦ-de];  $p = 0.010$ ,  $p = 0.002$ ,  $p = 0.003$ )。CD206の陽性細胞から算出された全MφにおけるM2φの割合はEx群が他の3群と比較して有意に高値を示した([Ex vs OA, MΦ-de, Ex+MΦ-de];  $p = 0.010$ ,  $p = 0.002$ ,  $p = 0.003$ )。

### 【考察】

特筆すべき結果として、クロドロン酸投与、トレッドミル運動それぞれ単独の場合は軟骨変性が遅延したにも関わらず、それらを併用したEx+MΦ-de群では軟骨変性が進行していた。これらの結果から、トレッドミル運動によって軟骨を保護するためにはマクロファージを介した炎症状態の調節機構の働きが重要であり、マクロファージによる反応を阻害させるとトレッドミル運動による軟骨に対する直接的効果は負に転じてしまうことが明らかとなった。

### 【結語】

トレッドミル運動による軟骨保護にはマクロファージの応答が関与している。

### 【倫理的配慮】

埼玉県立大学における研究推進委員会の承認を得て推進した(承認番号2020-3)。

O-1-6-5

口述6

## 慢性腎臓病モデルに対する軽度高圧酸素療法の検証

○白波瀬 未萌<sup>1)</sup>, 嘉摩尻 伸<sup>1)</sup>, 寺山 奨悟<sup>2)</sup>, 今北 英高<sup>3)</sup>

- 1) 岸和田リハビリテーション病院 リハビリテーションセンター  
2) 畿央大学大学院 健康科学研究科  
3) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部

【目的】高圧酸素療法(Hyperbaric Oxygen Therapy; HO)とは、2.0気圧以上の高気圧・高濃度酸素環境下で呼吸させる治療法であるが、気圧外傷や組織での活性酸素種の過剰産生などの副作用が問題視されている。近年、軽度高圧酸素療法(Mild Hyperbaric Oxygen Therapy; MHO)が行われており、II型糖尿病、高血圧、関節炎等に効果的であることが報告されている。慢性腎臓病(Chronic Kidney Disease; CKD)は腎機能低下が3ヶ月以上続く状態と定義されており、CKDに対してMHOが腎機能障害を改善させると仮説を立てた。本研究の目的は、慢性腎臓病モデルに対する軽度高圧酸素療法の影響を検証することとした。

【方法】10週齢のWistar系雄性ラット24匹を、コントロール(CT)群、CT+MHO群、慢性腎臓病(CKD)群、CKD+MHO群に分類した。CT群、CT+MHO群は通常の粉末飼料、CKD群、CKD+MHO群は0.25%のアデニンを含んだ粉末飼料とし、5週間飼育した。MHO介入は、実験3週目から1.30気圧、60分間を週5回の頻度で実施した。各週における体重、摂食量、摂水量を測定した。腎機能の評価として、実験終了時の血清クレアチニン(Scr)、尿素窒素濃度(BUN)を測定した。両側の腎重量を測定し、右腎をヘマトキシリンエオジン(HE)染色、マッソントリクロム(MT)染色し、組織学的分析を行った。統計解析は、一元配置分散分析を用いて各群の比較および、多重比較検定を行った。有意水準は5%とした。

【結果】各週の摂食量、体重はCT群がCKD群、CKD+MHO群に比べて増大し、摂水量はCKD群、CKD+MHO群が増大した。腎重量とScr・BUNは、CKD群、CKD+MHO群が高値であった。糸球体数および糸球体面積はCT群と比較してCKD群とCKD+MHO群が有意な減少を認めた。線維化率は、CKD群がCT群より有意に増大したが、CKD+MHO群はCT群と有意な差を認めなかった。

【考察】アデニンはシグナル伝達分子として尿細管に作用し、CKDを誘発する。線維化率は、CKD群がCT群より有意に増大したが、CKD+MHO群はCT群と有意な差を認めなかった。MHOによって血中の「結合酸素」と「溶存酸素」が増大し、腎組織の低酸素状態を改善したことから、低酸素によって助長される線維化を抑制した可能性が示唆された。

【結語】CKDに対するMHOは、腎臓の低酸素を改善し有意な線維化を抑制する可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会(承認番号: R02-09)の承認を得て実施した。

## O-2-7-1

## 口述7

## 背外側前頭前野への経頭蓋ランダムノイズ刺激が触覚方位弁別能力にもたらす効果

○齊藤 慧<sup>1,2)</sup>, 大鶴 直史<sup>1,2)</sup>, 小池 康太郎<sup>1)</sup>, 竹内 皓太<sup>1)</sup>, 大西 秀明<sup>1,2)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部  
2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

## 【目的】

背外側前頭前野 (DLPFC) は物体の形状などを手指で識別するとき活動している。そのため、左DLPFCの活動を増大させることで手指の識別能力は向上すると考えられるが、十分に検証されていない。大脳皮質の活動を高める方法に経頭蓋ランダムノイズ刺激 (tRNS) があり、非侵襲的に皮質領域の神経活動を増大させることができる。そのため、左DLPFCに対してtRNSを与えることで手指の空間識別能力が変調できる可能性がある。さらに、経頭蓋電気刺激が感覚機能にもたらす効果は刺激前の感覚機能に依存しており、刺激前の感覚機能が低いほうが刺激効果は高くなることがわかっている。そのため、左DLPFCに対するtRNSが触覚機能にもたらす効果も刺激前の触覚機能が低いほうが高くなると考える。本研究では、tRNSを左DLPFCに与えたときの触覚方位弁別能力の変化を検証した。

## 【方法】

対象は右利き健常成人男性20名とし、刺激前の触覚機能によって低成績群 (10名) と高成績群 (10名) の2群に分けた。tRNSの刺激電極 (5cm×5cm) は国際10-20法におけるF3と左肩に貼付した。刺激周波数は0.1-640 Hz、刺激強度は0.7 mA、刺激時間は10分とし、刺激条件は①tRNSと②sham刺激の2条件とした。触覚機能の評価として、触覚方位弁別課題 (GOT) を刺激前後、刺激後30分実施した。GOTでは8種類の異なる幅が刻まれたドーム状の機器を対象者の右示指に押し当て、その縞の方位を回答させた。それらの正答率から75%の確率で正答できる刺激幅 (弁別閾値) を算出した。統計解析として、各群における刺激前後の弁別閾値を比較するために一元配置分散分析を実施し、事後検定としてBonferroni法を用いた。有意水準はいずれも5%とした。

## 【結果】

tRNSでは低成績群において、刺激前の弁別閾値が $1.53 \pm 0.22$  mm、刺激直後が $1.26 \pm 0.20$  mm、刺激後30分が $1.23 \pm 0.22$  mmであり、刺激直後および刺激後30分に弁別閾値が有意に低下した。一方、高成績群では刺激前の弁別閾値が $0.94 \pm 0.17$  mm、刺激直後が $0.97 \pm 0.17$  mm、刺激後30分が $1.08 \pm 0.40$  mmであり、有意な変化を認めなかった。また、sham刺激では低成績群において、刺激前の弁別閾値が $1.58 \pm 0.26$  mm、刺激直後が $1.55 \pm 0.26$  mm、刺激後30分が $1.32 \pm 0.23$  mm、高成績群では刺激前の弁別閾値が $0.91 \pm 0.16$  mm、刺激直後が $1.06 \pm 0.35$  mm、刺激後30分が $1.10 \pm 0.24$  mmであり、有意な変化を認めなかった。

## 【考察】

左DLPFCに対してtRNSを与えることで低成績群の右手指の触覚方位弁別能力が向上した。tRNSには皮質領域の神経活動を増大する効果があることから、左DLPFCの神経活動が手指の空間識別能力に関与していると考えられる。

## 【結語】

触覚方位弁別能力が低い対象者の左DLPFCに対してtRNSを与えることで右手指の触覚方位弁別能力が向上する。

## 【倫理的配慮】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会 (承認番号: 18782-211208) の承認を得て実施した。

## O-2-7-2

## 口述7

## 背外側前頭前野に対する経頭蓋交流電流刺激による鎮痛効果—電界シミュレーションによる検討—

○五十嵐 眸実<sup>1,2)</sup>, 大鶴 直史<sup>2)</sup>, 長坂 和明<sup>2)</sup>, 宮口 翔太<sup>2)</sup>, Jose Gomez Tames<sup>3)</sup>, 平田 晃正<sup>3)</sup>, 大西 秀明<sup>2)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学専攻  
2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所  
3) 名古屋工業大学大学院 工学研究科 電気・機械工学専攻

## 【目的】

先行研究では、背外側前頭前野 (DLPFC) で生じるtheta及びbeta帯域活動が慢性疼痛患者で増大していることが示されている。しかしながら、thetaおよびbeta帯域活動の痛みにおける機能的意義は不明な点が多い。そこで本研究では、脳内の特定の周波数帯域活動を人為的に変調させることが可能な経頭蓋交流電流刺激 (tACS) を用い、thetaおよびbeta帯域でDLPFCを刺激することにより、痛み知覚を変調できるかを検証した。さらに、脳内電界シミュレーション技術を用い、脳内に生じた電界と痛み知覚の変調の間にある関連を検証した。

## 【方法】

対象は健常成人60名とした (年齢 $21.18 \pm 0.99$ )。tACS刺激条件は、theta, beta, 疑似刺激条件とした。電極配置は国際10-20法に基づきF3とFpzとし、3cm×3cmの電極を使用し、刺激強度は1mAとした。脳内で生じる電界と鎮痛効果の関係を調べるため、各被験者のMRI構造画像から容積伝導モデルを作製し、tACS時に左DLPFCで生じる電界をシミュレーションした。痛みの評価は、熱刺激装置を用い、右手首において35°Cから毎秒0.7°Cで温度を上昇させ、痛みを知覚した温度を熱痛閾値とした。熱痛閾値の測定は、各条件のtACS刺激前、中、後に実施した。各条件において、tACSによる熱痛閾値の変化 (鎮痛効果) を検討するため、混合計画二元配置分散分析を用いた。その後、各条件間の刺激中および刺激後の鎮痛効果をBonferroni補正による対応のないt検定で検討した。さらに鎮痛効果とシミュレーションによって得られた電界の関連について、線形および二次回帰分析を用いた。有意水準は5%とした。

## 【結果】

各条件における熱痛閾値変化に有意な交互作用を認め ( $p = 0.006$ )、疑似刺激条件と比較し、theta刺激条件においてはtACS刺激中および刺激後に、beta刺激条件においては刺激後に熱痛閾値が有意に上昇していた (それぞれ $p = 0.006$ ,  $p = 0.027$ ,  $p = 0.003$ )。さらに、回帰分析の結果、theta帯域刺激における刺激中および刺激後の鎮痛効果はシミュレーションで得られた電界強度と有意な逆U字の相関を認めた ( $p < 0.05$ )。

## 【考察】

DLPFCに対するtheta, beta帯域のtACSは鎮痛効果を有することが示された。さらに、theta帯域のtACSによって得られる鎮痛効果と電界強度には逆U字の相関関係があることが示された。このことは、theta帯域tACSによって鎮痛効果を得るための至適な電界、刺激部位がある可能性を示唆するものである。

## 【結語】

左DLPFCに対するthetaおよびbeta帯域のtACSは鎮痛効果をもたらす。特にtheta帯域tACS時の鎮痛効果と電界の関連は、非線形であることが示された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言の趣旨に則り、所属機関の倫理委員会の承認 (18661-210625) を得て行った。また、対象者には、書面および口頭にて実験内容に関する説明を十分に実施し行った。

## O-2-7-3

## 口述7

## 脳卒中および脊髄損傷患者の下肢機能に対するロボット歩行トレーニングと非侵襲的脳刺激の併用効果—システムティックレビューとメタアナリシスによる検討—

○桑原 涉<sup>1,2)</sup>, 佐々木 駿<sup>1,3)</sup>, 山本 理恵子<sup>1,4)</sup>, 岡和田 愛実<sup>1,2,5)</sup>, 棚町 兼也<sup>1,2)</sup>, 川上 途行<sup>1)</sup>, 金子 文成<sup>1,2)</sup>

- 1) 慶應義塾大学 医学部リハビリテーション医学教室
- 2) 東京都立大学 人間健康科学研究科理学療法科学域
- 3) 株式会社ARCE 健康予防事業部UP Life
- 4) 横浜国立大学 環境情報学府人工環境専攻
- 5) 神奈川県立保健福祉大学大学院 保健福祉学研究所

## 【目的】

過去のシステムティックレビューにおいて、脳卒中および脊髄損傷のような中枢神経疾患患者に対して、ロボット歩行トレーニング (RAGT) または非侵襲的脳刺激 (NIBS) を実施することにより、下肢運動機能が改善することが報告されている。中枢神経疾患患者の下肢運動機能の改善に対して、RAGTとNIBSの併用はRAGTと偽刺激の併用よりも有効であるかどうかを明らかにすることを目的として、メタアナリシスによるシステムティックレビューを実施した。

## 【方法】

PubMed, Cochrane Central Register of Controlled Trials, Ovid MEDLINE, Web of Scienceを用いて、無作為化比較試験 (RCT) を検索した。2名のレビューアーが独立して論文のスクリーニング、データ抽出を実施した。中枢神経疾患患者の下肢身体機能 (脳卒中患者に対するFugl-Meyer Assessmentなど) および活動 (歩行速度) に対して、RAGTと経頭蓋直流電気刺激 (tDCS) や反復経頭蓋磁気刺激 (rTMS) などのNIBSの併用と、RAGTと偽刺激の併用の効果の差を評価した。RevMan 5.4 (The Nordic Cochrane Centre, Copenhagen, Denmark) を用いてメタアナリシスを実施した。疾患 (脳卒中 vs. 脊髄損傷) およびNIBSの種類 (tDCS vs. rTMS) による差を検証するために、サブグループ解析を行った。

## 【結果】

5つの研究 (104名) がメタアナリシスに取り込まれた。RAGTとNIBSの併用は、RAGTと偽刺激の併用と比較し、中枢神経疾患患者の下肢身体機能に対する効果は有意に高かったが (標準化平均差 (SMD)= 0.52; 95%信頼区間 (CI)= 0.06-0.99), 歩行速度に対する効果については有意な差はなかった (SMD = -0.13; 95%CI = -0.63-0.38)。サブグループ解析の結果、RAGTとtDCSの併用については、RAGTと偽刺激の併用と比較し、下肢身体機能および歩行速度両方の効果に対して有意な差がなかった。また、疾患やNIBSの種類による有意差は認められなかった。

## 【考察】

運動療法とNIBSの併用は、皮質脊髄路病変を有する患者において、神経機能の促進効果をもたらすことが報告されており、本研究の下肢身体機能に対する有意な効果は同様の改善機序を示唆している。一方で、RAGTとtDCSの併用については効果が限定的であることが明らかとなり、RAGTとrTMSおよび、経頭蓋交流電気刺激や経頭蓋ランダムノイズ刺激などの新たなNIBSアルゴリズムとの併用についてのさらなる研究が望まれる。

## 【結語】

RAGTとNIBSの併用が中枢神経疾患患者に対して有効であることが示されたが、この結果はNIBSの中にrTMSも含まれた結果である。RAGTとtDCSのみに着目すると、RAGTと偽刺激の併用と比較し、下肢の身体機能および活動の改善に対して有効性は示されなかった。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究のレビュープロトコルは、Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analysesの記述に従って作成された。

## O-2-7-4

## 口述7

## 小脳への経頭蓋ランダムノイズ刺激が運動学習および脳活動に及ぼす影響

○川上 紗輝<sup>1,2,3)</sup>, 犬飼 康人<sup>2,4)</sup>, 五十嵐 眸実<sup>1,2)</sup>, 神居 寧<sup>2,5)</sup>, 宮口 翔太<sup>2,4)</sup>, 大鶴 直史<sup>2,4)</sup>, 大西 秀明<sup>2,4)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学専攻
- 2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所
- 3) 新潟リハビリテーション病院 リハビリテーション科
- 4) 新潟医療福祉大学 ハビリテーション学部 理学療法学科
- 5) 新潟医療福祉大学大学院 保健学専攻 理学療法学分野

## 【目的】

経頭蓋ランダムノイズ刺激 (tRNS) は、皮質の興奮性を変調させることが可能な非侵襲的脳刺激法である。これまで我々は、小脳へのtRNSが運動学習に関与する小脳抑制 (CBI) および一次運動野 (M1) の興奮性に及ぼす影響について検討し、CBIが減弱した被験者ほど対側M1興奮性が増大する関係性を認めた (Kawakami et al., 2022)。しかしながら、小脳へのtRNSにより誘導される脳活動の変化と運動学習の関連性は不明である。本研究の目的は、小脳へのtRNS後のCBIやM1興奮性変化が運動学習に及ぼす影響と関連性を検討することとした。

## 【方法】

対象は健常成人34名 (21.7±1.0歳) とし、tRNS群と偽刺激群に振り分けた。tRNSの電極貼付位置は右小脳と右頬筋とし、強度は1 mA、周波数は0.1-640 Hzとした。課題には右示指の外転張力による視覚追従課題を用い、課題中のターゲットとのずれ量を算出した。課題前評価を1回実施した後に、tRNSまたは偽刺激介入下で課題を計20回 (前半: 10回, 後半: 10回) 実施した。M1興奮性およびCBIは、課題前、課題前半終了時、課題後半終了時に経頭蓋磁気刺激を用いて評価した。M1興奮性は、左M1を刺激した際に右第一背側骨間筋より得られる運動誘発電位 (MEP) を用いて評価した。CBIは、左M1への試験刺激に先行して右小脳に条件刺激を与える条件-試験刺激法を用い、試験刺激単独のMEPに対する、条件-試験刺激で得られたMEPの割合として算出した。統計解析として、課題前半・課題後半・課題全体におけるずれ量の変化を学習量とし、群間差について対応のないt検定を行った。また、MEPおよびCBIの変化量と学習量の関連性についてPearsonの積率相関係数を用いて検討した。有意水準は5%とした。

## 【結果】

tRNS群と偽刺激群の学習量は、有意差を認めなかった ( $p>0.05$ )。脳活動の変化と学習量の関係について、tRNS群ではMEPの変化と課題全体の学習量の間に関係を認めた ( $r=-0.504, p=0.039$ )。一方で、偽刺激群では有意な相関を認めなかった ( $p>0.05$ )。CBIの変化と学習量の関係については、いずれの群においても有意な相関は認めなかった。

## 【考察】

本研究では、小脳へのtRNSは運動学習量に影響を及ぼさなかった。しかしながら、tRNS群では、M1興奮性が減少した被験者ほど課題全体の学習量が増大したことから、tRNSによるM1興奮性の変化は、運動学習の程度と関連する可能性が考えられる。一方で、CBIの変化は学習量に影響を与えない可能性が示唆された。

## 【結語】

小脳へのtRNSは運動学習に影響を及ぼさないことが明らかとなった。また、tRNSに誘導されるM1興奮性の変化と学習量は関連するが、CBIの変化と学習量は関連しないことが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言の趣旨に則り、所属大学の倫理委員会で承認 (18509-201006) を得た。また、対象者には実験に関する説明を書面および口頭にて十分に行い、同意を得た。

## O-2-7-5

## 口述7

## 経皮的迷走神経刺激 (tVNS) が月経周期における自律神経活動変化に及ぼす影響

○杉本 柚華<sup>1)</sup>, 横田 裕丈<sup>1,2)</sup>, 高杉 梨紗<sup>1)</sup>, 殿広 亜未<sup>1)</sup>, 山内 勇平<sup>1)</sup>, 平林 怜<sup>1,2)</sup>, 関根 千恵<sup>1,2)</sup>, 江玉 睦明<sup>1,2)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部
- 2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

## 【目的】

女性の月経周期において、異なる女性ホルモンの働きによって自律神経活動が変動することが知られており、月経随伴症状における不安や抑うつといった精神症状、および腹痛や頭痛などの身体症状との関連が指摘されている。この自律神経活動を外的に変調させる手法として、経皮的迷走神経刺激 (tVNS)が近年注目されており、うつ症状や片頭痛の改善が得られることが報告されている。しかし、その効果が月経周期により異なるかは不明である。そこで本研究では、左迷走神経耳枝に対するtVNSがもたらす自律神経活動の変調が月経周期により異なるかを明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

本周期が25-38日である正常月経周期女性14名(平均年齢: 20.6±0.5)を対象に、月経期(卵胞前期)と黄体期の2期において、tVNSによる心拍数(HR)および心拍変動(HRV)の変化を計測した。被験者は安静イス座位にてtVNS刺激装置(NEMOS, Cerbmed, Germany)の刺激電極を左耳甲介に装着し、tVNS刺激中の心電図波形を記録した。はじめにtVNSの感覚閾値を測定した後、刺激周波数100 Hz、および3.0mAの刺激強度で60秒間刺激をするActive条件と、感覚閾値の1.5倍強度で始めの5秒間のみ刺激するSham条件に分けて実験を行った。各条件において、刺激前1分間のBaseline、刺激中、Post 1(終了直後から1分間)、Post 2(終了1分後から2分後までの1分間)の区間ごとにHR、およびHRVにおけるR-R間隔の差の2乗の平均値の平方根(RMSSD)を算出した。統計解析は、各期の安静時の比較に対応のあるt検定を行い、周期、刺激条件、および時間要因に対して反復測定三元配置分散分析を行い、事後検定にBonferroni法による多重比較検定を用いた。有意水準は5%とした。

## 【結果】

安静時のHRは、黄体期で有意に高い傾向を示したが、有意差は認められなかった(p=0.063)。tVNSの効果に周期による差は認められず、sham条件を含む全ての条件で刺激中にHRの低下が認められた(p<0.001)。一方、RMSSDでは黄体期のActive条件のみ、Post 1でBaselineの値に比べて有意に高い値を示した(p=0.047)。

## 【考察】

tVNSは月経周期に関わらず刺激中に心拍数を低下させることが明らかとなった。また、黄体期のActive刺激においてのみ、刺激後に有意な副交感神経活動の増大を認めた。黄体期における交感神経活動の過剰な増大が月経随伴症状に関連していることが指摘されており、tVNSは黄体期に副交感神経活動を増大させることで有用な治療法になり得る可能性が示唆された。

## 【結語】

tVNSは月経周期の影響を受けずに刺激中に心拍数を低下させ、黄体期においては刺激後の副交感神経活動を増大させることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は所属機関の倫理委員会の承認(18429-200610)を得て行った。また、対象者には、書面および口頭にて実験内容に関する説明を十分に実施し、実験参加の同意を得た上で実施した。

## O-2-8-1

## 口述8

## Phase angleの年齢差における比較と高齢者の運動機能との関係

○今田 州<sup>1)</sup>, 高野 吉朗<sup>2)</sup>, 松田 憲亮<sup>2)</sup>, 濱地 望<sup>2)</sup>

- 1) 高木病院 リハビリテーション部
- 2) 国際医療福祉大学 福岡保健医療学部

【目的】Phase angle(以下,PhA)は、細胞膜の抵抗角度を算出することで、細胞の生理的機能レベルを反映し、細胞や細胞膜の栄養状態や老化を表す指標として用いられている。PhAは、疾患を対象として生命予後や栄養指標とした研究が報告されているが、高齢者の標準値や運動機能の関係についての報告は少ない。本研究の目的は、実験1)若年者と高齢者のPhAの比較、実験2)高齢者のPhAと運動機能との関連を明らかにし、効果指標の可能性を検討することとした。

【方法】実験1)では、健康若年女性(以下、若年者)20.1±0.4歳26名、地域在住高齢女性(以下、高齢者)77.5±3.4歳30名を対象とした。評価項目は、身長、体重及びInBodyS10(InBody社)を用いてPhA、筋肉量、SMI、体脂肪量、体脂肪率を測定した。実験2)では、高齢者30名を対象とした。評価項目は、ロコモ25、短縮版Falls Efficacy Scale、10m歩行時間、等尺性膝関節伸筋力、TUG-t、SPPB、5回椅子立ち上がり試験、片脚立位時間、重心動揺検査の総軌跡長を測定した。統計解析は、実験1)は若年者と高齢者の体格および体組成の2群間比較は、Mann-Whitney U 検定を用いた。実験2)は高齢者のPhA値と体格および体組成、運動機能の関係はSpearmanの順位相関係数を用いた。検定には、SPSS statistics 22.0(IBM社)を使用し、有意水準は5%とした。

【結果】実験1)では、高齢者のPhAは4.6±0.4°、若年者のPhAは5.3±0.5°で有意差が認められた。また、高齢者は若年者と比較し、BMI、SMI、下肢筋肉量が有意に高く、身長、体幹筋肉量が有意に低かった。実験2)では、等尺性膝関節伸筋力(r=0.42)、5回椅子立ち上がり試験(r=-0.50)、開眼総軌跡長(r=-0.37)と有意な相関が認められた。

【考察】実験1)では、加齢によりPhAの低下が認められ、加齢による細胞の老化を示す効果指標になりえることが明らかになった。筋肉量の比較では同じ傾向を示さなかったが、被験者の脂肪量等の個人差のサンプリング誤差が影響したと考える。実験2)では、高齢者のPhAは、下肢筋力、姿勢制御との間に有意な関係が明らかになったことで、PhAは運動機能評価の指標の一つになりえる可能性が考えられる。PhAに関するシステムティックレビューによると(Eduardo,2019)、PhAが低い高齢者は転倒の可能性が高いと報告している。これらから、PhAと運動機能には関係があると推察されるため、さらなる基礎データの蓄積が必要であると考えられる。

【結語】高齢者のPhAは、若年者と比較して有意に低下していた。加えて、高齢者のPhAは、筋機能と姿勢制御に有意に関連していた。これらから、高齢者のPhAは運動機能の効果指標の一つとして利用できる可能性があることが分かった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、国際医療福祉大学学内倫理審査委員会の承認(承認番号:20-1fh-047)、対象者には研究説明書を用いて研究の目的、内容、参加することによる利益、不利、同意を撤回した場合の不利益がない事などを十分に説明し、書面で同意を得てから実施した。

## O-2-8-2

## 口述8

## 歩行中の足関節パワー推定値と下腿jerkに基づいた高齢者の歩行の特徴

○宮下 敏紀<sup>1)</sup>, 林 竜士<sup>2)</sup>, 工藤 慎太郎<sup>1,2,3,4)</sup>

- 1) 森ノ宮医療大学 インクルーシブ医科学研究所
- 2) 森ノ宮医療大学 理学療法学科
- 3) 森ノ宮医療大学大学院 保健医療学研究科
- 4) アレックスメテ<sup>ィ</sup>カルリサーチセンター

## 【目的】

高齢に伴い歩行速度は低下し、高齢者の足関節パワーは若年成人と比べて減少する(Judge JO, et al.1996)。先行研究では、健常中高齢者の足関節パワー推定値(足関節パワー)は80歳代より減少することが明らかとなったが、50歳代から70歳代の間で足関節パワーの減少を認めなかった(Miyashita T, et al.2021)。そこで我々は力の変化を定量化するjerkに注目した。本研究は、歩行中の足関節パワーと下腿jerkにより、健常中高齢者の歩行の特徴を分析することを目的とする。

## 【方法】

対象は健常女性中高齢者114名(68.7±9.6歳,154.5±5.5cm,51.3±6.0kg)。慣性センサー(MicroStone, MVP-RF8-HC, 100Hz)を用い、下腿腓骨頭に貼付した。運動課題は快適歩行とした。jerkは先行研究に従い、3軸加速度(前後Ax,垂直Ay,側方Az)に対して時間微分と2Hzのローパスフィルターを実施、jerk合成ベクトル(jerkM)の計算式より、5歩行周期の前遊脚期(51-62%Gait cycle)のjerkM最大値を抽出した。足関節パワーと前遊脚期のjerkMを用いて階層的クラスター分析にて4分類した。クラスター間の調査項目は快適歩行速度、握力、2ステップ値、足関節パワーを計測した。多重比較検定を行い、有意水準は5%未満とした。

## 【結果】

足関節パワーが最も高く、jerkMが最も低いクラスター1(n=17)、足関節パワーが低く、jerkMが平均的なクラスター2(n=48)、足関節パワーは平均、jerkMが高いクラスター3(n=15)、足関節パワーは高く、jerkMは平均的なクラスター4(n=34)に分類された。クラスター間の比較では、歩行速度においてクラスター2(1.28±0.21m/s)とクラスター1(1.51±0.20m/s)の間で有意差を認め(p<0.05)、クラスター3と4は1.37±0.20m/sであった。その他のパラメーターは有意差を認めなかった。

## 【考察】

結果より、足関節パワーが最も高く、jerkMが最も低いクラスター1の歩行速度が最も速かった。クラスター1のjerkは最も低い、つまり小さい力の変化で高い足関節パワーを生み出すことが出来ており、効率良く力を伝達し発揮していると言える。一方、歩行速度が最も遅いクラスター2においては、jerkMが平均的であるにも関わらず、足関節パワーは低下しており、下腿へ力が伝達されていないことが考えられた。

## 【結語】

jerkを用いた歩行分析は健常中高齢者の歩行の特徴を捉え、歩行の介入を検討する上で、有用な指標になり得ることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:2020-006)の承認を得て実施した。

## O-2-8-3

## 口述8

## 高齢者を対象とした移動物体との衝突予測評価：インターセプト課題の有用性

○佐藤 和之, 福原 和伸, 樋口 貴広

東京都立大学 人間健康科学研究科ヘルスプロモーションサイエンス学域

## 【目的】

歩行など移動行動中の衝突予測は、転倒事故を予防し、安全を確保するうえで不可欠な状況判断能力である。特に、歩行者との衝突を避ける場合のように、移動する対象との衝突を予測する場合は、自己と対象物との時空間関係がダイナミックに変化するため、状況判断の難易度が高い。本研究では、先行知見で開発された、ヴァーチャルリアリティ(VR)環境下で移動物体の捕捉可能性を判断させる課題(インターセプト課題；

Steinmetz ST, et al.2020)が、移動物体との衝突予測評価課題として有用であるかを検討した。この課題では、移動物体と観察者間になす3つの角度情報( $\alpha$ 角:互いの水平面上の位置関係/ $\gamma \cdot \phi$ 角:移動物体の拡大情報)を正確に利用できるかを評価できる。本研究では高齢者と若齢者の予測評価の正確性を比較検討した。

## 【方法】

高齢者18名(73±5.4歳)、若年者12名(23.8±4.1歳)が参加し、インターセプトタスク(動的ターゲットの捕捉可否判断+追従課題)を行った。Control条件、 $\gamma \cdot \phi \cdot \alpha$ 外乱の4条件とし、1ブロック30試行を3ブロック実施した。 $\gamma \cdot \phi$ 外乱条件と $\alpha$ 外乱条件は2日に分けて実施した。アウトカムに衝突予測の正確性を反映したスコア、参加者の追従時の移動軌跡を求めた。認知・注意機能等の低下がインターセプトタスクの困難さを説明できるか検証するため、高齢者のMMSE、TMT、単純反応時間を評価した。高齢者はもともと $\alpha \cdot \gamma \cdot \phi$ 角の情報を利用していないため、若齢者のみが外乱による負の影響を受けると仮定した。統計解析は年齢・外乱条件・ブロックを要因とする3要因分散分析、認知・注意機能と移動軌跡の関係を相関分析で実施した。

## 【結果】

$\gamma \cdot \phi$ 外乱条件にスコアにおいて、年齢と外乱種類に1次交互作用(F(2,30)=3.83, p=0.02)を認め、若齢者における $\gamma$ 外乱条件がControl条件よりも低値であった。 $\alpha$ 外乱条件のスコアにはいずれの交互作用も認めなかったが、年齢F(1,30)=45.59, p=0.00)と外乱種類F(1,30)=4.32, p=0.04)に主効果を認め、若齢者よりも高齢者、Control条件よりも $\alpha$ 外乱条件で有意に低値を示した。参加者の移動軌跡が非予測的である高齢者ほどスコア(r=-0.43)・TMTが低かった(r=0.63)が、MMSEと単純反応時間に有意な相関は認めなかった。

## 【考察】

高齢者は拡大情報( $\gamma \cdot \phi$ )に対する外乱の影響を受けず、状況判断時における物体の拡大情報の貢献度が低い可能性が示唆された。一方、ターゲットとの空間的位置関係( $\alpha$ )に対する外乱では年齢を問わずパフォーマンスが低下し、 $\alpha$ 角情報は普段より状況判断に利用される情報であることが示唆された。予測的移動能力と注意機能の関係より、インターセプトタスクが高齢者の注意機能を顕在化できる可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、東京都立大学研究安全倫理委員会の承認を受け実施した(承認番号 H3-63)。

## O-2-8-4

## 口述8

## 地域在住高齢者の生活空間の移動範囲の広さに関連する心身機能 ~一般化線形モデルを用いた検証~

○篠原 智行<sup>1)</sup>, 齊田 高介<sup>1)</sup>, 宮田 一弘<sup>2)</sup>, 白田 滋<sup>3)</sup>

- 1) 高崎健康福祉大学 保健医療学部理学療法学科
- 2) 茨城県立医療大学 保健医療学部理学療法学科
- 3) 群馬大学大学院 保健学研究科

## 【目的】

生活空間の移動範囲は、疾患の発症や入院、死亡の予測因子であり、高齢者や患者介入のアウトカムの一つとなる。今回、Life Space Assessment (LSA)による地域在住高齢者の生活空間の移動範囲の広さと種々の心身機能との関連の強さを評価することを目的とした。

## 【方法】

対象は65歳以上の地域在住高齢者103名(平均年齢78.0歳、女性84名、男性19名)とした。LSAの他、過去一年間の転倒有無、Visual Analog Scaleによる疼痛(VAS)、四肢骨格筋量、握力、大腿四頭筋筋力、快適歩行速度、the Brief-Balance Evaluation Systems Test (BESTest)、the Rapid Dementia Screening Test (RDST)を聴取、測定した。

LSAとの関連の強さを、ステップワイズ法を用いた一般化線形モデルにて評価した。一般化線形モデルはガンマ分布およびログリンク関数を用いた。LSAを従属変数、年齢と性別、転倒有無、VAS、四肢骨格筋量、握力、大腿四頭筋筋力、快適歩行速度、Brief-BESTest、RDSTを独立変数とした。四肢骨格筋量は身長<sup>2</sup>の二乗、大腿四頭筋筋力は体重で除した。項目の一部に欠損値があったため、missing completely at randomであることを確認した後に多重代入法での補完を行った。疑似データセット数は欠損値の割合に応じて設定した。また、感度分析として欠損値がない完全データを用いて同様の解析を行った。統計処理にはR (version4.1.2)を用い、有意水準は5%とした。

## 【結果】

各平均値はLSA95.3、VAS22.0、四肢骨格筋量13.4kg/m<sup>2</sup>、握力22.7kg、大腿四頭筋筋力0.38kgf/kg、快適歩行速度1.2m/秒、Brief-BESTest17.2、RDST9.2であった。転倒歴は22名(21.4%)で認めた。欠損値を19名(18.4%)で認めたため、多重代入法での疑似データセット数は19個とした。一般化線形モデルにて有意であった独立変数はVAS ( $\beta = -0.26$ , 95% Confidence Interval[CI] = -0.43 - -0.09)、快適歩行速度 ( $\beta = 0.29$ , 95% CI = 0.09 - 0.49)、RDST ( $\beta = 0.23$ , 95% CI = 0.00 - 0.47)であった。感度分析として欠損値のない84名のデータに基づいて解析した結果、VAS ( $\beta = -0.06$ , 95% CI = -0.11 - -0.02)、快適歩行速度 ( $\beta = 0.07$ , 95% CI = 0.01 - 0.13)、RDST ( $\beta = 0.07$ , 95% CI = 0.01 - 0.12)が有意であった。

## 【考察】

感度分析において同一の独立変数が有意に採択されたことから、モデルの妥当性が確認できた。一般化線形モデルの評価では疼痛、歩行速度、認知機能が有意な関連を認めたが、 $\beta$ はほぼ同様であり、関連の強さを区別することはできなかった。

## 【結語】

地域在住高齢者の生活空間の移動範囲の広さには、疼痛、歩行速度、認知機能が同程度に関与していることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言を順守した。また、発表者の所属施設の研究倫理審査の承認(第2941号)を得て実施した。対象者には事前に研究の趣旨を説明し、書面にて同意を得た。

## O-2-8-5

## 口述8

## 健常女性における全身の体形指標と静的・動的バランス機能との関連

○佐々木 彩乃<sup>1)</sup>, 建内 宏重<sup>1)</sup>, 太田 恵<sup>1)</sup>, 加藤 丈博<sup>1)</sup>, 八木 優英<sup>1)</sup>, 丹松 由美子<sup>2)</sup>, 上家 倫子<sup>2)</sup>, 坂本 晶子<sup>2)</sup>, 池添 冬芽<sup>1,3)</sup>, 市橋 則明<sup>1)</sup>

- 1) 京都大学大学院 医学研究科人間健康科学系専攻
- 2) 株式会社ワコール 人間科学研究開発センター
- 3) 関西医科大学 リハビリテーション学部

## 【目的】

一般に、バランス機能には体幹や下肢の筋力や体性感覚などが関連することが知られている。近年では、脂肪の付きやすい部位とバランス機能の関連が検討されているが、用いられた指標はウエストやヒップの周径に限定されている。本研究の目的は、全身の体形指標とバランス機能の関連を明らかにすることである。

## 【方法】

対象は健常女性245名(年齢42.4±13.9歳[18-69歳]、BMI 21.0±2.6)とした。Win-Pod(Medicapteurs社製)を使用し、静的バランスの指標として30秒間の開眼閉脚静止立位の重心動揺矩形面積を、動的バランスの指標として左右の踵部中央の距離15cm、足角10°の立位姿勢から、前方・後方にそれぞれ身体を最大傾斜させた際の重心移動距離(前後合計距離を足長で正規化)を計測した。局所的な体形指標として、メジャーでバスト(B)周径、アンダーバスト(UB)周径、ウエスト(W)周径、下腿最大(LL)周径を、キャリパーでヒップ(H)横径を、3Dボディスキャナ(SIZE STREAM社製)でヒップトップと大転子の矢状面上の距離(H厚)、大腿最大(T)周径を計測した。さらに、それらの指標から、B周径/W周径、UB周径/W周径、H横径/H厚、W周径/H厚、W周径/H横径、T周径/LL周径を算出した。全身の体形指標として、3Dボディスキャナで体積を計測し、胸腹部体積/下半身体積、全身の体積中心の高さを身長で正規化したもの(体積中心高)を算出した。静的・動的バランス指標と体重、BMI、体脂肪率、体形指標との関連について単回帰分析を実施後、有意であった変数について重回帰分析(ステップワイズ、年齢は強制投入)を行った。

## 【結果】

単回帰分析の結果、静的バランスに、H横径/H厚、W周径/H厚、胸腹部体積/下半身体積、体積中心高が正の関連、H厚が負の関連を示し、動的バランスに、B周径/W周径が正の関連、B周径、UB周径、W周径、H横径、W周径/H横径、T周径、LL周径、胸腹部体積/下半身体積、体積中心高、体重、BMI、体脂肪率が負の関連を示した。重回帰分析の結果、静的バランスにW周径/H厚( $\beta = 0.192$ )が、動的バランスにW周径( $\beta = -0.210$ )、体積中心高( $\beta = -0.086$ )が関連し、それぞれの値が大きいほどバランス能力は低かった。

## 【考察】

静的バランスには、臀部の厚みに対してウエスト周径が大きいことが関連しており、身体の上方の組織が大きいと体重中心が高くなるため、バランス機能が低下すると考えられる。動的バランスには、重心の高さに加え、ウエスト周径自体が関連し、腹部が大きいことが随意的な身体の傾斜を妨げる原因になっている可能性がある。

## 【結語】

静的バランスにW周径/H厚、動的バランスにW周径と体積中心高が関連することが明らかとなった。バランス機能に対しては、従来から報告されている筋力や体性感覚に加え、体形指標にも着目する必要がある。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: R1674-6)の承認を得て、実施した。

## O-2-9-1

## 口述9

## すくみ足の客観的評価 Freeze Index算出に関する検討

○武田 超<sup>1,2)</sup>, 今野 洋平<sup>1)</sup>, 加藤 理久<sup>1)</sup>,  
荒巻 晋治<sup>3)</sup>

- 1) 秋田県立リハビリテーション・精神医療センター 機能訓練部
- 2) 秋田大学 大学院医学系研究科
- 3) 秋田県立リハビリテーション・精神医療センター リハビリテーション科

## 【目的】

すくみ足は出現様式の多様さから、現在も客観的な評価方法が確立されていない。近年では加速度計を用いた評価として Freeze Index (以下FI)が報告され、すくみ足の客観的評価が進んできている。しかし、FIは加速度計の装着箇所やFI算出の際のウィンドウサイズで値が変動しやすい。各測定値が異常検出をどれほど反映しているかを確認する方法として特徴量選択という手法がある。今回は、有効な測定方法を探索するために加速度計装着箇所とFIのウィンドウサイズに関して特徴量選択の観点から検討を行った。

## 【方法】

対象は当センターに入院した患者のうち、すくみ足を認めたパーキンソン病患者7名とした。すくみ足の計測はTimed Up and Go test中に行い、加速度計は第3腰椎棘突起と両側下腿遠位部(外果上方)に装着した。FIは、加速度の鉛直成分からフーリエ変換によりパワースペクトルを求め、運動帯域(3~8Hz)の面積2乗値をすくみ足帯域(0.5~3Hz)面積2乗値で除して算出した。FIは、単一センサー(腰部:①、右足:②、左足:③)および複数センサー(両足:④、腰部・両足:⑤)の計5つについて、6つのウィンドウサイズ(1秒ごとに1~6秒)で算出した。また、加速度計とビデオカメラを同期させ、記録したビデオ動画から理学療法士3名の合意によりすくみ足を同定した。ビデオ評価に対する各FIについて、k近傍法とMinimum Redundancy Maximum Relevance (MRMR)アルゴリズムを用いた相互情報量でランク付けした。

## 【結果】

k近傍法ではウィンドウサイズ1秒の②、④、⑤とウィンドウサイズ6秒の①と②が上位にランク付けされた。MRMRアルゴリズムを用いた相互情報量ではウィンドウサイズ1秒の⑤、3秒での①、5秒の①、6秒の②・③で影響度が高かった。両方で上位に選択された特徴量はウィンドウサイズ6秒の②とウィンドウサイズ1秒の⑤であった。

## 【考察】

今回はFIによるすくみ足の検出について、ビデオ解析との関連性およびクラスター分類の容易さから検討を行った。2つの指標で上位にランク付けされた特徴量は、すくみ足を検出する優れた機能を有している可能性がある。今回は少数の対象者での検討であり、パーキンソン病のすくみ足を網羅的に捉えているかは不明だが、その傾向を示すことはできたと思われる。

## 【結語】

今回の検討では、右足で計測したウィンドウサイズ6秒のFIと3つの加速度計を用いたウィンドウサイズ1秒のFIですくみ足を検出しやすいことが示唆された。今回はFIの算出方法に関する検討であり、客観的評価として用いるためには、今後の更なる検証が必要である。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:3-3)の承認を得て実施した。対象者には事前に十分な説明を行い、書面にて同意を得た。

## O-2-9-2

## 口述9

## MEG環境下で使用可能なハプティックデバイスの開発

○祖父江 祐太<sup>1)</sup>, 大鶴 直史<sup>2)</sup>, 菅田 陽怜<sup>3)</sup>,  
三木 将仁<sup>1)</sup>, 大西 秀明<sup>2)</sup>, 原 正之<sup>1)</sup>

- 1) 埼玉大学 大学院理工学研究科
- 2) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部
- 3) 大分大学 福祉健康科学部

## 【目的】

ニューロリハビリテーションやてんかんの診断などで活用される脳磁図(MEG)は、脳から発せられる微小な磁場を検出して脳神経活動を可視化するため、機器を用いた触力覚刺激の制御は困難であると考えられる。本研究ではこの通説に逆らい、MEG環境下で使用できるハプティックデバイスの実現に挑戦する。特にヒトの温感に着目し、サーマルグリル錯覚(TGI)を惹起できるMEG対応温感提示装置の開発を試みる。

## 【方法】

本研究では、予備実験でMEG環境でも使用可能であることが示唆されたペルチェ素子を使用して提示温度の制御を行うことを考えた。具体的には、4枚のペルチェ素子と90×30×1[mm]の銅板を用いて手の平に4種類の温度を提示できる温感提示装置を試作し、ペルチェ素子の表面温度の制御を4つの電流アンプと熱電対を用いて独立に行えるようにした。したがって、ペルチェ素子の表面温度を交互に制御することで冷たい銅板と暖かい銅板を交互に作り出すことができ、手の平に対してTGIを惹起することが可能となる。次に、試作機を用いて健常者8名に対してTGI惹起実験を行い、統制群と実験群での灼熱感をアンケートにより評価した。統制群では全ての銅板を40[deg C]に制御し、実験群では手首側から1枚目と3枚目の銅板(高温面)を40[deg C]に、2枚目と4枚目の銅板(低温面)を10、20、30、40[deg C]のいずれかの温度に制御した。

## 【結果】

まず駆動実験により、試作機を用いて4つの銅板温度を独立に10~40[deg C]で制御できることを確認した。TGI惹起実験では、高温面と低温面の温度差が大きくなるにつれて、灼熱感を報告する研究参加者が増えたが、TGI体験は全体として予想より弱く惹起され、温度差が大きい場合でもTGIが体験されない場合もあった。

## 【考察】

大脳皮質において身体の各部位が占める割合では、手よりも手指の方が高い。本研究では、統制群からの温度差が最も大きくなる低温面を指先に配置して実験を行ったため、指先における冷たい感覚が支配的になり、全体としてTGI体験が弱くなってしまった可能性が考えられる。以上のことから銅板面の順番や数の変更などで、より効果的にTGIを引き起こせる可能性がある。

## 【結語】

本研究では、10[deg C]~40[deg C]の範囲で温度を任意に提示できる温感提示装置の開発を行った。また、試作装置によりTGIを惹起できることを確認できたが、予想よりもTGI体験が弱かったため、今後の研究では銅板の配置変更などを行い、TGIをより効果的に引き起こすことを試みるとともに、MEG環境下でその有効性の確認を行う。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

実験は埼玉大学倫理委員会の承認(R3-E-20)を得て実施しており、研究参加者からは実験前にインフォームド・コンセントを得ている。

## O-2-9-3

## 口述9

## 歩行中の身体部位の加速度を用いた下肢関節モーメントの推定—機械学習による検証—

○稲井卓真<sup>1)</sup>, 高林知也<sup>2)</sup>

- 1) 産業技術総合研究所 ぐらし工学研究グループ  
 2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

## 【目的】

歩行中の下肢関節モーメントは疾患の進行リスクの評価が可能な指標である。例えば、歩行中の膝関節屈曲・内転モーメントの増加は変形性膝関節症の進行リスク、股関節屈曲・外転モーメントから得られるインパルスの増加は変形性股関節症の進行リスクと関連することが報告されている (Chehab et al., 2014; Tateuchi et al., 2017)。したがって、これらの疾患の進行リスクを日常的かつ継続的に評価するために、日常歩行中の下肢関節モーメントを評価することは重要である。先行研究は、ひとつの慣性計測装置 (IMU) を用いて、歩行中の腰部の加速度等の情報から下肢関節モーメントを推定するモデルを報告したが (Lee et al., 2020)、腰部以外の部位の加速度から推定を試みた研究はない。そこで本研究は、歩行中の各身体部位の加速度から下肢関節モーメントを推定するモデルを構築し、その精度を比較することとした。

## 【方法】

本研究の対象者はAIST2019 (小林ら, 2019) に登録されている健康成人188名とした。課題動作は快適歩行とした (各被験者10試行)。歩行データから1歩行周期の腰部、左手関節、左膝関節、左足関節、左足部、胸部の計6か所の加速度波形を計算した (6条件)。188名のうち152名を訓練データ、36名をテストデータとし、中間層が1層 (ノード数は20) の誤差逆伝播法を用いた。入力は時間 $t$ と、 $t$ における各身体部位の加速度波形、出力は股・膝・足関節モーメント (各3平面) とした。推定した下肢関節モーメントから下肢関節全体の正規化平均二乗誤差平方根 (NRMSE) を各条件で計算し、多重比較検定をした。

## 【結果】

歩行中の腰部の加速度から下肢関節モーメントを推定した際のNRMSEの平均値 ( $15.2 \pm 1.8\%$ ) は他の条件と比べて有意に小さかった ( $p < 0.001$ )。

## 【考察】

本研究の主たる知見は、歩行中の左手関節、左膝関節、左足関節、左足部、胸部の加速度と比較して、歩行中の腰部の加速度から下肢関節モーメントを推定した際の精度が最も高かったことである。腰部と比較して他部位の加速度から下肢関節モーメントを推定した際の精度が良好であった場合、例えばIMUを腕時計 (手関節)、ネックレス (胸部)、靴 (足部)、靴下 (足関節部) などに埋め込むことによる下肢関節モーメントの推定といった発展も考えられたが、腰部の条件で精度が最も高かった。したがって、ひとつのIMUから下肢関節モーメントを推定する際は、(IMUをベルトに埋め込むなどして) 腰部の加速度から推定することが望ましいことが示唆された。

## 【結語】

歩行中の他部位 (手関節・膝関節・足関節・足部・胸部) の加速度と比較して、腰部の加速度から下肢関節モーメントを推定したときの精度が最も高い。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究で用いたデータは、発表者が所属する機関の研究倫理審査委員会に承認された上で収集されたものである。実験時に書面による説明を行い、同意を得た。

## O-2-9-4

## 口述9

## 手を刺激対象とした実体的意識性的実験的誘起に関する研究

○守下奈那<sup>1)</sup>, 金山範明<sup>2)</sup>, 原正之<sup>1)</sup>, 三木将仁<sup>1)</sup>

- 1) 埼玉大学 大学院理工学研究科  
 2) 産業技術総合研究所 情報・人間工学領域

## 【目的】

近年、リーダ・フォロワシステムを用いて閉眼状態の研究参加者の背中に非同期の能動的自己触刺激を与えると実験的に実体的意識性 (PH) を引き起こせることが確認されている。本研究では、手を刺激対象とした非同期の能動的自己触刺激でPHを実験的に誘起できるか検証するとともに、フォロワロボットで刺激される手の位置がPH体験に及ぼす影響を明らかにすることを試みる。

## 【方法】

本研究では、リーダ・フォロワシステムを用いて手を刺激対象としたPH実験を健康者25名に対して実施した。具体的には、閉眼した研究参加者に利き手でリーダロボットを操作して、仮想ダイナミクスにより構築した仮想身体に対して1分間のタッピング刺激を与えるよう指示した。この時、研究参加者は非利き手の甲に同期/非同期したタッピング刺激をフォロワロボットより受ける。実験中は、刺激提示のタイミング (同期条件と非同期条件) と刺激を受ける手の位置 (近距離条件: 200[mm]と遠距離条件: 600[mm]) を変化させ、計4通りの実験条件を各5回ずつランダムに提示した。各試行終了後には、セルフタッチ感覚、他者へのタッチ感、運動主体感、受動体験、PHに関するアンケートに7段階リッカート尺度 (0~6) で答えるよう指示した。また、PHに関する項目に0以外のスコアで答えた場合には、PHの体験位置や人数についても尋ねた。

## 【結果】

PHおよび他者へのタッチ感は手の位置によらず非同期条件において有意に高いスコアとなり、受動体験に関しては全ての比較で有意差が現れた。また、同期条件で他者へのタッチ感とPH、受動体験とPHに関して有意な正の相関が確認できた。PHが体験された場所は近距離条件では前方、遠距離条件では左手方向に報告される傾向があった。PHの人数は条件間で差はほとんど見られず、平均して約1人であった。

## 【考察】

非同期条件において、PHおよび受動体験の項目で有意に高いスコアが報告されたことから、手を刺激対象とした非同期の能動的自己触刺激でもPH体験を実験的に誘起できることを確認できた。また相関関係から、他者へのタッチ感や受動体験が増加するとPHも増加することが示された。さらに今回の実験では、刺激される手の位置は主観的なPH体験の強さには関係しないという結果になったが、PHが体験される位置には影響する可能性が示唆された。

## 【結語】

本研究では、手に非同期の能動的自己触刺激を与えることで健康者にPHを実験的に体験させることが可能であることを実証した。また刺激を受ける手の位置によって、受動体験の強さやPH体験の位置を変化させることができることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

実験は埼玉大学倫理委員会の承認 (R2-E-13) を得て実施しており、研究参加者からは実験前にインフォームド・コンセントを得ている。

## O-2-9-5

## 口述9

## 再現性を重視した筋シナジー解析アルゴリズムの提案

○松井 佑介<sup>1)</sup>, 野嶋 一平<sup>2)</sup>

- 1) 名古屋大学 大学院医学系研究科
- 2) 信州大学 医学部保健学科

## 【目的】

運動モジュールの同定において筋シナジー解析は広く用いられている。しかし、日常的な臨床現場における応用は十分に進んでいない。その要因として、再現性と可用性の二つのボトルネックが存在する。筋シナジー解析は多チャンネル表面筋電位 (surface electromyography; sENG) から低次元構造を推定する問題であるが、再現性を阻む要因として筋電位測定におけるノイズ複雑性と、筋シナジーモデルとして広く用いられる非負値行列分解 (Non-negative matrix factorization; NMF) の解の不定性が挙げられる。特に複数の対象者を比較するような場合には、再現性の問題はより深刻となる。また、可用性を阻む要因としては、解析過程において異常試行に対して手動による除外ステップがあることや、アドホックなパラメータ調整が存在することが主な要因としてあげられる。これらの臨床応用上の問題を、包括的に解決するためには、筋活動データにおいてばらつきを生む原因を特定し、関心のあるシグナルのみを自動的に推定・分離するための統計的なフレームワークが必要である。

## 【方法】

sEMGの多様な誤差構造を生み出す主な要因として、試行間のばらつきを生み出す個体内変動と個体間のばらつきを生じさせる個体間変動を仮定したKarhunen-Loève展開に基づく統計モデルを立てた。推定には主成分分析法を用いた。真の筋活動を推定したのちにNMFによる筋シナジー推定を行った。提案アルゴリズムの評価には、実際の筋活動データを元に異常な振幅成分と、異なる筋活動成分をランダムに加えて生成したシミュレーションデータおよび歩行時筋活動に関する実データを用いて検証した。シミュレーションでは、真の筋活動が再現できるかを評価した。

## 【結果】

シミュレーション実験では、異常振幅がランダムに含まれた場合であっても感度99.8%で自動的に異常試行を除外でき、複数のアーチファクト成分に対しても真の筋活動を安定的に分離可能であった。最終的に推定した筋活動と真の筋活動との相関は0.99であった。また実データを用いた筋シナジー解析についても、異なる測定条件である既報の研究結果と同様な構造を再現できた。

## 【考察】

筋シナジー解析の再現性を実現するためには、sEMGデータのノイズ構造を的確に捉えた統計モデルによって真の筋活動成分を高い精度で推定することが重要である。

## 【結語】

提案した筋シナジー解析アルゴリズムでは結果のばらつきを生み出す多様なノイズの多くを分離でき、解析を自動化することも可能である。日常的な臨床評価としての応用が期待できる。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は本学の倫理審査委員会の承認を受けて実施された。また、本研究はヘルシンキ宣言に則っており、実験開始前に対象者に本研究内容を口頭と書面にて十分に説明し、同意を得た上で行われた。

## O-2-10-1

## 口述10

## 超音波パルス刺激は脱神経筋におけるアセチルコリン受容体の形態変性を抑制する

○伊藤 明良, 河合 秀紀, 中原 峻, 徐 仕軒, 趙 梓汐, 戴 嘉, 黒木 裕士

京都大学大学院 医学研究科理学療法学講座

## 【目的】

末梢神経損傷後の運動機能回復には、損傷神経、効果器である骨格筋、そして両者を接合する神経筋接合部 (NMJ) への包括的なアプローチが必要である。脱神経筋および損傷神経に対する理学療法効果検証は試みられているものの、NMJへの介入研究はほとんどない。NMJは、運動神経終末と骨格筋の接合部であり、運動神経終末、アセチルコリン受容体 (AChR)、非ミエリンシュワン細胞 (tSC) からなる。本研究ではtSCがNMJの形成・維持機能を有すること、および超音波刺激がシュワン細胞の増殖と生存を促進することが報告されていることから、超音波刺激がtSCを維持・増殖させ、損傷後のNMJの変性や減少を抑制すると仮説を立てた。本研究の目的は、末梢神経損傷後のNMJの変性や減少に対する超音波刺激の影響を、実験動物を用いて検証することである。

## 【方法】

実験動物として12週齢のWistar系雄性ラットを用いた。左腓骨神経を切除して超音波を照射するUS群 (n = 8)、切除して疑似照射するSham群 (n = 8)、そして左腓骨神経を切断しないIntact群 (n = 2) に無作為に振り分けた。超音波照射は、周波数1 MHz、強度 140 mW/cm<sup>2</sup> (空間平均時間平均)、照射時間率 20% の条件で、左前脛骨筋に対して切断翌日から麻酔下で1日5分間の介入を4週間毎日実施した。4週後、左前脛骨筋のNMJの数と形態を評価するためにAChRの数と形態を解析した。形態解析では、AChRを成熟したpretzel型、未成熟なplaque型、それらの中間であるintermediate型の3つに分類した。さらに、NMJの数や形態に対するtSCの影響を評価するために、ひとつのAChRあたりのtSC数 (tSC数) およびtSCを持つAChRの割合 (tSC保持率) を算出した。統計手法として、US群とSham群の2群間をStudentのt検定にて解析した。

## 【結果】

切断後4週経過時点においてAChRが変性し、US群、Sham群ともにIntact群と比較してpretzel型が減少し、plaque型が増加することを確認した。さらに、US群ではSham群と比較してpretzel型の減少とplaque型の増加が有意に抑制された (p < 0.05)。一方で、AChRの数はUS群とSham群の間に有意な差は認められず、Intact群と比較しても減少する傾向は認められなかった。tSC数および保持率は、US群とSham群で有意な差は認められなかった。

## 【考察】

末梢神経損傷によってNMJを構成するAChRの変性 (pretzel型の減少、plaque型の増加) が確認されたが、超音波刺激はこの変性を抑制する効果を有することが明らかとなった。しかしながら、超音波刺激の有無でtSC数や保持率に対する影響は認められず、仮説を支持する結果とはならなかった。超音波刺激によるNMJの変性抑制作用機序には、tSC数および保持率以外の要因が関与することが示唆された。

## 【結語】

超音波刺激は脱神経筋のAChRの変性を抑制することが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は所属施設の倫理委員会の承認を得て実施した (Med Kyo20027)。

## O-2-10-2

## 口述10

## 筋力トレーニングによる筋萎縮回復促進効果への筋衛星細胞取り込みの関与

○伊東 佑太<sup>1)</sup>, 吉岡 潔志<sup>2)</sup>, 田村 悠磨<sup>3)</sup>, 縣 信秀<sup>4)</sup>, 清島 大資<sup>5)</sup>, 河上 敬介<sup>3, 6)</sup>

- 1) 名古屋学院大学 リハビリテーション学部
- 2) プロダクティブ・エイジング研究機構 -
- 3) 大分大学大学院 医学系研究科
- 4) 常葉大学 保健医療学部
- 5) 東海大学 医学部
- 6) 大分大学大学院 福祉健康科学研究科

【目的】これまで尾部懸垂 (TS) を施したマウスの筋萎縮回復が筋力トレーニング (Ex) によって促進することを明らかにしてきた。このとき筋線維核数が大幅に増加しており、筋衛星細胞の関与が示唆された。しかし健全な筋の肥大時に、筋衛星細胞取り込みによる筋線維核数の増加が起こるか否かは意見が分かれる。病的に萎縮した筋であればなおその証拠は見当たらない。そこで本研究は、廃用性筋萎縮からの回復促進時に筋衛星細胞の取り込みが生じる証拠を、後天的に筋衛星細胞を蛍光標識できる組換えマウスを用いて明らかにすることを目的とした。

【方法】12週齢のB6.129X1-Gt(ROSA)26Sor<sup>tm1(EYFP)Cos/J;Pax7<sup>tm2.1(cre/ERT2)Fan/J</sup></sup>マウス (雄性) に対し5日間Tamoxifenを投与し、Pax7陽性細胞にYellow Fluorescent Protein (YFP) を発現させた。なおこのPax7陽性細胞は、以降分化が進み筋線維となってもYFPを発現する。このマウスに2週間TSを行い、後肢筋を萎縮させた。その後マウス用等尺性筋収縮運動装置 (BRC) を用いて1週間Exを行った (Tra群)。Exには以前明らかにした筋萎縮からの回復を促進させる強度 (最大筋力の40%) を用いた。Ex後、採取したヒラメ筋から10 μm厚の凍結横断切片を作成し、抗YFP抗体および抗Dystrophin抗体を用いて免疫組織化学染色を施した。得られた染色像から筋線維や核のサイズや数、位置関係の組織学的観察とともにYFP陽性の筋線維の割合を測定し、TS後にExを行わず普通飼育したマウス (nTra群)、Tamoxifen投与後、TSもExも行わないマウス (con群) の筋と比較した (各n=6)。

【結果】nTra群の平均筋線維横断面積は1361±535 μm<sup>2</sup>であり、con群の面積は1867±203 μm<sup>2</sup>と比べ有意に低値であったのに対し、Tra群の面積は1637±656 μm<sup>2</sup>であり、以前の報告と同様にcon群との間に有意な差はなかった。筋線維1本あたりの筋線維核数も以前の報告と同様にTra群で有意に高値を示した (nTra群 0.55±0.22, Tra群 0.82±0.42, con群 0.46±0.18)。YFP陽性の筋線維の割合はTra群で高く (nTra群 0.67±0.86%, Tra群 3.42±2.71%, con群 0.01±0.00%)、これらの筋線維の核は細胞膜に近接して存在した。

【考察】損傷後のマウス筋再生において、筋衛星細胞同士が融合した新生筋線維の核は、新生後1年近くにわたって、筋線維の中心部に数珠状をなして存在する (中心核線維)。本研究で観察されたYFP陽性筋線維はこのような中心核線維ではないため、衛星細胞同士の融合ではなく、既存の筋線維に筋衛星細胞が取り込まれた証拠であると考えられる。

【結語】廃用性筋萎縮を起こした筋に筋力トレーニングを行い、その回復が促進されるときには、既存の筋線維に筋衛星細胞が取り込まれ、筋線維核を増加させる。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する組織の動物実験委員会 (2014-001) および遺伝子組換え実験安全委員会 (D2017-001) の承認を得て実施した。

## O-2-10-3

## 口述10

## 筋芽細胞分化過程における性差がメカニカルストレス感受性に及ぼす変化

○村田 健児<sup>1)</sup>, 高須 千晴<sup>2,3)</sup>, 寺田 秀伸<sup>2,3)</sup>, 小島 拓真<sup>2,4)</sup>, 川端 空<sup>2,4)</sup>, 峯岸 雄基<sup>2,5)</sup>, 加納 拓馬<sup>2,3,4)</sup>, 岡 優一郎<sup>2)</sup>, 小曾根 海知<sup>2)</sup>, 金村 尚彦<sup>1)</sup>

- 1) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科
- 2) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科
- 3) 医療法人やつか整形外科内科
- 4) 医療法人東西医会 草加整形外科内科
- 5) 日本学術振興会 特別研究員DC

【目的】生物分野における異なる個体形質は性的二型といわれ、繁殖や生体組織に影響を与えている。男女の筋力差も性的二型の一つであるが、性別の差に関わらずヒトは地球における重力がメカニカルストレスとして結合組織に感知される。しかし、性差を考慮した細胞に対するメカニカルストレスの影響については検証されていない。本研究では、筋芽細胞を利用して筋管分化過程における細胞増殖能力と細胞応答性について筋管分化に関連するMyod1ならびにMyogから性差を検証し、伸張ストレスに対する反応性を調査した。

【方法】4週齢Wistar雄性ならびに雌性ラットから雄性筋芽細胞(m-Myo)と雌性筋芽細胞(f-myog)を単離した。各細胞は96well (1x10<sup>4</sup>C NMR/ml) または12Wellプレート (1x10<sup>5</sup>C NMR/ml) に播種し、24時間の前培養後、分化誘導培地に変更し、細胞増殖能力 (24・48・72h) およびリアルタイムqPCR法 (12・24・48・72h) によるmRNA挙動を評価した。また、伸張ストレスに対する反応性は、2x2cm<sup>2</sup>C NMRの伸縮シリコンチャンバーに1x10<sup>5</sup>C NMR/mlの濃度で前培養された筋芽細胞を分化誘導後、正常比125%で持続伸張ストレス (EX) を1hと24h曝露し、通常の筋芽細胞 (CTR) とqPCR法で比較した。標的遺伝子はMyod1およびMyogをβ-actinとGAPDHを基準として比較した。統計解析は、時間と性差における二元配置分散分析、伸張ストレスに対する反応性には2群間比較を行った。

【結果】細胞増殖能力は、誘導培地変更後24hでは有意にm-Myoの分化が高かった (p<0.001)。平均RNA収量は49.1ng/μl、A260/A280=1.99、A260/A230=1.09であった。遺伝子発現量は、MyoDでm-Myo-12hの発現量を1とした場合、24h:1.03倍、48h:1.66倍、72h:1.15倍、f-Myoは24h:1.57倍、48h:1.59倍、72h:1.88倍であった。Myogについてm-Myoは24h:13.01倍、48h:21.91倍、72h:4.14倍、f-Myoは24h:171.05倍、48h:79.78倍、72h:18.4倍となった。β-actinとGAPDHにおける時間や性差における変化し得る差は認めなかった。また、EXの反応性は、CTRと比較してMyod1はEX-m-Myo-1h:2.3倍、EX-f-Myo-1h:1.2倍で、MyogはEX-m-Myo-1h:6.3倍、EX-f-Myo-1h:2.0倍であった。

【考察】筋芽細胞の増殖率は雌雄で類似しているものの筋衛星細胞から筋芽細胞の分化率は雌よりも雄で高いこと、雄は雌と比較して筋転写因子の発現量が高いことが報告されている。本研究は、筋芽細胞から筋管分化過程における検証でも同様に性差を認めた。また、増殖能力について雌よりも雄で高いことは同様であったが、分化誘導によるmRNA発現量は雌性由来細胞でより高い反応性を示し、EXでも同様であった。

【結語】1)筋芽細胞分化過程において細胞レベルでの性差を認めた。2)分化誘導による反応性は雌性細胞でより大きかった。3)伸張ストレス反応性は雄性細胞でより効果的であった。

【倫理的配慮、説明と同意】

実験動物倫理委員会の承認を得た(2021-2)。

O-2-10-4

口述10

## 遅発性筋痛モデルラットの筋および末梢神経における Tmem120A, Bの発現定量

○太田 大樹<sup>1,2)</sup>, 大井 理史<sup>1)</sup>, 片野坂 公明<sup>3)</sup>, 田口 徹<sup>1,2)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部理学療法学科
- 2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

【目的】近年、機械痛覚を担う新たなイオンチャネルとして Tmem120Aが発見され (Beaulieu-Laroche et al., Cell, 2020)、皮膚の炎症性機械痛覚過敏への関与が報告された (Bonet et al., 2021)。一方、遅発性筋痛は運動後の筋組織に知覚される機械痛覚過敏であり、理学療法やスポーツ医学で関心が高いものの、その分子基盤は十分に解明されていない。そこで、本研究では遅発性筋痛のモデルラットを用い、筋や末梢神経における Tmem120Aとそのホモログである Tmem120Bの発現変化を調べ、機械痛覚過敏への関与を明らかにすることを目的とした。

【方法】先行研究にならない、雄性SDラット (8~12週齢、244~397 g、49匹) の下腿伸筋群に伸張性収縮 (LC) を負荷し、遅発性筋痛モデルを作製した (Hayashi et al., 2017)。筋機械痛覚過敏が最も強くなるLC24時間後に、①前脛骨筋表層、②深層、③前脛骨筋の表面を覆う下腿筋膜、④運動筋を支配する感覚神経の細胞体があるL3-L5後根神経節 (DRG) を採取した。①については、より詳細な時間経過を調べるため、0、6、48、120時間後のサンプルも採取した。①~④の組織サンプルからRNAを精製後、リアルタイムRT-PCR法により Tmem120Aおよび Tmem120B mRNAの発現レベルを定量した。有意水準は5%未満とした。

【結果】 Tmem120Aの発現は、LC6および24時間後の筋表層において、無処置対照群に比べ有意に増大し、24時間後にピークとなった。 Tmem120Bの発現はどの時点でも変化しなかった。また、筋深層、下腿筋膜およびDRGでは Tmem120Aの発現に変化はなかった。

【考察】今回観察された運動筋表層における Tmem120Aの発現量増加の時間経過は、先行研究で報告されている遅発性筋痛モデルにおける機械痛覚過敏行動の時間経過 (Hayashi et al., 2017) と類似していた。このことから、運動後の遅発性筋痛の発症における Tmem120Aの関与が示唆される。その分子機構として、骨格筋細胞を介した痛覚感作物質の産生増大や侵害受容体の機械感作を介した末梢神経機構の関与が考えられるが、未だ不明な点が多く、今後、さらなる研究が必要である。

【結語】 Tmem120Aは筋機械痛覚過敏に関与し、遅発性筋痛の発症に関わる可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会 (承認番号: 29020) の承認を得て実施した。

O-2-10-5

口述10

## 筋性拘縮の発生メカニズムの探索—ミトコンドリア融合・分裂因子の動態に関する検討

○本田 祐一郎<sup>1,2)</sup>, 高橋 あゆみ<sup>1)</sup>, 前田 俊輔<sup>1)</sup>, 三宅 純平<sup>1)</sup>, 坂本 淳哉<sup>1,2)</sup>, 沖田 実<sup>1,2)</sup>

- 1) 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 理学療法学分野
- 2) 長崎大学生命医科学域 (保健学系)

【目的】

これまでわれわれは、骨格筋が不動状態に曝されると筋性拘縮の主病態である線維化が惹起され、これには活性型caspase-3を介した筋核のアポトーシスとこれを契機としたマクロファージの集積ならびにinterleukin (IL)-1 $\beta$ /transforming growth factor (TGF)- $\beta$ 1シグナリングの賦活化が関与することを報告してきた。しかし、この分子機構の上流のメカニズムは明らかにできておらず、検討課題となっていた。一方、先行研究によれば、活性型caspase-3の発現亢進にはミトコンドリアの機能不全が影響し、これにはミトコンドリアの融合因子であるmitofusin (mfn)-1の発現低下と分裂因子であるdynamitin-related protein (drp)-1の発現亢進に起因したミトコンドリアDNA (mt DNA)の減少が関与するとされている。つまり、不動化した骨格筋でも同様の変化が誘因となって筋核のアポトーシスが生じるのではないかと仮説できるが、この点を検証した報告はこれまでにない。そこで、本研究では不動化したラットヒラメ筋を検索材料として用い、上記の仮説を検証した。

【方法】

実験動物には8週齢のWistar系雄性ラット20匹を用い、両側足関節を最大底屈位でギプスにて1、2週間不動化する不動群 (計10匹) と同期間、通常飼育する対照群 (計10匹) に振り分けた。各実験期間終了後は両側ヒラメ筋を採取し、右側試料にはNADH-TR染色ならびにSDH染色を施し、単位面積当たりのoptical densityを計測することでミトコンドリアの恒常性を評価した。また、左側試料は分子生物学的検索に供し、mfn-1ならびにdrp-1 mRNA発現量、mt DNA発現量を定量した。

【結果】

不動群のNADH-TR染色像およびSDH染色像におけるoptical densityやmfn-1 mRNA発現量、mt DNA発現量はいずれの不動期間とも対照群と比較して有意に低値を示した。また、不動群のdrp-1 mRNA発現量はいずれの不動期間とも対照群と比較して有意に高値を示した。

【考察】

今回の結果から、不動化した骨格筋ではmfn-1の発現低下とdrp-1の発現亢進が生じ、ミトコンドリアの恒常性が破綻していることが明らかとなった。つまり、このようなミトコンドリアの機能不全によって活性型caspase-3を介した筋核のアポトーシスが誘導され、マクロファージの集積を発端としたIL-1 $\beta$ /TGF- $\beta$ 1シグナリングの賦活化が生じ、線維化、ひいては筋性拘縮に発展すると推察される。

【結語】

本研究は、不動状態に曝された骨格筋における線維化の分子機構の探索を目的に実施した基礎研究である。そして、この成果は理学療法の治療対象である筋性拘縮の発生メカニズムの解明に寄与するものであり、理学療法学研究としても意義深いと考える。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は所属組織の動物実験倫理委員会承認 (承認番号: 1903281524) を受けた後、同委員会が定める動物実験指針に準じて実施した。

## O-2-11-1

## 口述11

## 5回の最大随意伸張性収縮は週2回の低頻度でも筋力増加、筋肥大を誘発する

○吉田 麗玖<sup>1)</sup>, 笠原 一希<sup>1)</sup>, 村上 優太<sup>1)</sup>, 佐藤 成<sup>1, 2)</sup>, 久保 雅義<sup>1)</sup>, 野坂 和則<sup>3)</sup>, 中村 雅俊<sup>4)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所
- 2) 公益財団法人磐城済世会 村松総合病院 リハビリテーション科
- 3) Edith Cowan University Centre for Exercise and Sports Science Research,
- 4) 西九州大学 リハビリテーション学部リハビリテーション科

## 【目的】

理学療法士は運動療法として、レジスタンストレーニング(RT)を処方する。RTにより、筋力増加、筋肥大を生じさせ、日常生活動作の改善が見込める。近年、伸張性収縮(ECC)のみのRTが筋力増加、筋肥大に有効と注目されている。我々は、週5日、1日3秒間の最大ECC介入が肘関節屈曲筋力の最大随意伸張性(MVC-ECC)、短縮性(MVC-CON)、等尺性(MVC-ISO)収縮トルクを増加させることを明らかにした(Sato et al. 2022)。また、週5回の頻度で、1日当たりの最大ECCを6回にした場合、筋力増加に加え、筋肥大も生じた(Yoshida et al. 2022)。よって、入院患者が行う、毎日のRTは筋力、筋量の増加を生じさせることが示唆された。しかし、WHOが推奨している週当たりの運動頻度は週2~3回以上であり(WHO, 2020)、RTに多くの時間を割けない外来患者を想定すると、低頻度・低回数での検討が必要である。本研究では、週2回の頻度で最大ECCの介入効果を検討し、異なる週当たりの最大ECCの回数による筋力増加、筋肥大効果を検討した。

## 【方法】

対象は健康な若年成人34名の肘関節屈曲筋群とした。RT介入頻度は週2回とし、介入期間は4週間とした。1セッションの最大ECCを、15回もしくは5回とし、15×2群、5×2群(各群n=12)、control群(n=10)に割り振った。4週間のRT介入前後の効果指標はMVC-ECC、MVC-CON、MVC-ISOトルクの平均値、肘関節屈曲筋群の筋厚とした。各トルクの測定および最大ECCによるRT介入は多用途筋機能評価訓練装置(BIODEXsystem3.0: BIODEX社)を使用し、筋厚の変化は超音波診断画像装置(Logiq e, GEヘルスケア・ジャパン株式会社)を用いた。統計処理として、分割プロット分散分析を用い、事後検定として、各指標のトレーニング介入前後の比較はBonferroni補正による対応のあるt検定を用いた。なお、有意水準は5%未満とした。

## 【結果】

15×2群、5×2群において、すべての測定項目に主効果および交互作用を認め、事後検定の結果、介入前と比較して、MVC-ECC、MVC-CON、MVC-ISO、筋厚で有意な増加が認められた。また、control群は、全ての測定項目において有意な増加は認められなかった。

## 【考察】

本研究は、15×2群、5×2群で同様の筋力増加、筋肥大が生じた。筋力はRT時の強度に依存し、筋肥大は収縮回数や重量を考慮したトレーニング量により決まる(Schoenfeld et al. 2017, Miller et al. 2020)。そのため、最大ECCをRTに用いた場合、週に2回、1日当たり5回の収縮回数でも強度、トレーニング量を担保できると示唆された。

## 【結語】

筋力増加、筋肥大を生じさせるには週2回、1セッション当たり最大ECCの回数は5回で十分であることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は本学の倫理審査委員会の承認を受けて実施された。また、本研究はヘルシンキ宣言に則っており、実験開始前には対象者へ本研究内容を口頭と書面にて十分に説明し、同意を得た上で行われた。

## O-2-11-2

## 口述11

## 脊椎圧迫骨折患者の自主練習を目的とした背臥位での体幹伸張筋力強化法の検討

○窪田 航<sup>1)</sup>, 堀口 怜志<sup>1)</sup>, 前田 翔梧<sup>1)</sup>, 井尻 朋人<sup>1)</sup>, 鈴木 俊明<sup>2)</sup>

- 1) 医療法人寿山会 法人リハビリテーション部
- 2) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

## 【目的】

体幹伸張筋力は腰部の慢性疼痛や脊椎圧迫骨折の予防に重要であることが報告されている。また、先行研究では座位にて肩関節外転、肘関節屈曲90°位での肩甲骨内転を伴う体幹伸張運動が脊椎圧迫骨折の圧壊予防に有用であることが示されているが、脊椎圧迫骨折後の急性期では圧壊リスクが高く、一定期間の臥床を強いられる。そこで肩関節外転、肘関節屈曲90°位で肩甲骨内転を伴う体幹伸張運動(以下、体幹伸張運動とする)を背臥位で行い体幹伸張筋の十分な筋活動が得られるか、座位体幹伸張運動時の体幹伸張筋の筋活動量と比較し検討した。

## 【方法】

対象は整形学的・神経学的既往を有さない健康男性15名(年齢26.6±3.8歳、身長172.9±7.7cm、体重67.6±3.8kg)とした。測定課題は①座位での体幹伸張運動、②背臥位(膝関節屈曲・臀部がベッドに接地した肢位)での体幹伸張運動、③背臥位(膝関節屈曲・臀部がベッドに接地していない肢位)での体幹伸張運動の保持課題とし課題中の筋活動を測定した。計測対象は利き手側の多裂筋・最長筋・腸肋筋・広背筋・僧帽筋中部・僧帽筋下部とした。その後、該当する徒手筋力検査(以下MMT):5にて最大随意収縮(以下、MVC)を計測し該当する筋だけのMMTがない多裂筋、最長筋、腸肋筋は体幹伸張MMT5を計測した。そして各課題の筋電図積分値をMVCの値で除し、筋電図積分値相対値(以下、%MVC)を算出した。各課題の各筋の%MVCを、一元配置分散分析及びボンフェローニ法にて比較し、体幹伸張筋力強化法として課題②③が有用か検討した。有意水準はボンフェローニ補正により1.7%とした。

## 【結果】

課題①②の比較は、①に対して②の最長筋で有意に高値を示した(p<0.01)。課題①③の比較は、①に対して③の多裂筋、最長筋、腸肋筋で高値を示し、有意に差を認めた(全てp<0.01)。課題②③の比較は、②に対して③で多裂筋、最長筋で有意に高値を認めた(全てp<0.01)。

課題②③の%MVCは、多裂筋は②50%③116%、最長筋は②66%③104%、腸肋筋は②64%③91%、広背筋は②68%③73%、僧帽筋中部は②46%③62%、僧帽筋下部は②25%③27%であった。

## 【考察】

課題②③ともに多裂筋・最長筋・腸肋筋で50%MVC以上の筋活動が確認された。また、先行研究にて脊椎圧迫骨折の圧壊予防に有用であると示されている課題①に対して、課題②の最長筋にて有意に高い筋活動を認めたことから、背臥位での体幹伸張運動は脊椎圧迫骨折患者に対して有用なトレーニングであると考えられる。加えて課題③では課題②と比較し多裂筋、最長筋で有意に高値を示しており、臀部のベッドへの接地の有無によって負荷量の調整も可能であることが示唆された。

## 【結語】

背臥位での体幹伸張運動は座位での運動と比較し、体幹伸張筋の十分な筋活動が得られることが示された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、対象者には口頭での説明にて同意を得て実施した。

O-2-11-3

口述11

## Foam Rolling と静的ストレッチング・動的ストレッチの併用効果および介入順序が膝関節伸展筋群に与える影響の比較検討

○笠原一希<sup>1)</sup>, 吉田麗玖<sup>1)</sup>, 村上優太<sup>1)</sup>, 佐藤成<sup>1, 2)</sup>, 久保雅義<sup>1)</sup>, Konrad Andreas<sup>3)</sup>, Behm David G<sup>4)</sup>, 中村雅俊<sup>5)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所
- 2) 公益財団法人磐城済世会 松村総合病院 リハビリテーション科
- 3) University of Graz Institute of Human Movement Science, Sport and Health
- 4) University of Newfoundland School of Human Kinetics and Recreation Memorial
- 5) 西九州大学 リハビリテーション学部リハビリテーション学科

【目的】ウォームアップ時の関節可動域 (ROM) 増加を目的に静的ストレッチ (SS) が提唱されている。しかし SS によって筋力の低下が生じることが多く指摘されており (Behm DG, et al 2016), パフォーマンスを維持した状態で ROM を増加させる Foam Rolling (FR) が着目されている (Konrad et al 2021)。そこで、筋力の維持、ROM の増加を目的とした最適なウォームアップ方法の確立のため、SS や動的ストレッチ (DS), FR の組み合わせが検討されている。これまで SS と FR の併用効果の検討 (Nakamura, et al 2022) や、DS と FR の併用効果の検討 (Hsu, et al 2020) はあるが、SS および DS と FR の介入順序による併用効果の違いを比較・検討した報告は見当たらない。そこで本研究では SS, DS と FR の介入順序による併用効果の違いを比較・検討することとした。

【方法】対象は男性大学生 17 名 (年齢  $21.0 \pm 1.1$  歳) とし、利き足膝関節伸展筋群とした。ストレッチと FR を併用した SS+FR, DS+FR, FR+SS, DS+FR の 4 条件を無作為に行った。FR, SS, DS はそれぞれ 60 秒  $\times$  3 セット (休憩 30 秒) 行った。測定項目は、膝関節屈曲 ROM, 最大等尺性膝関節伸展筋力 (MVIC-ISO), 組織硬度とした。MVC-ISO は多用途筋機能評価訓練装置 (BIODEX system 3.0) を使用して膝関節屈曲  $70^\circ$  で測定した。ROM 測定は、側臥位にて対側の股関節および膝関節屈曲  $90^\circ$  とし、利き足側の股関節および膝関節屈曲  $0^\circ$  を開始肢位とした。組織硬度は、筋硬度計 (NEWTONE TDM-N1) を用いて背臥位にて上前腸骨棘から膝蓋骨底の 50% の位置で測定を行った。これらを介入前後で測定し、平均値を統計に用いた。統計処理は、分割プロット分散分析を行い、事後検定として Bonferroni 補正を用いた t 検定を行った。有意水準は 5% 未満とした。

【結果】本研究の結果、MVC-ISO、膝関節屈曲 ROM にて交互作用が認められた ( $p < 0.05$ )。事後検定の結果、DS+FR と比較して FR+SS, SS+FR で有意に大きな ROM 増加を示し ( $p < 0.05$ )、FR+SS では MVC-ISO の減少傾向 ( $p = 0.056$ ) が見られた。膝関節屈曲 ROM, 組織硬度において時期に主効果を認めた ( $p < 0.01$ )。事後検定の結果、全条件で介入後に ROM 増加、組織硬度の減少を認めた ( $p < 0.01$ )。

【考察】本研究の結果、SS および DS と FR の併用は筋力を低下させずに組織硬度の減少、ROM 増加に有効であることが明らかとなった。また、FR の後に SS を行うと筋力低下を生じさせる可能性があるため、SS を行う場合、SS 後に FR を行うことが推奨される。

【結語】介入の順序を問わず、FR と SS または DS の併用は筋力を低下させることなく、ROM 増加および組織硬度の減少に有効である。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会 (承認番号: 18615) の承認を得て実施した。また、本研究はヘルシンキ宣言に則っており、実験開始前に対象者に本研究内容を口頭と書面で十分に説明し、同意を得た上で行われた。

O-2-11-4

口述11

## Iliocapsularis の加齢変化の特徴

○坂田 春佳, 建内 宏重, 八木 優英, 小林 琴乃, 市橋 則明  
京都大学 医学研究科人間健康科学系専攻

【目的】Iliocapsularis (IC) は股関節前面の関節包に付着し、関節包を緊張させ、股関節の安定化に重要な役割を果たすと考えられている。IC と加齢との関係については他の股関節前面筋と比べて、報告が少なく、特に IC の筋質や機械的特性の変化についての報告はない。一般的に、筋の量的、質的、機械的特性の加齢変化は一律でないことが多く、さらに筋質の変化と機械的特性の変化はそれぞれ独立して筋力と関連しているとされている。本研究の目的は、IC の加齢変化を量、質、機械的特性の指標を用いて明らかにすることとした。

【方法】健康女性 87 名 (年齢  $21-82$  歳、平均  $45.9 \pm 15.7$  歳) を対象とし、背臥位で IC、腸骨筋、大腿直筋、関節包の測定を行った。計測部位は IC、腸骨筋、関節包が上前腸骨棘の 4cm 下方、大腿直筋が上前腸骨棘と膝蓋骨上縁の midpoint とし、全ての計測は同一の検者が行った。超音波診断装置 (Supersonic Imagine 社製) の B モードを使用し、組織の大きさの指標として筋厚・関節包の厚さ、筋質の指標として輝度を計測した。また、せん断波エラストグラフィモードを使用し、組織の機械的特性の指標として弾性率を計測した。なお、関節包に関しては、厚さ・弾性率のみ計測を行った。年齢と各筋・関節包の各指標との関連を Spearman の順位相関係数を用いて調べた。

【結果】腸骨筋 ( $\rho = -0.505$ ) と大腿直筋 ( $\rho = -0.473$ ) の筋厚は年齢と有意な負の相関を示し、加齢により筋厚が低下したが、IC ( $\rho = -0.168$ ) や関節包 ( $\rho = 0.116$ ) の筋厚は年齢と有意な関連がなかった。また、腸骨筋 ( $\rho = 0.569$ )、大腿直筋 ( $\rho = 0.498$ )、IC ( $\rho = 0.237$ ) の輝度は年齢と有意な正の相関を示し、加齢による質の低下を認めた。加えて、腸骨筋 ( $\rho = -0.427$ )、大腿直筋 ( $\rho = -0.357$ )、関節包 ( $\rho = -0.221$ ) の弾性率は年齢と有意な負の相関があったが、IC ( $\rho = -0.137$ ) の弾性率には有意な関連はなかった。

【考察】腸骨筋や大腿直筋と比較すると、IC や関節包は加齢の影響を受けにくいことが明らかとなった。筋厚の変化については、加齢とともに使用頻度が減少する筋では萎縮しやすいとされている。輝度や弾性率の変化には筋の組成の変化が関連している。筋の脂肪化や筋線維の変化といった加齢変化は加齢に伴う身体活動の減少に起因すると考えられている。IC が加齢の影響を受けにくいという結果となったのは、IC が股関節安定性に寄与するために筋の使用頻度が維持され、加齢に伴う筋の不使用的の影響を受けにくいことが関連していると考えられる。

【結語】IC は腸骨筋や大腿直筋などの他筋とは異なり、特に量的、機械的特性において加齢変化しにくいことが明らかとなった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言を遵守し、発表者が所属する組織の倫理委員会による承認を受けて実施した (承認番号 R1674)。対象者には紙面および口頭にて研究の趣旨を説明し、書面にて同意を得た。

## O-2-11-5

## 口述11

## 正常足と扁平足の足部アライメントの違いがランニング中の足部内モーメントに与える影響

○高林 知也<sup>1,2)</sup>, 江玉 睦明<sup>1,2)</sup>, 稲井 卓真<sup>3)</sup>, 久保 雅義<sup>1,2)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所
- 2) 新潟医療福祉大学 理学療法学科
- 3) 産業技術総合研究所 くらし工学研究グループ

【目的】扁平足は代表的な足部変形であり、多くの足部ランニング障害を発症しやすい。扁平足者のランニング障害の発症機序を明らかにするために、我々はこれまで足部内の動きに着眼した研究を行ってきた。例えば、扁平足者はランニング中に後足部と中足部が過剰に外がえしすることを明らかにしてきた。しかし、これまでは足部内に生じる「運動」のみに焦点をあてており、足部内に生じる「力学負荷」は検証できていなかった。そこで、本研究は正常足と扁平足の足部アライメントの違いがランニング中の足部内モーメントに与える影響を検証した。

【方法】対象は健康男性の正常足13名と扁平足13名とした。Foot posture index-6を用いて、スコアが0-+5を正常足、6以上を扁平足に分類した。Rizzoli foot modelに準じ対象者の右下腿と足部に反射マーカーを貼付し、ランニング中の反射マーカー位置と床反力、足圧を測定した。先行研究(Deschamps et al, 2017)の方法に準じ、矢状面上の足関節モーメント、ショパール関節モーメント、リスフラン関節モーメントを計算した。関節モーメントに影響を与えるランニングパラメータ(速度、ケイデンス、ステップ長)とstrike index(接地パターンの指標)も算出した。関節モーメントピーク値とランニングパラメータ、strike indexに対し、R studioを用いて2群間で統計解析を行った。有意水準は5%とした。

【結果】ランニングパラメータとstrike indexは2群間で有意差を認めず、全被験者は後足部接地パターンであった。正常足者と比較して、扁平足者はリスフラン関節の底屈モーメントピーク値が有意に高値を示した( $p = 0.03$ )。足関節およびショパール関節モーメントは群間で有意差を認めなかった。

【考察】ランニングパラメータと接地パターンが群間で有意差を認めなかったため、これらのパラメータは足部内モーメントに影響しないことを示唆している。扁平足者でリスフラン関節のモーメントピーク値が高値を示したことに、歩行時の蹴り出しではウィンドラスメカニズムによって内側縦アーチが拳上し、足部の剛性が高まる。扁平足者は内側縦アーチが下降している足部アライメントを呈しているため、正常足者と比較して効率的にウィンドラスメカニズムが機能しないと考えられる。その代償として、扁平足者はリスフラン関節の底屈モーメントを増大させることで、ランニング時も地面を蹴り出していたことが考えられる。

【結語】過剰なリスフラン関節底屈モーメントは、主にリスフラン関節周囲筋の過活動によって生じていると考えられる。筋の過活動は関節周囲組織に負荷を与えるため、本研究結果は扁平足者が足部ランニング障害を発症しやすい機序を説明するうえで役立つ知見になり得る。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は所属機関の倫理審査委員会の承認を受けており、実験開始前に対象者に本研究内容を十分に説明し、同意を得た上で行われた。

## O-2-12-1

## 口述12

## 等尺性トレーニングはDMDモデルマウスの筋病変を改善する

○山内 菜緒<sup>1)</sup>, 内藤 雷<sup>1)</sup>, 徳田 奈央<sup>1)</sup>, 木村 伊織<sup>1)</sup>, 芦田 雪<sup>1,2)</sup>, 青木 吉嗣<sup>3)</sup>, 山田 崇史<sup>1)</sup>

- 1) 札幌医科大学大学院 保健医療学研究所
- 2) 日本学術振興会 特別研究員
- 3) 国立精神・神経医療研究センター神経研究所 遺伝子疾患治療研究部

【目的】ジストロフィン欠損筋は、伸張性収縮による損傷を受けやすい特徴を有する。一方、デュシェンヌ型筋ジストロフィー(DMD)患者の運動機能を維持する上で、安全かつ効果的な運動処方の実現に対する期待は大きい。そこで本研究では、DMDモデル(mdx52)マウスを用い、損傷性の低い等尺性トレーニング(ISO)がDMD筋の病態および機能に及ぼす影響を検討した。【方法】15-22週齢のWTおよびmdx52マウスの下腿三頭筋に対し、麻酔下にて神経筋電気刺激(NMES)を用い、ISO(45 V, 100 Hz, 0.25秒刺激/0.25秒休息, 60収縮, 6セット, セット間のインターバル4分)を2日に1回の頻度で4週間負荷した。最終ISO負荷の2日後にNMESを用いて下腿三頭筋の疲労耐性を測定し、その翌日に足底筋および腓腹筋を採取し解析に供した。【結果】mdx52マウスの非ISO側では、Evans blue dye陽性の損傷線維が集団で観察された。また、それは慢性的なmTOR経路の活性化(Aktのリン酸化)、ミトコンドリア関連因子の低下(PGC-1 $\alpha$ 発現量およびクエン酸合成酵素活性の減少)、オートファジーフラックスの低下(p62発現量の増加, LC3BII/Iの減少)、マクロファージの増加(CD68およびCD206発現量の増加)を伴っていた。一方、4週間のISOはmdx52筋におけるこれらの変化をすべて改善するとともに、筋持久力を顕著に向上させた。【考察】近年、ジストロフィン欠損筋の病態機序に、オートファジー機能の低下が関与することが報告され注目を集めている。本研究では、運動がオートファジーの活性化因子であること、また、ジストロフィン欠損筋はISOでは損傷を起こしにくいことに着目し、ISOがジストロフィン欠損筋の病態を改善するかどうかを検討した。驚くべきことに、4週間のISOは、mdxマウス骨格筋のオートファジー機能を正常化するとともに、筋病変ならびに筋持久力を顕著に改善した。先行研究において、ジストロフィン欠損筋では、慢性的なmTOR経路の活性化がオートファジー障害を引き起こすこと、一方、PGC-1 $\alpha$ はmTOR経路に拮抗して作用することが報告されている。したがって、ISOによるオートファジー機能の正常化には、PGC-1 $\alpha$ 発現量の増大によるmTOR経路の不活性化が関与すると考えられる。【結語】ISOは、PGC-1 $\alpha$ によるmTOR経路の抑制を介したオートファジー機能の正常化ならびにミトコンドリア機能の向上により、ジストロフィン欠損筋の病態を改善することが示唆された。これらの知見は、DMD患者に対する適切な運動処方を実現するために、ISOが活用できる可能性を示すものである。【倫理的配慮、説明と同意】発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会(承認番号:20-084)の承認を得て実施した。

O-2-12-2

口述12

### 有酸素運動と筋力増強運動がマウス骨格筋におけるマイオカインに与える影響

○島山 隼平<sup>1,2)</sup>, 井上 翔太<sup>1,2)</sup>, 李 昌欣<sup>1)</sup>,  
姜 函林<sup>1)</sup>, 江口 大輔<sup>1)</sup>, 若山 将弘<sup>1)</sup>, 森山 英樹<sup>3)</sup>

- 1) 神戸大学大学院 保健学研究科保健学専攻リハビリテーション科学領域
- 2) 日本学術振興会 特別研究員
- 3) 神戸大学 生命・医学系保健学域

#### 【目的】

骨格筋は、運動における主要な効果器としての働きだけではなく、生理活性物質であるマイオカインを血液循環中に放出する分泌臓器としての働きをもつ。これまでに、マイオカインは、運動後に発現量が変化し、その後血液を介して、脳や骨など他臓器・器官に生理的作用を及ぼす可能性が示されてきた。代表的なマイオカインにFNDC5/Irisin、IGF-1、Myostatinがあり、それぞれ骨形成促進や神経新生の作用、インスリン分泌作用、筋タンパク質合成の抑制作用をもつ。しかしながら、どのような運動によって、マイオカインが変化するか検討されてこなかった。そこで、本研究では、マウスを対象として、運動様式(有酸素運動と筋力増強運動)、それらの強度の違いによるマイオカインの変化を調査することを目的とした。

#### 【方法】

本研究では、合計30匹の8週齢・雄性C57BL/6Jマウスを使用した。8・16 m/分(低強度群・高強度群)の速度でトレッドミル運動を行う有酸素運動群、体重の30%・120%(低強度群・高強度群)の重錘負荷でラダー運動を行う筋力増強運動群に、マウスを各6匹ずつ割り当てた。すべての運動群で、1週間の般化運動後に、8週間の各運動を行わせた。対照群は、同一週齢のマウスとし、実験期間を通じて通常飼育のみ行った。実験期間終了後、マウス腓腹筋を採取し、代表的なマイオカインであるFNDC5/Irisin、IGF-1、Myostatinのウエスタンブロッティングを行い、それぞれのタンパク質発現量を定量した。統計解析は、EZRを用いて一元配置分散分析とpost hoc検定としてTukey HSD検定を行った。統計学的有意水準は5%とした。

#### 【結果】

FNDC5/Irisinタンパク質は、有酸素運動群の低強度群で、対照群と比較して有意に増加した。IGF-1タンパク質は、筋力増強運動群の高強度群で、対照群と比較して有意に増加した。Myostatinタンパク質は、どの運動群においても有意な差を認めず、変化しなかった。

#### 【考察】

FNDC5/Irisinは、筋力増強運動で変化せず、より低強度の有酸素運動によって増加することが示された。一方で、IGF-1は、有酸素運動で変化せず、より高強度の筋力増強運動によって増加することが示された。Myostatinは、どの運動でも変化しないことが示された。

#### 【結語】

本研究結果から、低強度の有酸素運動ではFNDC5/Irisinが、そして高強度の筋力増強運動ではIGF-1が増加した。これらの運動が、臓器・器官に対して効能を与える可能性を考慮して運動処方することが推奨される。

#### 【倫理的配慮、説明と同意】

神戸大学動物実験委員会の承認を得た(承認番号:P211103)。

O-2-12-3

口述12

### ストレプトゾシン誘発性の糖尿病がラット骨格筋収縮時における酸素圧勾配と筋張力に与える影響

○高見澤 怜<sup>1,2)</sup>, 堀田 一樹<sup>3)</sup>, 藤井 豊<sup>1,2)</sup>,  
池上 諒<sup>2)</sup>, 一杉 直樹<sup>1,2)</sup>, 井上 達朗<sup>1,2)</sup>, 田宮 創<sup>2)</sup>,  
椿 淳裕<sup>1,2)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科
- 2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所
- 3) 北里大学大学院 医療系研究科

#### 【目的】

運動時に骨格筋への酸素供給は劇的に増加する。一方、糖尿病では骨格筋の微小血管の機能的および構造的悪化を惹起し、骨格筋収縮時の酸素供給に障害をきたす可能性がある。また、酸素供給の障害は筋機能低下を惹起することが考えられるが、この関係性は明らかでない。本研究の目的は、糖尿病が骨格筋の毛細血管内外の酸素移動において原動力として働く圧勾配( $\Delta PO_2$ =微小血管内酸素分圧-間質酸素分圧)、ならびに筋張力に与える影響を検討することとした。

#### 【方法】

Wistar系雄性ラット(n=21, 5-7週齢, 196-309g)を無作為に糖尿病群(DM群)と偽介入群(Sham群)の2群に分けた。DM群は生理食塩水に融解させたストレプトゾシン(50mg/kg)を腹腔内に投与し、糖尿病を発症させた。Sham群は生理食塩水のみを投与した。その後各群のラットを8週間通常飼育した後、以下に述べる実験を行った。まず長趾伸筋(EDL)を麻酔下で露出し電極を縫合した後、下腿骨を固定した。EDL腱を切断して張力トランスデューサーに接続し筋張力を測定した。筋収縮は電気刺激(1 Hz, 2 ms, 6 V, 180 s)により誘発させた。リン光クエンチング法により筋収縮時の骨格筋微小血管および間質の酸素分圧(それぞれ $PO_{2mv}$ ,  $PO_{2is}$ )をリアルタイムかつin vivoで前述の筋張力と同時に計測した。実験終了後にEDLを摘出し、体重当たりの筋湿重量を計測した。得られた $PO_{2mv}$ および $PO_{2is}$ の動態について非線形回帰分析を行った。また、 $\Delta PO_2$ を算出し、各群の曲線下面積を求めた。体重当たりのEDL湿重量と $\Delta PO_2$ 曲線下面積における群間比較には、対応のないt検定を用い、筋張力の経時的変化は二元配置分散分析(時間×群)を用いて検討した。有意水準は5%とした。

#### 【結果】

体重当たりのEDL湿重量はSham群と比較してDM群で有意に低値を示した( $p < 0.05$ )。筋張力は時間要因および群要因の主効果を認めず、交互作用も認めなかった。 $\Delta PO_2$ の曲線下面積は、Sham群と比較してDM群で有意に高値を示した( $p < 0.05$ )。

#### 【考察】

ストレプトゾシン誘発性のDMラットにおいてEDLの筋萎縮が生じたが、筋張力は低下しなかった。同時に、DMラットでは $\Delta PO_2$ の増加を認めた。以上のことから、糖尿病では微小血管内外の酸素圧勾配を代償的に増加させ、酸素輸送と筋機能を維持する可能性が示唆された。

#### 【結語】

ストレプトゾシン誘発性の糖尿病ラットでは骨格筋収縮時における酸素圧勾配が偽介入ラットと比べて増加した。

#### 【倫理的配慮】

本研究は、発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会(承認番号:02012-02117)の承認を得て実施した。

O-2-12-4

口述12

## ヒトにおける運動誘発性筋損傷に対する寒冷療法および温熱療法の有用性の検討

○池上 諒<sup>1)</sup>, 中村 雅俊<sup>2)</sup>, 堀田 一樹<sup>3)</sup>,  
井上 達郎<sup>1)</sup>, 田宮 創<sup>1)</sup>, 椿 淳裕<sup>1)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部
- 2) 西九州大学 リハビリテーション学部
- 3) 北里大学 医療衛生学部

【目的】 スポーツ現場やリハビリテーション現場において、運動後の筋損傷を予防するためにアイシングが行われている。アイシングの効果は経験的に確かめられたものが多く、必ずしも科学的根拠に基づき行われているわけではない。我々はこれまでに小動物を用いた研究により、運動後の寒冷療法が筋損傷からの回復を遅延させ筋機能を低下させる可能性や、温熱療法が運動後の筋損傷予防に有効である可能性を明らかにした。しかしながら、小動物とヒトでは体温調節能が大きく異なるため同様の結果が得られるとは限らない。本研究はヒトにおいて運動後の寒冷療法は筋損傷からの回復を遅延させ、温熱療法は筋損傷からの回復を促進させるという仮説を検証した。

### 【方法】

運動習慣の無い健康成人男性40名を無作為に対象群(CONT)、寒冷刺激群(ICE)、温熱刺激群(HEAT)に振り分けた。利き腕に対して等速性筋力測定装置を用いて肘関節90°屈曲させた状態から0°まで角速度を30°/secの全力伸張性収縮(ECC)を30回負荷した。ICEはアイスパックを、HEATは極超短波治療器(10cmの距離から80wの強度)をECC直後に30分間実施した。ECC前、直後、30分後、1、2、3、4、7日後に筋発揮張力、筋厚、主観的疼痛強度、弛緩時肘関節角度を測定した。統計学的解析は、二元配置分散分析、下位検定としてBonferroni法による多重比較を実施した。有意水準は $P < 0.05$ 以下とした。

### 【結果】

CONT、ICE及びHEATにおいてECC直後から7日後にかけて筋発揮張力が有意に低下した(初期値からの最大低下率: CONT:  $45.8 \pm 11.8\%$ , HEAT:  $42.2 \pm 12.7\%$ , ICE:  $47.3 \pm 5.1\%$ )。しかしながら、ECC直後から7日後にかけての筋発揮張力の低下率に群間で有意な差は認めなかった。また、主観的疼痛閾値の動態も各群で有意な差は認めなかった。一方で、筋厚、弛緩時肘関節角度は1日後以降にCONTと比較してHEATは有意差を認めず、ICEで有意に低値を示した( $P < 0.05$ )。

### 【考察】

本研究の結果により、ECC後の寒冷療法及び温熱療法はECC後の筋発揮張力に影響を与えないことが明らかとなった。一方で、寒冷療法は筋厚の増加を抑制し弛緩時肘関節角度制限を改善した。筋厚はECC後の筋の浮腫を反映し得るため、ECC後に寒冷療法を行うことにより、ECC後の筋損傷が軽減される可能性がある。対照的に、温熱療法はECC後の疼痛、筋厚、弛緩時肘関節角度に影響を与えなかった。したがって、温熱療法は運動による筋損傷を抑制せず、寒冷療法は損傷を軽減させる可能性があるものの、生体においては筋発揮張力の回復に影響を与えないためその効果は軽微である可能性が示された。

### 【結語】

運動後の寒冷療法及び温熱療法は筋損傷からの回復に影響を与えないことが示唆された。

### 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 18730-210826)の承認を得て実施した。

O-2-12-5

口述12

## 静脈の拡張が運動時の換気応答に与える影響

○藤田 大輔<sup>1)</sup>, 田川 辰也<sup>1)</sup>, 久保 裕介<sup>2)</sup>

- 1) 福岡国際医療福祉大学 医療学部 理学療法学科
- 2) こぼり整形外科クリニック リハビリテーション科

### 【目的】

骨格筋を中心としたグループIII/IV線維による末梢性フィードバック情報は、健康者では活動筋への効率的な酸素供給に寄与している。一方で、心不全患者では末梢性フィードバック情報が増加すると過剰な換気応答を引き起こし、運動不耐容性に関連することが知られている。心不全患者に特徴的な身体所見である浮腫は静脈を拡張させるため、浮腫は末梢性フィードバック情報となる可能性がある。そこで、本研究では浮腫をシミュレートする静脈閉塞を用いて運動時の換気応答の変化を明らかにすることを目的として実施した。

### 【方法】

対象者は健康成人男性6名とした。対象者には呼気ガス分析用のマスクを取り付けて、両下腿部に静脈を閉塞するために加圧用マンシュートを巻いた。プロトコルは安静立位3分、ウォーミングアップとして時速4.5kmに設定したトレッドミル歩行を1分行った後、時速6.0kmに設定したトレッドミル歩行3分を行った。この歩行中に静脈閉塞条件を無閉塞、60mmHg閉塞、100mmHg閉塞をランダムに設定し、下腿部に圧を加えた。運動終了後1分は回復期間、その後ウォーミングアップを1分間設けて、静脈閉塞歩行を3回行った。測定項目は酸素摂取量、二酸化炭素排出量、呼吸数、一回換気量、分時換気量とした。統計学的解析には線形混合モデルによる一元配置分散分析を行い、多重比較検定はボンフェローニ法を用いた。統計学的有意水準は5%とした。

### 【結果】

運動負荷量は約4メッツ・時であり、各条件に差は認められなかった。酸素摂取量、二酸化炭素排出量、1回換気量、呼吸数、分時換気量は安静時と比較して全ての条件において有意に増加した( $p < 0.01$ )。静脈閉塞歩行の条件間では各変数に有意差は認めなかったが、呼吸数が無負荷条件と比較して60・100mmHg閉塞条件で増加傾向を認めた(60mmHg: 呼吸数の差=1.7回/分、 $p=0.31$ 、100mmHg: 呼吸数の差=2.1回/分、 $p=0.13$ )。

### 【考察】

本研究の結果、無閉塞時と比較して静脈閉塞圧が上昇すると運動時の呼吸数が増加する傾向にあった。したがって、静脈の拡張は呼吸ドライブを亢進させる末梢性フィードバック情報の可能性がある。この結果は浮腫が運動時の換気応答と関連することを示唆するものであり、今後対象者数を増やして検討する必要がある。

### 【結語】

静脈閉塞法によって末梢性フィードバック情報を増加させると、酸素摂取量、二酸化炭素排出量、1回換気量に関係なく、運動時の呼吸数が増加する可能性がある。

### 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 20-fuhw-012)の承認を得て実施した。対象者には書面と口頭にて説明を行い、同意を得た。

O-2-13-1

口述13

## 異なる強度の運動が認知機能および海馬成体神経新生とシナプス可塑性に与える影響

○姜 函林<sup>1)</sup>, 木村 優介<sup>5)</sup>, 井上 翔太<sup>1,2)</sup>, 李 昌欣<sup>1)</sup>,  
 畠山 隼平<sup>1,2)</sup>, 脇本 祥夫<sup>1)</sup>, 高村 大祐<sup>1,4)</sup>,  
 森山 英樹<sup>3)</sup>

- 1) 神戸大学 保健学研究科
- 2) 日本学術振興会 特別研究員
- 3) 神戸大学 生命・医学系保健学域
- 4) 神戸市立医療センター中央市民病院 リハビリテーション技術部
- 5) 社会医療法人人生長会 府中病院 リハビリテーション科

## 【目的】

超高齢社会を迎え、認知症患者が増加しており、認知症予防や進行抑制手段の開発が強く望まれている。運動は海馬における成体神経新生とシナプス可塑性を増加させることで、認知機能を向上させることが報告されている。身体への運動効果は、運動の種類や強度により大きく異なることがわかっている。しかし、認知機能や海馬において、どのような種類や強度の運動が有益であるかは明らかになっていない。本研究では、異なる強度の有酸素運動および筋力増強運動が、マウスの認知機能および海馬の成体神経新生とシナプス可塑性に及ぼす影響を明らかにすることを目的にした。

## 【方法】

合計40匹の8週齢雄性C57BL/6マウスを、通常飼育群、12 m/分、20 m/分の有酸素運動群、および体重の30%、120%の筋力増強運動群にそれぞれ8匹ずつ無作為に分けた。有酸素運動はトレッドミル走行を毎日60分間、筋力増強運動はラダークライミング運動を毎日12回、37日間行わせた。介入期間終了後に、認知機能評価としてY字迷路試験、バーンズ迷路試験を実施した。認知機能評価終了後に、海馬を採取し、組織学的、分子生物学的に解析した。シナプス可塑性の指標としてSYPとPSD-95タンパク質を、ウェスタンブロッティング法により定量した。また、海馬における成体神経新生の指標として、NeuNとBrdUの二重蛍光免疫組織化学染色を実施し、陽性細胞を計測した。統計学的解析として、一元配置分散分析およびTukey HSD検定による多重比較を行った。有意水準は5%とした。

## 【結果】

認知機能評価のいずれにおいても群間差は認められなかった。また、海馬におけるSYPとPSD-95タンパク質量に群間差は認められなかった。海馬歯状回におけるNeuNとBrdU二重陽性細胞数は、20 m/分において、通常飼育群よりも有意に増加した ( $P < 0.01$ )。また、通常飼育群と比較して、12 m/分で、NeuNとBrdU二重陽性細胞数が増加する傾向が認められた ( $P < 0.10$ )。

## 【考察】

本研究の結果から、異なる強度の有酸素、筋力増強運動による認知機能、海馬におけるシナプス可塑性への効果は認められなかったが、高強度の有酸素運動が海馬における成体神経新生を増加させることが明らかになった。さらに低強度の有酸素運動が成体神経新生を促進する傾向があり、有酸素運動が強度依存的に成体神経新生を促進する可能性が示された。これまで齧歯類に対する有酸素運動は成体神経新生に効果を与えることが報告されているが、本実験結果では筋力増強運動ではなく、より高強度の有酸素運動が海馬に正の効果を与えることが示唆された。

## 【結語】

本研究結果から、有酸素運動は海馬の有益な形態学的変化をもたらし、その中でもより高強度の有酸素運動が最も成体神経新生を促進し、海馬に依存した脳機能を高める可能性が示された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

神戸大学動物実験委員会の承認を得た (承認番号: P180602)。

O-2-13-2

口述13

## 手のメンタルローテーション課題における回答のタイミングは小指外転筋に対応する脊髄前角細胞の興奮性を変化させる

○柳川 洗輔<sup>1)</sup>, 前田 剛伸<sup>2)</sup>, 鈴木 俊明<sup>3)</sup>

- 1) 一般財団法人鎌倉病院 リハビリテーション科
- 2) 神戸リハビリテーション福祉専門学校 理学療法学科
- 3) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

【目的】手のメンタルローテーション (以後、MR)とは、手の回転画像が提示され、それを心的に回転・変換することで右手か左手かを判断する課題である。我々は先行研究において、手のMR課題では注視する部位によって脊髄前角細胞の興奮性が変化することを報告した。また、MR課題中に反応時間や正解率を測定することで運動イメージの想起能力を評価できる。手のMR課題における反応時間の検討はいくつか報告されているが、回答するタイミングによって小指外転筋に対応する脊髄前角細胞の興奮性にどのような影響を及ぼすかは検討されていない。本研究では手のMR課題における回答のタイミングの違いが小指外転筋に対応する脊髄前角細胞の興奮性に与える影響を検討した。

【方法】対象は健康者10名とした。F波はViking Quest (Natus社製)を用いて、MR課題中に右手関節部尺骨神経を刺激し、右小指外転筋より導出した。測定肢位は右上肢を下垂した椅座位とした。MRは開始と同時に手の画像が2000ms毎に提示されるものを使用し、手の左右性を被験者の左手指にてキーボード操作で判断させ、まず対象者の平均反応時間を測定した。その後、MR課題として画像提示より1000ms後に回答する課題 (課題1)、2000ms後に回答する課題 (課題2)をおこなった。なお、F波刺激はMR課題中に被験者が手の左右性を判断するタイミングと一致させた。F波分析項目は安静時を1とした各課題のF波出現頻度相対値、振幅F/M比相対値とし、Friedman検定とBonferroni補正したWilcoxonの符号付順位検定で比較した。また、各課題の正解率についてはWilcoxonの符号付順位検定で比較した。いずれも有意水準は5%とした。

【結果】反応時間は1915±638msであった。F波出現頻度相対値、振幅F/M比相対値は課題1と比較して課題2で増加した ( $p < 0.05$ )。正解率は課題1と比較して課題2で向上した ( $p < 0.01$ )。

【考察】本研究における平均反応時間が1915msであったことから、手の画像の左右性を判断する過程で課題2のように2000msの考える時間があればイメージを十分に想起することが可能なため、小指外転筋に対応する脊髄前角細胞の興奮性が増加したと考える。それに対し課題1では1000msで回答する必要があり、手の画像の左右性を判断する時間が不十分であったため、正解率の低下と小指外転筋に対応する脊髄前角細胞の興奮性が高まりきらなかったと考える。

【結語】MR課題を実施する際は、被験者に時間的な余裕を与えた上で、手の画像の左右性を考えさせる方が小指外転筋に対応する脊髄前角細胞の興奮性は増加しやすい可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。

## O-2-13-3

## 口述13

## 異なる電流強度による経皮的迷走神経刺激が自律神経活動に及ぼす影響

○横田 裕丈<sup>1,2)</sup>, 江玉 睦明<sup>1,2)</sup>, 平林 怜<sup>1,2)</sup>, 関根 千恵<sup>1,2)</sup>, 阿久澤 弘<sup>1,2)</sup>, 石垣 智恒<sup>1,2)</sup>, 大鶴 直史<sup>1,2)</sup>, 齊藤 慧<sup>1,2)</sup>, 小島 翔<sup>1,2)</sup>, 宮口 翔太<sup>1,2)</sup>, 大西 秀明<sup>1,2)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部
- 2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

## 【目的】

心臓や胃などの胸腔・腹腔臓器からの感覚情報は、迷走神経求心線維により延髄孤束核を介して様々な脳領域へ投射される。この迷走神経求心線維を介して自律神経活動を外的に変調できる、経皮的迷走神経刺激 (tVNS) が注目されている。tVNS の効果は刺激様式により異なり、効果的な刺激方法が不明といった問題がある。これに対し、我々は第26回日本基礎理学療法学会学術大会 (札幌) において、tVNS の刺激周波数の違いが自律神経活動に及ぼす影響について報告した。電流強度も同様に影響が示唆されているため、本研究では、異なる刺激電流強度の tVNS が自律神経活動に及ぼす影響を検討することを目的とした。

【方法】健康成人18名 (女性8名) (平均年齢:  $21.6 \pm 1.3$  歳) を対象に、安静イス座位にて tVNS 装置 (NEMOS, Cerebmed, Germany) の刺激電極を左耳甲介 (迷走神経耳枝) に装着し、tVNS 刺激中の心電図波形を記録した。始めに  $0.1 \text{ mA}$  ほどの階段法により tVNS の感覚閾値を測定し、 $3.0 \text{ mA}$ ,  $1.0 \text{ mA}$ ,  $0.2 \text{ mA}$  (感覚閾値以下),  $0 \text{ mA}$  (コントロール) の4条件でランダムに刺激した。電流強度ごとに1分間の Baseline, 刺激中, Post 1 (終了直後から1分間), Post 2 (終了1分後から2分後までの1分間) の解析区間を設け、心拍数および自律神経活動指標 (LF/HF) を計測した。刺激周波数は  $100 \text{ Hz}$ , パルス幅は  $250 \mu\text{s}$  とした。統計解析は、電流強度および時間要因に対して反復測定二元配置分散分析ののち、事後検定に Bonferroni 法による多重比較を行った。さらに、Baseline の LF/HF の値と刺激中の LF/HF 変化量について、Spearman の順位相関係数を求めた。有意水準は  $5\%$  とした。

【結果】反復測定二元配置分散分析の結果交互作用が認められ ( $F=1.951$ ,  $p=0.049$ )、事後検定において  $3.0 \text{ mA}$  条件のみ Baseline, Post 1, Post 2 に対して刺激中に有意な心拍数の低下を認めた ( $p=0.001$ )。一方で、LF/HF については全被験者で  $1.0 \text{ mA}$ ,  $0.2 \text{ mA}$  条件において Baseline の値と刺激中の変化量間に有意な負の相関が認められ ( $p < 0.01$ )、女性被験者では  $3.0 \text{ mA}$  条件で最も強い負の相関が認められた ( $p=0.038$ )。

【考察】左迷走神経耳枝に対する tVNS は、電流強度増大に比例して迷走神経求心線維に対する入力量が増大し、 $3.0 \text{ mA}$  条件で効果的に心拍数が低下したと考えられる。一方で、刺激前に交感神経活動優位な被験者ほど tVNS により副交感神経活動が賦活されたが、その際の tVNS の至適強度には性差があり、性差を含めた刺激強度の設定が重要であることが示唆された。

【結語】左耳甲介に対する  $3.0 \text{ mA}$  の tVNS は刺激中に心拍数を低下させ、 $1.0 \text{ mA}$ ,  $0.2 \text{ mA}$  条件では刺激前の交感神経活動が高い被験者ほど副交感神経活動が賦活された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は所属機関の倫理委員会の承認 (18429-200610) を得て行った。また、対象者には、書面および口頭にて実験内容に関する説明を十分に実施し、実験参加の同意を得た上で実施した。

## O-2-13-4

## 口述13

## 課題難易度の異なる運動練習が下肢の皮質脊髄路興奮性および抑制性に及ぼす影響

○神居 寧<sup>1,2)</sup>, 小島 翔<sup>2,3)</sup>, 大西 秀明<sup>2,3)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所 保健学専攻 理学療法学分野
- 2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所
- 3) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

## 【目的】

上肢の皮質脊髄路興奮性は反復的な運動練習によって増大し、その変化には課題難易度が関与する (Timothy et al., 2005)。一方で、下肢を用いた運動練習の難易度が皮質脊髄路興奮性および抑制性に及ぼす影響は明らかになっていない。そこで本研究の目的は、課題難易度の異なる運動練習が下肢の皮質脊髄路興奮性および抑制性に及ぼす影響を明らかにすることとした。

## 【方法】

対象は健康成人20名 ( $21.8 \pm 1.0$  歳) とし、ランダムに2群に振り分けた。運動課題は視覚追従課題とし、随意的に右足関節の背屈角度を調整することによって目標波形 (サイン波形) を追従する課題とした。課題時間は1セット1分間とし、10セット実施した。練習条件は2条件とし、単純条件群は目標波形の振幅と周波数が一定な条件とし、変動条件群は8種類 (振幅4種類、周波数2種類) の目標波形がランダムに提示される条件とした。なお、目標波形の総変化量は両群で統一した。課題成績は目標波形と調整角度とのずれ量とした。皮質脊髄路興奮性の評価には、左一次運動野に対する経頭蓋磁気刺激 (TMS) を用い、右前脛骨筋から導出された運動誘発電位 (MEP) の振幅値を指標とした。また、二連発の TMS (刺激間隔:  $3\text{ms}$ ,  $10\text{ms}$ ) を用いて、短間隔皮質内抑制 (SICI) と皮質内促進 (ICF) を計測した。TMS 計測は練習前 (pre)、練習直後 (post0)、練習30分後 (post30) に行った。運動課題の統計解析は反復プロットデザインによる分散分析 (事後検定: ダネット方) を用いた。MEP, SICI, ICF の統計解析には、ボンフェローニ補正を行った対応のある t 検定またはウィルコクソン符号付順位和検定を用いた (有意水準  $5\%$ )。

## 【結果】

運動課題成績の統計解析の結果、単純条件群では3セット目で、変動条件群では6セット目で成績がプラトーになった。単純条件群の MEP は、 $0.20 \pm 0.13\text{mV}$  (pre),  $0.27 \pm 0.11\text{mV}$  (post0),  $0.24 \pm 0.10\text{mV}$  (post30) となり、pre に対して post0 で有意差が認められた。変動条件群の MEP は、 $0.23 \pm 0.07\text{mV}$  (pre),  $0.33 \pm 0.13\text{mV}$  (post0),  $0.37 \pm 0.12\text{mV}$  (post30) となり、pre に対して post0, post30 で有意差が認められた。一方、両群の SICI および ICF は有意差が認められなかった。

## 【考察】

下肢を用いた運動練習後に MEP が増大することが報告されており (Ishikawa et al., 2018)、本研究では下肢でも運動練習後に MEP の増大が認められた。一方、変動条件群では、運動成績がプラトーになるまでのセット数が単純条件群に比べ多く、post30 まで MEP の増大が認められた。このことから、運動課題の難易度は練習後の MEP 増大の持続時間と関連する可能性が示唆された。

## 【結語】

運動練習の難易度は、練習後の MEP 増大持続時間に影響する可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言の趣旨に則り、対象者に対して書面および口頭にて研究内容を十分に説明し、同意を得た上で行った。

## O-2-13-5

## 口述13

深層学習を用いたキャプチャーモーションによる  
大脳皮質一指運動コヒーレンス解析

○前澤 仁志<sup>1,3)</sup>, 畑 豊<sup>2)</sup>, 平田 雅之<sup>3)</sup>

- 1) 関西医科大学 リハビリテーション学部
- 2) 兵庫県立大学 シミュレーション学研究所
- 3) 大阪大学 医学系研究科脳機能診断再建学共同研究講座

【目的】大脳皮質一指運動コヒーレンス(Cortico-kinematic Coherence, CKC)解析は一次感覚運動野(Primary Sensorimotor Cortex, SM1)の同定や機能評価に有効である。従来のCKC計測は加速度計で計測した指運動と脳磁場信号とのカップリングを解析していた。しかし、従来のCKC計測では磁性体である加速度計が脳磁場計測のアーチファクト源となるという課題があった。また、加速度計がスムーズな指の動きを妨げることがあった。そこで本研究では指運動時の動画をビデオ撮像し、深層学習を用いたキャプチャーモーションシステムによる皮質一指運動のコヒーレンス解析を行った。

【方法】成人12名(男性10名, 女性2名; 平均年齢25.0歳 (21-35歳))を対象に全頭型脳磁図計測装置 (Neuromag 360, Elekta Neuromag, Finland)を用いて右示指運動時の脳磁図計測を行った。被験者は一定のリズムで右示指反復運動を行い、指運動を加速度計で計測した。また、指運動はビデオカメラで同時計測し、深層学習を用いたキャプチャーモーションで解析した。

【結果】キャプチャーモーションと加速度計による右示指CKCはすべての被験者において対側(左)半球に認められた。キャプチャーモーションと加速度計によるCKCの周波数帯域は、それぞれ1.8-7.3 Hzと1.8-7.5 Hzであり、指運動の周波数帯域ならびにハーモニックな周波数帯域にピークを認めた。また、キャプチャーモーションから得られたCKCの最大振幅(平均値: 0.474)は、加速度計から得られたCKCの最大振幅(平均値: 0.530)の89.4%であった。さらに、キャプチャーモーションと加速度計により得られた電流源はともに左側大脳皮質中心溝の指SM1に同定され、キャプチャーモーションと加速度計による電流源の位置に有意差を認めなかった。

【考察】キャプチャーモーションによるCKCの値は、従来の加速度計を用いたCKC値と高い類似性(89.4%)を認め、電流源の位置にも有意差を認めなかったことから、深層学習を用いたキャプチャーモーションによるCKC計測手法は指運動の脳機能評価に有用であることが示唆された。深層学習を用いたキャプチャーモーションによるCKC計測は、加速度計等のデバイスを必要とせず、多指運動時など多点からの運動評価も可能であるという特徴を有する。

【結語】深層学習を用いたキャプチャーモーションによるCKC計測は指SM1同定に有効である。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 16469-2)の承認を得て実施した。

## O-2-14-1

## 口述14

## 膝蓋下脂肪体との共培養が前十字靭帯由来線維芽細胞の靭帯治癒関連指標に及ぼす影響

○寺田 秀伸<sup>1,2)</sup>, 小島 拓真<sup>1,3)</sup>, 高須 千晴<sup>1,2)</sup>, 川端 空<sup>1,3)</sup>, 森下 佑里<sup>4)</sup>, 峯岸 雄基<sup>1,5)</sup>, 加納 拓馬<sup>1,2,3)</sup>, 高柳 清美<sup>6)</sup>, 金村 尚彦<sup>1,7)</sup>, 村田 健児<sup>1,7)</sup>

- 1) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究所
- 2) 医療法人やつか整形外科内科 リハビリテーション部
- 3) 医療法人東西医会 草加整形外科内科 リハビリテーション部
- 4) 東京家政大学 健康科学部 リハビリテーション学科
- 5) 日本学術振興会 特別研究員DC
- 6) 東都リハビリテーション学院
- 7) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

## 【目的】

膝蓋下脂肪体(Infrapatellar Fat Pad: 以下IFP)の炎症や線維化は、関節可動域制限や膝前面部痛を引き起こし臨床問題になることがある。しかし、これらのIFPの変化が軟骨や靭帯、半月板などの周辺組織に対して与える影響に関する知見は乏しい。本研究ではIFPが靭帯に及ぼす影響を調査することを目的として、前十字靭帯(以下ACL)から培養した線維芽細胞との共培養を実施し、靭帯構成組織であるコラーゲンや線維芽細胞の増殖に関与するトランスフォーミング増殖因子 $\beta$ (以下TGF- $\beta$ )の遺伝子発現量の変化、創傷治癒試験について検証した。

## 【方法】

4週齢のWistar系雄性ラット2匹からACLを切除し、コラーゲンゼン分散法で初代線維芽細胞を採取した。細胞は10%FBSを含む $\alpha$ -MEM培地で、5%CO<sub>2</sub>、37°C、飽和湿度環境下で培養し、第3継代時に単培養(Mono-culture群)のほか、生体から採取したIFPとの共培養(Co-culture群)を0.4 $\mu$ m孔のセルカルチャーインサート(Thermo Fisher Scientific, 日本)を用いて開始した。遺伝子発現量は共培養開始から48時間後にACL由来細胞よりTotal RNAを抽出し、リアルタイム定量PCR法によってコラーゲン(COL1 $\alpha$ 1、COL3 $\alpha$ 1)、TGF- $\beta$ について調査した。創傷治癒試験は共培養開始から48時間後に均一な幅の直線傷を作成し、12、24、36、48時間後の時点で同一区域を撮像、創傷浸潤面積を算出した。統計学的解析は、遺伝子発現量は内因性コントロールであるGAPDHで補正した $\Delta$ CT値について、創傷治癒試験は同一時点での細胞浸潤面積について、対応のない検定を採用し、危険率は5%とした。

## 【結果】

Mono-culture群と比較してCo-culture群でCOL3 $\alpha$ 1およびTGF- $\beta$ のmRNA発現量に有意差は認めなかったものの、増加傾向を示した(COL3 $\alpha$ 1:1.31倍( $p=0.403$ ), TGF- $\beta$ :1.46倍( $p=0.571$ ))。創傷治癒試験は、すべての解析時点でCo-culture群の細胞浸潤面積の有意な向上を認めた(12h:  $p=0.010$ , 24h:  $p=0.003$ , 36h:  $p=0.029$ , 48h:  $p=0.001$ )。

## 【考察】

IFPがACLに及ぼす影響として、血流に乏しいACLのわずかな血管構造はIFPや滑膜に由来(Arnoczky, 1979)し、IFPの切除によって血流量は2分の1に減少する(J.Dunlap, 1989)との報告がある。しかし、共培養によりACL由来線維芽細胞の動態変化が認められた本研究結果は、細胞間相互作用をはじめとする分子相互作用といった、血流以外の要因が作用した可能性を示唆している。また、創傷治癒試験は細胞の遊走能や増殖能を評価する試験であり、ACLの損傷時やホメオスタシスにIFPが重要な役割を持つ可能性がある。今後、免疫蛍光細胞染色によるタンパク質レベルの追加検証や、IFPの炎症や線維化などの変性に着目した検証を進めていく。

## 【結語】

IFPとの共培養によりACL由来線維芽細胞の創傷治癒試験結果は有意に向上した。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は本学動物実験倫理委員会(承認番号: 2021-2)の承認を得て実施した。

## O-2-14-2

## 口述14

## 前十字靭帯損傷後の保存的治療過程におけるリハビリテーションは靭帯治療を阻害しない

○齊藤 陸<sup>1,2)</sup>, 相澤 幸夏<sup>3)</sup>, 宇佐美 優奈<sup>1)</sup>, 荒川 航平<sup>4)</sup>, 榎本 沙彩<sup>1)</sup>, 国分 貴徳<sup>5,6)</sup>

- 1) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究所 博士前期課程
- 2) 竹の塚脳神経リハビリテーション病院 リハビリテーション部
- 3) 医療法人 名圭会 白岡整形外科 リハビリテーション科
- 4) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究所 博士後期課程
- 5) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究所
- 6) 埼玉県立大学 理学療法学科

【目的】膝前十字靭帯(ACL)損傷では、自己治療能の低さから外科的再建術が一般的な治療選択だが、我々のグループでは小動物モデルにおいて、ACL完全損傷後の脛骨前方変位の制動によって損傷ACLが保存的に自己治療することを明らかにした。同時に、単なるCage Activity (CA)では回復に限界があることも示唆された。それに対し理学療法は、治療ACLの強度回復や筋萎縮などの予防・改善が期待でき、保存療法の中核をなす可能性はあるがその効果は未解明である。よって、本研究ではマウスモデルを用いてリハビリテーションが治療ACLの組織・機械特性に及ぼす影響を検証した。

【方法】8週齢の雌性C57BL/6マウス32匹を対象とした。全てのマウスでACLを非外科的に切断し、完全損傷ACLを自己治療に導く脛骨前方変位制動 (CATT)術を実施した。ACL損傷後、4週時点で2種類のリハビリテーション介入(CATTの除去 (de-CATT)・トレッドミル運動(Ex))を実施した。介入内容の組み合わせによりCA/CATT、CA/de-CATT、Ex/CATT、Ex/de-CATTの4群に分類した。損傷後8週時点で膝関節を採取した。解析は、(1)HE染色 (ACLの連続性評価)およびピロシリスレッド染色 (靭帯の成熟度を示すグレースケールの算出)、(2)脛骨前方引き出し試験による膝の弛緩性評価、(3)力学試験によるACL力学強度の計測を実施した。

【結果】HE染色では、全群でACLの治療が観察された。グレースケールは、CA/CATT群:103.5±20.8、CA/de-CATT群:117.4±17.4、Ex/CATT群:149.3±22.2、Ex/de-CATT群:141.5±15.9であり、Ex群で高い傾向を示したが、有意差は認めなかった。前方引き出し試験では、脛骨前方変位量がCA/CATT群:1.13±0.19mm、CA/de-CATT群:1.22±0.20mm、Ex/CATT群:1.02±0.25mm、Ex/de-CATT群:1.03±0.37mmであり、膝の弛緩性に有意差は認めなかった。ACLの力学強度は、CA/CATT群:2.03±0.68N、CA/de-CATT群:2.44±0.86N、Ex/CATT群:2.43±0.64N、Ex/de-CATT群:4.20±0.48Nであり、Ex/de-CATT群で高い傾向を示したが、有意差は認めなかった。

【考察】結果として、損傷後4週時点での運動介入は、治療ACLの再断裂や成熟度・力学強度の低下などの有害事象を及ぼすことはなかった。また有意差はないものの、Ex群ではACLの組織・機械特性が改善した傾向を示した。靭帯損傷後の運動介入では、運動開始のタイミング・速度・継続時間といった様々な要素が治療反応に大きく影響を及ぼす。よってこの知見をもとに、より早期もしくは高負荷の運動介入実験を行うことでACL損傷の保存的治療法の可能性を広げる、適切なリハビリテーションプログラム確立が期待できる。

【結語】ACL損傷後4週時点のマウスに対するリハビリテーションは、ACLの再断裂や力学強度の低下などの有害事象を及ぼすことはなかった。

【倫理的配慮、説明と同意】所属施設の動物倫理委員会の承認を受け、学内動物実験指針を厳守し実施した(承認番号:2021-9)。

## O-2-14-3

## 口述14

## アキレス腱断裂後の運動療法における筋収縮の必要性の解明

○米野 萌恵<sup>1,2)</sup>, 峯岸 雄基<sup>1)</sup>, 高橋 花奈<sup>1)</sup>, 高島 啓<sup>1)</sup>, 宇佐美 優奈<sup>1)</sup>, 宮本 ひまり<sup>3)</sup>, 国分 貴徳<sup>1,3)</sup>

- 1) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究所 博士後期課程
- 2) 松田整形外科 リハビリテーション科
- 3) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部理学療法学科

## 【目的】

損傷後治療過程の腱成熟にはメカニカルストレスが必要である。アキレス腱断裂後の運動療法では腱延長予防の観点から積極的な筋収縮は行わず、段階的な関節可動域の拡大が優先される。しかし、腱の治療過程で生じる周囲組織との癒着を考慮すると、術後早期の関節可動域拡大は筋の伸長で達成されると考えられ、腱への伸長負荷は僅かである。更に、筋過伸張による張力低下が筋力回復の遅延を招くと考えられる。そこで、他動関節運動では筋力低下と腱治療不全をもたらす、筋収縮運動では筋力低下の予防且つ腱治療促進に寄与すると仮説を立て、腱断裂後の筋収縮が腱治療かつ筋力回復へもたらす効果を明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

10週齢のC57BL/6雄性マウス(n=60)を使用し、外科的にアキレス腱の離断、縫合を行った。術直後より足関節固定を施し介入時以外は固定を継続した。術後2週から他動背屈ストレッチを行うStretch(St)群、腓腹筋に経皮的電気刺激を行う

Electrical muscle stimulation(EMS)群、運動介入を行わないNon-Exercise(NE)群と、その対照肢のSham群の4群に割り当てた。術後3、5週時点で対象組織を採取した。アキレス腱の組織学的解析としてPicrosirius red染色の偏光組織像をグレースケール化し、コラーゲン線維配向を定量評価した。また、引張試験により力学強度を比較した。腓腹筋の組織学的解析として、横断切片のMyosin Heavy Chain Type I, II a, II bおよびLamininの4重免疫染色より筋線維構造変化を観察した。

## 【結果】

アキレス腱のグレースケールスコアは介入群間で有意差を示さなかったが術後3週時点の腱の最大破断強度及び応力はEMS群がSt群より有意に高値となった(p<0.05)。腓腹筋の筋線維最小フェレー径はEMS群において、術後3週でNE群に対し有意に高値であった(p<0.05)。しかし、術後5週ではNE群、St群に対し有意に低値となった(p<0.05)。筋線維組成については、腱断裂を生じさせた全ての群において筋線維の速筋化が観察された。

## 【考察】

St群では腱治療促進効果をもたらさず、EMS群でより腱強度が改善した。これは、他動関節運動では腱へのメカニカルストレスは不十分であり、筋が優先的に伸長されていることが示唆され、腱治療促進には筋収縮を伴うより高強度なメカニカルストレスが有効であることを示す結果であった。一方、経皮的電気刺激による筋肥大効果は一時的であった。また、筋線維タイプ組成は3つの介入群間で類似した傾向であり、運動の違いによる質的变化は生じていなかった可能性が高い。しかしながら、群間で実際に張力変化が生じていたかは不明であり、筋肥大に効果的な運動方法についてはさらなる検討が必要である。

## 【結語】

腱治療促進には筋収縮が効果的であり、より早期に筋力回復が得られる可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は大学動物実験倫理委員会の承認のもと実施した(2020-9)。

O-2-14-4

口述14

## ラット膝関節の術後癒着に対する超音波照射強度と時間の影響の検証

○中原 峻<sup>1,2)</sup>, 伊藤 明良<sup>1)</sup>, 谷間 桃子<sup>1)</sup>,  
河合 秀紀<sup>1,2)</sup>, 趙 梓汐<sup>1)</sup>, 徐 仕軒<sup>1)</sup>, 戴 嘉<sup>1)</sup>,  
安孫子 幸子<sup>3)</sup>, 青山 朋樹<sup>1)</sup>, 黒木 裕士<sup>1)</sup>

- 1) 京都大学大学院 医学研究科人間健康科学専攻
- 2) 京都大学大学院医学研究科 日本学術振興会特別研究員 DC
- 3) 伊藤超短波株式会社 学術部

【目的】関節内の癒着は関節可動域などの運動機能を制限し、日常生活動作に大きな影響を与える。我々は2021年同学術大会にて、ラット膝関節癒着モデルにおいて、低出力超音波パルス療法(以下、超音波照射)による膝関節内癒着形成の抑制効果を報告した。しかし癒着予防治療における超音波照射の重要なパラメータは未だ不明なままである。本研究では超音波照射の強度と時間の影響を明らかにすることを目的として実験を行った。

【方法】12週齢Wistar系雄性ラット30匹に対し、内側関節包を切開後に膝関節を深屈曲位で固定することにより、膝関節癒着モデルを作製した。それらを超音波照射の強度(空間平均時間平均)と時間により、30 mW/cm<sup>2</sup>-5分(I群)、30 mW/cm<sup>2</sup>-20分(II群)、120 mW/cm<sup>2</sup>-5分(III群)、120 mW/cm<sup>2</sup>-20分(IV群)、疑似照射(疑似群)の5群に無作為に振り分け、2週間固定した(各群n=6)。固定開始翌日より、膝前方から膝蓋靭帯へ向けて週5回の超音波照射(UST-770、伊藤超短波社製)を実施した。超音波の出力周波数は1 MHzとした。2週後、軟部組織除去前後の膝関節の伸展可動域を測定した(伸展可動域、関節構成体伸展可動域)。また組織学的解析として、膝関節前方の癒着と後方関節包の長さを定量的に測定した。統計手法は超音波照射を行った4群で二元配置分散分析を用いて強度と時間の影響を検証した。また疑似照射群を対照群としてDunnett検定を行った。有意水準は5%とした。

【結果】伸展可動域は照射強度の増加により有意に増加した(p<0.05)。また疑似群に比べIII群とIV群で有意に増加した(p<0.01)。関節構成体伸展可動域は強度と時間ともに効果は認めず、交互作用も認めなかった。また疑似群に比べI群を除く3群で有意に増加した(p<0.05)。癒着長は強度または時間の増加により有意に減少した(p<0.05)。強度と時間の交互作用は認めなかった。また疑似群に比べIV群で有意に減少した(疑似群; 11.7 mm ± 3.3, IV群; 6.9 mm ± 0.8 (SD), p<0.05)。後方関節包は照射時間の増加により短縮抑制効果が減少した(p<0.01)。強度の効果や交互作用は認めなかった。また後方関節包の長さは疑似群に比べすべての超音波照射群で有意に短縮を抑制した(p<0.01)。

【考察】強度120 mW/cm<sup>2</sup>または時間20分では癒着が有意に軽減することが示され、強度や時間の増加により癒着形成の抑制効果が増大することが示唆された。超音波照射による断続的なメカニカルストレスによって炎症や線維化を抑制した可能性があり、今後はより詳細な機序の解明を要する。

【結語】超音波照射により膝関節内の癒着は減少し、強度と時間の増加は癒着形成抑制に相加的な効果があることが示された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会(承認番号: MedKyo21081)の承認を得て実施した。

O-2-14-5

口述14

## 不動性筋萎縮後のラットヒラメ筋に対する協働筋腱切除による影響

○田中正二, 間所 祥子, 山崎 俊明  
金沢大学医薬保健研究域 保健学系

【目的】不動性萎縮筋に対する早期からの強度な運動負荷は筋損傷を助長させるが、筋機能を回復させるための運動療法は重要であり、その最適な負荷や介入方法を明らかにすることは理学療法の基盤構築につながる。これまでに再荷重後の介入時期を比較した研究は乏しく、介入時期の違いが筋機能に与える影響は明らかではない。不動性萎縮筋に対する早期からの高負荷運動が筋損傷を助長させることから、再荷重早期からの負荷が筋収縮張力や持久力の回復を障害させるとの仮説のもと、ヒラメ筋の協働筋である足底筋腱切除モデルを用いて、不動性筋萎縮後の協働筋腱切除時期の違いによるヒラメ筋収縮機能特性および組織変化を明らかにすることを目的として本研究を実施した。

【方法】7週齢のWistar系雄性ラット42匹は、無作為に対照群(n=4)、14日間の尾部懸垂後に再荷重する群(n=8)、再荷重後0, 3, 7, 14日に両足底筋腱を切除する群(各n=8, 8, 8, 6)に振り分けた。両足底筋腱は麻酔下で下腿末梢部の腱を5mm程度切除した。再荷重の5週間後に両ヒラメ筋を採取し、筋湿重量を測定した後、右ヒラメ筋を用いて筋収縮機能を測定した。左ヒラメ筋は凍結横断切片を作成してヘマトキシリン-エオジン染色を行い、観察した。それぞれの定量値は、一元配置分散分析の後、Bonferroniの検定を用いて比較した。なお、有意水準は5%未満とした。

【結果】最大単収縮張力、最大強縮張力はすべての群間で有意な差は認められなかったが、筋持久力は対照群に比べて再荷重後0日に足底筋腱を切除した群において有意に向上していた(P<0.05)。組織染色画像において、再荷重した群では組織中に中心核線維が観察され、再荷重後7日および14日に協働筋腱を切除した群では壊死線維が観察された。

【考察】再荷重によって筋損傷が生じたが、仮説に反して再荷重後0日に協働筋腱を切除した群は筋持久力を向上させた。筋再生や老化によって遅筋線維比率が増加することが知られていることから、筋再生過程における筋線維タイプ変化が関与しているのかもしれない。また、再荷重のみの群、再荷重後0および3日に協働筋腱を切除した群においては、壊死線維はほぼ消化吸収されていたが、再荷重後7, 14日に協働筋腱を切除した群においては壊死線維が確認されたことは、repeated bout effectと呼ばれるような損傷耐性が向上したことを示していると推測された。これらの結果は、不動性萎縮筋に対する荷重負荷時期による違いはないものの、早期からの負荷が有効である可能性が示唆された。

【結語】不動性筋萎縮後早期からの協働筋腱切除による負荷は筋持久力を向上させ、筋損傷耐性を早期化する可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する組織の動物実験委員会(承認番号: AP-204170)の承認を得て実施した。

## P-1-1-1

## ポスター発表1

## 非荷重によって生じた関節軟骨の廃用性萎縮は生理的な再荷重によって回復する

○高橋 郁文<sup>1,2)</sup>, 松崎 太郎<sup>3)</sup>, 黒木 裕士<sup>2)</sup>, 細 正博<sup>3)</sup>

- 1) 金沢大学附属病院 リハビリテーション部
- 2) 京都大学大学院医学研究科 人間健康科学系専攻
- 3) 金沢大学大学院医薬保健総合研究科 保健学専攻

## 【目的】

メカニカルストレス、特に荷重は関節軟骨にとって組織学的および機能的維持のために必要不可欠とされる。荷重が欠如すると、軟骨厚の減少と基質染色性の低下が生じ、これらの組織学的変化は関節軟骨の廃用性萎縮として提唱された。しかし、この廃用性萎縮における回復の可能性はこれまで明らかになっていない。したがって、本研究の目的を、ラット後肢懸垂モデルを用いて脛骨軟骨に廃用性萎縮を惹起し、その後再荷重を行うことで廃用性軟骨萎縮の回復の可能性を組織学的および免疫組織化学的に明らかにすることとした。

## 【方法】

対象として9週齢のWistar系雄性ラット30匹を使用し、実験動物は対照群、後肢懸垂群、再荷重群に分けた。対照群は4、6、8週間の通常飼育を行い、後肢懸垂群は4週間後肢懸垂下で飼育を行った。再荷重群は4週間の後肢懸垂の後、2週間および4週間の再荷重を行った。後肢懸垂はワイヤーによる尾部懸垂方法を採用した。飼育期間後、両膝関節の前額面標本を作成し、一般染色としてヘマトキシリン・エオジン染色およびトルイジンブルー染色を、免疫組織化学的染色としてII型コラーゲン、アグリカン、MMP13、ADAMTS5に対する染色を行った。その後、光学顕微鏡を用いて、軟骨に対する評価として軟骨厚、基質染色性、軟骨細胞密度、層割合を計測した。また骨に対する評価として骨量と軟骨下骨厚を計測した。

## 【結果】

4週間の後肢懸垂によって、軟骨厚および基質染色性、骨量および軟骨下骨厚の有意な低下を認めた。再荷重2週によって、軟骨厚、基質染色性は対照群と同等まで回復し、細胞密度は再荷重によって有意な増加を認めた。層割合では、非荷重によって非石灰化層は有意に減少し、石灰化層は有意に増加したが、4週間の再荷重によって対照群と同等まで回復した。骨においては、対照群と同等まで回復するために骨量は2週間、軟骨下骨厚は4週間を必要とした。免疫組織化学的分析では、II型コラーゲンは実験期間を通じて有意な変化を認めなかったが、アグリカンは実験期間を通じて有意に増加した。またMMP13およびADAMTS5は非荷重によって有意に増加した。

## 【考察】

本研究の結果より、非荷重によって生じた関節軟骨の廃用性萎縮は再荷重によって回復することが明らかとなった。しかし、その詳細なメカニズムは不明な部分が多いため、さらなる検討を必要とする。今後は、免荷中における間欠的荷重の有効性や再荷重中における積極的な運動療法の回復促進効果を明らかにしていきたい。

## 【結語】

ラット後肢懸垂モデルにおいて非荷重によって生じた関節軟骨の廃用性萎縮は再荷重によって回復する

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究に関する全ての実験計画において金沢大学動物実験委員会に倫理上の審議を依頼し、承認を得て実験を行った(実験番号AP-204125)。また、実験および飼育に際しては金沢大学動物実験規程を順守して行った。

## P-1-1-2

## ポスター発表1

## カラゲニン誘発性筋炎モデルは筋損傷モデルとなり得るか

○肥田 朋子<sup>1)</sup>, 古田 大輔<sup>2)</sup>, 真境名 佑輝<sup>1)</sup>, 渡邊 晶規<sup>1)</sup>, 伊東 佑太<sup>1)</sup>

- 1) 名古屋学院大学 リハビリテーション学部
- 2) 服部クリニック リハビリテーション科

【目的】明らかに組織の損傷がある場合、疼痛が生じることは想像にたやすいが、関節不動化により明らかな組織損傷がなくても疼痛が生じることが報告されている。一方、関節の固定や安静は筋損傷の治療のためにも用いられる。つまり治療のために用いる一定期間の安静や固定が、筋組織の損傷以上に疼痛発生や組織の回復に影響を及ぼす可能性があるが明らかではない。この検証のためにまず関節不動化と共存しうる筋損傷モデルの作製を検討した。特別な装置の必要がないモデル作製方法として、薬剤投与方法が考えられるが、既存の薬物による筋損傷は広範囲にわたり、モデルとして不向きである。そこでカラゲニン誘発性筋炎が筋損傷モデルとして使用できるかどうか検討することとした。

【方法】Wistar系雄性ラット14匹を用いた。カラゲニンを一側腓腹筋に投与し24時間後に腓腹筋を採取する24h群と、投与72時間後に筋採取する72h群、生理食塩水を投与するコントロール群(CON群)に無作為に分けた。72h群とCON群は薬剤投与前、投与6・24・72時間後に皮膚と筋機械痛覚閾値を測定した。測定結果は、解析ソフトR4.0.2を用いて分割プロット分析を行った。採取した筋から凍結横断切片を作製し、連続した凍結横断切片にヘマトキシリン・エオジン染色と、抗CD-68抗体ならびに抗ジストロフィン抗体を用いた免疫組織化学染色を施し、筋損傷の程度と炎症細胞の局在を比較した。

【結果】皮膚機械痛覚閾値はいずれの時点においても72h群(34.6~38.5 g)とCON群(35.0~40.9 g)とで差はなかった。一方、筋機械痛覚閾値は両群間で有意差を認め、CON群では経時的な変化を認めなかったのに対し、72h群は投与6時間後に低値を示した。全群で刺入痕近くに損傷したと考えられる円形状が崩れた筋細胞が確認できた。24h群および72h群では炎症細胞の集積と筋細胞への浸潤が確認できた。炎症細胞は主に筋細胞間結合組織に認められ、筋細胞の貪食像はそれに比べると軽微であった。72h群では、筋細胞間結合組織にCD68陽性細胞が多数認められたが、ジストロフィンの連続性は保たれていた。24h群では72h群に比べ筋細胞間結合組織にCD68陽性細胞があまり認められなかったが、刺入部位周辺の筋細胞ではジストロフィンが不連続でCD68陽性細胞が筋細胞中に浸潤している像が確認できた。これらに比べるとCON群には、はっきりしたCD68陽性細胞は認められず、ジストロフィンの連続性も保たれていた。

【考察】カラゲニンによる筋炎は生じたが、目的としていた筋損傷は刺入による物理的なものであると考えられた。

【結語】筋損傷モデルとして本モデルを適用することは難しいと結論した。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の動物実験委員会の承認(2019-002)を得て行った。

## P-1-1-3

## ポスター発表1

## 糖尿病ラットのヒラメ筋及び長趾伸筋の筋張力低下に再荷重が与える影響

○問所 祥子, 田中 正二, 山崎 俊明  
金沢大学 医薬保健研究域保健学系

## 【目的】

本研究の目的は、非肥満の2型糖尿病モデルラットであるGoto-Kakizakiラット(GKラット)に対し、尾部懸垂法を用い廃用性筋萎縮を作成後再荷重を行い、足関節底屈筋であるとヒラメ筋と足関節背屈筋である長趾伸筋の筋張力に与える影響を明らかにすることとした。

## 【方法】

対象は8週齢のWistar系ラット(W群)32匹、GKラット(G群)32匹とした。さらにW群、G群をそれぞれコントロール群、C群(WC群、GC群)と2週間尾部懸垂する懸垂群、S群(WS群、GS群)、尾部懸垂後1週間の再荷重を行うR1群(WR1群、GR1群)、尾部懸垂後2週間の再荷重を行うR2群(WR2群、GR2群)に振り分けた(各群n=8)。実験終了後、体重測定、血糖測定を実施し、両後肢よりヒラメ筋および長趾伸筋を摘出、右両筋についてクレブスリンガー液内にて筋張力を測定した。また、左両筋の湿重量測定を行った。統計学的処理は、体重、血糖値、単収縮張力、強縮張力、筋湿重量、体重で筋湿重量を除いた相対重量比について、二元配置分散分析を用いた。交互作用がみられた場合は、W群、G群の各条件間で一元配置分散分析を行い下位検定として、Tukeyの方法を用いた。すべての統計処理はSPSS.Ver25(IBM SPSS)を使用し、有意水準は5%とした。

## 【結果】

ヒラメ筋について、相対重量比ではW群とG群間で有意差はみられず、条件間ではS群は他群に比べ有意に低値を示した。また、筋張力については、強縮張力で、W群、GK群間で有意差はみられず、各条件間ではS群は他のすべての群に比べ有意に低値を示し、また、R1群はC群、R2群より低値を示した。長趾伸筋について、相対重量比ではG群はW群に比較し有意に低値であり、各条件間ではC群、S群に比較し、R1群、R2群が有意に低値であった。交互作用がみられたため、一元配置分散分析を実施し、W群ではWC群と比較してWR1群、WR2群が有意に低値を示し、G群ではGS群と比較してGC群、GR1群、GR2群は有意に低値を示した。また、ラット種間ではW群とG群間に有意差があり、G群が低値を示した。また、筋張力については、強縮張力で、G群とW群で有意差はみられず、S群は他のすべての群に比較し有意に低値を示した。

## 【考察】

ヒラメ筋については、W群とG群の間に有意差はみられず、同様の萎縮・回復傾向を示した。一方、長趾伸筋については相対重量比で、GS群で萎縮がみられず、それに反して筋張力は低下しており乖離がみられた。G群の長趾伸筋の筋張力が低下していたことは、糖尿病による神経系への影響が考えられた。

## 【結語】

糖尿病ラットの長趾伸筋は萎縮、筋力低下を起こしやすい傾向にある。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は発表者が所属する組織の動物実験委員会(承認番号: AP-184002)の承認を受けて行った。

## P-1-1-4

## ポスター発表1

プレコンディショニング収縮は損傷性収縮後のCa<sup>2+</sup>依存性STAC3の分解を防止し筋機能の回復を促進する

○芦田 雪<sup>1,2)</sup>, 木村 伊織<sup>1)</sup>, 徳田 奈央<sup>1)</sup>, 内藤 雷<sup>1)</sup>, 山内 菜緒<sup>1)</sup>, 山田 崇史<sup>1)</sup>

1) 札幌医科大学大学院 保健医療学研究科  
2) 日本学術振興会 特別研究員

## 【目的】

過度の伸張性収縮(ECC)後に生じる筋張力低下の遷延には、ジヒドロピリジン受容体(DHPR)からリアノジン受容体(RyR)への興奮収縮連関不全を要因とした、筋小胞体からのCa<sup>2+</sup>放出量の低下が関与する。一方、事前に非損傷性のECCをプレコンディショニング収縮(PC)として負荷しておくこと、その後、損傷性ECCにより生じる張力低下からの回復が促進される。本研究では、ECC後の張力低下の遷延ならびにPCの効果のメカニズムを明らかにするために、DHPRとRyRの機能連関に重要な役割を果たすことが新たに同定されたSH3 and cysteine-rich protein(STAC3)に着目し検討を行った。

## 【方法】

ラットを、電気刺激により下腿三頭筋に損傷性収縮(ECC100回)のみを負荷するNon-PC群と、その2日前にPC(ECC10回)を負荷するPC群に分け、損傷前から損傷4日後まで等尺性足関節底屈トルクを測定した。いずれの群においても、損傷直後、1、4日後に腓腹筋内側頭を摘出し分析に供した。

## 【結果】

Non-PC群では損傷直後から発揮トルクの低下が認められ、それは損傷4日後においても完全に回復しなかった。これに対し、PC群では損傷直後にトルクの低下は観察されたものの、損傷1日後から著明な回復が認められ、4日後には発揮トルクはほぼ完全に回復した。また、Non-PC群では損傷1、4日後において、炎症細胞の浸潤を伴う細胞膜損傷、カルパイン1の活性増大、STAC3の発現量低下が認められたが、PCはこれらの変化を全て防止した。さらに、*in vitro*の実験系において、STAC3の分解はCa<sup>2+</sup>濃度(0.2-20 μM)依存性に生じ、それはカルパイン阻害薬であるMDL-28170により抑制されることが示された。

## 【考察】

この10年ほどの間に、STAC3がDHPRのII-IIIループに結合し、DHPRとRyRとの機能連関を担うタンパク質であることが示され、興奮収縮連関の理解が大きく前進した。本研究の結果、損傷性ECC後の筋においてSTAC3の減少が認められたことから、これがDHPRとRyRの連関不全や、それを原因とする筋小胞体からのCa<sup>2+</sup>放出量の低下に寄与することが示唆された。さらに、PCは、過度のECCに伴う細胞外からのCa<sup>2+</sup>流入によるカルパイン依存性のSTAC3分解を防止することで機能回復に寄与することが示された。

## 【結語】

ECC後の張力低下の遷延には、筋細胞膜の損傷を起点としたCa<sup>2+</sup>/カルパイン依存性のSTAC3の分解による興奮収縮連関障害が関与すること、また、PCは、これらの変化を防止することで、筋機能の回復を促進することが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会(承認番号: 19-049\_20-088)の承認を得て実施した。

## P-1-1-5

## ポスター発表1

### ラットヒラメ筋の廃用性筋萎縮に対するベルト電極式骨格筋電気刺激の効果—FOXOならびにPGC-1 $\alpha$ の動態に着目して—

○高橋 あゆみ<sup>1,2)</sup>, 梶原 康宏<sup>1,2)</sup>, 本田 祐一郎<sup>3)</sup>, 坂本 淳哉<sup>3)</sup>, 沖田 実<sup>3)</sup>

- 1) 長崎大学大学院 医士薬学総合研究科医療科学専攻理学療法学分野
- 2) 長崎大学病院 リハビリテーション部
- 3) 長崎大学 生命医科学域 (保健学系)

## 【目的】

廃用性筋萎縮の進行には筋構成タンパク質の分解亢進が強く影響し、このメカニズムの一端にはforkhead box protein O (FOXO)の発現亢進ならびにperoxisome proliferator activated receptor  $\gamma$  coactivator (PGC)-1 $\alpha$ の発現低下を契機としたatrogin-1およびmuscle ring-finger protein (MuRF)-1の発現亢進が関与すると報告されている。一方、ベルト電極式骨格筋電気刺激 (B-SES)は広範囲の骨格筋に対して同時に筋収縮運動を促すことができるため、従来の電気刺激装置よりも廃用性筋萎縮の進行抑制効果が高いとされている。しかし、上記の分子機構を含め、その生物学的機序は不明で、刺激条件の違いによる影響も明らかにされていない。そこで、本研究では不動化したラットヒラメ筋を検索材料に用い、これらの点を検証した。

## 【方法】

実験動物には8週齢のWistar系雄性ラット39匹を用い、1)無処置の対照群 (n=10)、2)両側足関節を最大底屈位で2週間ギプスで不動化する不動群 (n=9)、3)不動の過程でB-SESによる筋収縮運動を1:3の刺激サイクルで20分間行うB-SES①群 (n=9)、同様に4)1:1の刺激サイクルで15分間行うB-SES②群に振り分けた (n=11)。そして、B-SES①・②群に対しては、刺激周波数50Hz、刺激強度4.7mAの条件で、1回/日 (6日/週)の頻度で延べ2週間、B-SESによる筋収縮運動を負荷した。実験期間終了後は両側ヒラメ筋を採取し、右側ヒラメ筋から作製した凍結横断切片にはATPase染色を施し、type I・II線維の筋線維横断面積 (CSA)を計測した。一方、左側ヒラメ筋の一部はウェスタンブロット法に供し、総FOXOならびにリン酸化FOXOのタンパク発現量を定量した。また、一部はreal time RT-PCR法に供し、PGC-1 $\alpha$ やatrogin-1, MuRF-1のmRNA発現量を定量した。

## 【結果】

type I・II線維のCSAは不動群、B-SES①・②群ともに対照群より有意に低値を示したが、タイプI線維でのみB-SES②群が不動群より有意に高値を示した。次に、リン酸化FOXOに対する総FOXOの比率は不動群が対照群より有意に高値を示し、B-SES②群は不動群より有意に低値を示した。また、PGC-1 $\alpha$ のmRNA発現量は不動群とB-SES①群が対照群より有意に低値を示したが、B-SES②群は対照群との有意差を認めなかった。加えて、atrogin-1とMuRF-1のmRNA発現量はいずれも不動群、B-SES①・②群が対照群より有意に高値を示したが、B-SES②群は不動群より有意に低値を示した。

## 【考察】

今回の結果から、B-SES②群にのみラットヒラメ筋の廃用性筋萎縮の進行抑制効果が認められ、これには総FOXOの発現抑制とPGC-1 $\alpha$ の発現促進を介したatrogin-1ならびにMuRF-1の発現抑制が関与していると推察される。

## 【結語】

B-SESを用いた廃用性筋萎縮の予防には、筋収縮頻度が重要な要素であることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本実験は長崎大学動物実験委員会で承認 (承認番号: 1903281524)を受けた。

## P-1-1-6

## ポスター発表1

### 筋損傷後のリンパ管は毛細血管よりも早く変化する

○田村 悠磨<sup>1)</sup>, 川島 隆史<sup>2,3)</sup>, 紀 瑞成<sup>1,4)</sup>, 縣 信秀<sup>5)</sup>, 伊東 佑太<sup>6)</sup>, 河上 敬介<sup>1,4)</sup>

- 1) 大分大学大学院 医学系研究科 理学療法研究領域
- 2) 医療法人社団唱和会 明野中央病院 医療技術部 リハビリテーション科
- 3) 大分大学 福祉健康科学部 客員研究員
- 4) 大分大学 福祉健康科学部 理学療法コース
- 5) 常葉大学 保健医療学部 理学療法学科
- 6) 名古屋学院大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

【目的】筋線維間に存在するリンパ管や毛細血管は、筋損傷後の回復過程において、筋組織間質液等のクリアランスや筋線維の新生に重要な役割を果たすと考えられるが、その全容は不明である。そこで本研究の目的は、筋損傷後の筋線維の新生過程とリンパ管・毛細血管の変化との関係を明らかにすることである。

【方法】10週齢のC57BL/6J雄性マウスの左前脛骨筋に対し、伸長性収縮 (lengthening contractions: LC)を与え、筋損傷モデルを作製した (LC群)。LC群は、LC実施2、4、7日後に筋を採取し、2 day群、4 day群、7 day群とした。また、対照群としてLC非実施のControl (CON)群を作製した (各n=6)。組織学的評価として、採取した筋に対しHE染色を行い、新生筋線維と考えられる中心核筋線維の割合や横断面積を調べた。また、抗LYVE-1抗体と抗CD31抗体を用いた二重免疫組織化学染色にてリンパ管と毛細血管を同定し、数と面積を測定した。なお、筋機能評価として、LC実施前と筋採取直前に最大足関節背屈トルク (最大トルク)を測定した。

【結果】HE染色像の観察では、2 day群や4 day群で損傷筋線維や核の集積を認めた。中心核線維はCON群、2 day群では認めず、4 day群で全筋線維の0.05 $\pm$ 0.06%、7 day群で16.2 $\pm$ 10.5%の割合で認めた。中心核線維の横断面積は4 day群 (167.8 $\pm$ 170.8  $\mu$ m<sup>2</sup>)に比べ7 day群 (883.9 $\pm$ 75.3  $\mu$ m<sup>2</sup>)で有意に大きかった (p<0.01)。7 day群の最大トルク (1.05 $\pm$ 0.11 mNm)はCON群 (1.52 $\pm$ 0.11 mNm)に比べ有意に小さかった (p<0.01)が、2 day群 (0.70 $\pm$ 0.16 mNm)や4 day群 (0.82 $\pm$ 0.13 mNm)に比べ有意に大きかった (p<0.01)。リンパ管数は、4 day群の (144.8 $\pm$ 23.9 個/mm<sup>2</sup>)が他の群に比べ有意に高値を示した (p<0.01)。4 day群のリンパ管面積 (91.8 $\pm$ 32.1  $\mu$ m<sup>2</sup>)はCON群 (45.3 $\pm$ 17.1  $\mu$ m<sup>2</sup>)と7 day群 (47.5 $\pm$ 12.6  $\mu$ m<sup>2</sup>)に比べ有意に大きかった (p<0.01)。7 day群の毛細血管数 (1081.1 $\pm$ 155.2 個/mm<sup>2</sup>)は他の群に比べ有意に高値を示した (p<0.05)。一方、毛細血管面積は群間で有意な差はなかった。

【考察】リンパ管は、損傷筋線維や核の集積が観察され炎症反応が生じていると想定されると共に中心核筋線維が現れ始める時期に増加し、損傷筋線維が減少し炎症反応が治まると共に中心核筋線維が成長する時期に元の数に戻ると考える。一方、毛細血管は中心核線維が成長する時期にリンパ管に遅れて増加すると考える。リンパ管の新生は血管新生抑制因子を抑制し毛細血管の新生を促すとの報告もある (Pu, 2021)。リンパ管や毛細血管の役割を考慮すると、これらの増加や減少の時期は妥当であると考えられる。

【結語】筋損傷からの回復過程でリンパ管は損傷4日目、毛細血管は7日目に増加し、それぞれの回復の時期に重要な役割を担うと考える。現在、これらの変化のメカニズムや、役割の検証を行っている。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、大分大学動物実験委員会の承認を得て実施した (承認番号: 185701)。本研究に関わる開示すべき利益相反はない。

## P-1-2-1

## ポスター発表1

## 深度センサを用いた肩甲骨上方回旋角度測定の妥当性の予備的検討

○井原 拓哉<sup>1)</sup>, 牧野 浩二<sup>2)</sup>, 山田 英莉久<sup>3)</sup>,  
山本 皓子<sup>3)</sup>, 塚本 和也<sup>3)</sup>, 二村 昭元<sup>1)</sup>,  
藤田 浩二<sup>1)</sup>

- 1) 東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科 運動器機能形態学講座  
2) 山梨大学大学院 総合研究部  
3) 東京医科歯科大学大学院 医歯学総合研究科 整形外科学

## 【目的】

肩関節運動障害の治療では、初期症状として現れる肩甲骨の僅かな運動の異常を検出し、正しく評価することが重要であるとされている。しかしながら、臨床現場では視診や触診を基に評価が行われており、多くの場合定量評価は行われていない。様々な定量評価法は存在するが、高価で特殊な設備が必要であること、侵襲を伴うことなどから一般的な臨床現場への導入は容易でなく、普及していない。従って、現場への導入が容易な機器を用いて、非侵襲的かつ高精度に肩甲骨運動を定量化することが、肩関節障害の治療・予防に必要な不可欠である。そこで、本研究では近年、安価に入手でき、精度も大幅に向上した深度センサを利用した肩甲骨運動の異常検知技術を確認することで、臨床現場における肩関節障害の治療および予防の発展に貢献することを目的とする。本研究では予備的検討として、深度センサを用いて算出する上肢下垂時の肩甲骨上方回旋角度の妥当性の検討を行った。

## 【方法】

対象は肩関節に愁訴のない健常成人男性4名8肩であった。上肢を下垂した状態での安静座位中に、Azure Kinect DK (Microsoft社製)の深度カメラおよびRGBカメラを用いて、身体背面の色、深度情報を30frames/sで取得し、3次元点群データを作成した。作成した点群データから皮膚の膨隆の程度の情報を用いて、肩甲骨内側縁および肩甲骨棘の位置を推定し、三次元空間における肩甲骨の上方回旋角度を推定値として算出した。また、触診に基づいて同定した肩甲骨内側縁に沿った2個のカラーマーカーから算出する角度を、真値として用いた。各肩において2試行ずつ実施し、計16試行のデータを使用した。推定値には連続する10frameの平均値を、真値には1frameの値を用いた。妥当性の検討として、真値に対する推定値の差の絶対値の和の平均値 (Mean Absolute Error : MAE) および、真値と推定値の相関係数を算出した。解析にはPython 3.8を使用した。

## 【結果】

MAEの平均値±標準偏差は $6.2 \pm 5.4^\circ$ であった。相関係数は $r = 0.49$  ( $p = 0.05$ )であった。

## 【考察】

本研究の結果、真値と測定値との相関係数は有意にはならなかったものの、MAEは十分小さく、深度センサを用いた肩甲骨角度の推定は、実用に足る可能性がある。しかしながら、症例数が少なく、健常例のみでの検討であったため、今後は症例数を増やすとともに挙上位や挙上動作中の角度、肩関節障害を有する患者を含めた検討を進めるとともに、精度を高めていく必要がある。

## 【結語】

深度センサを用いた肩甲骨角度の推定は、実用に足る可能性がある。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、ヘルシンキ宣言に沿った研究であり、発表者が所属する施設の研究倫理委員会 (承認番号: M2021-295) の承認を得て実施した。

## P-1-2-2

## ポスター発表1

## 健常者における上肢挙上角度に及ぼす肩甲骨3次元動態の影響

○乾 哲也<sup>1,2)</sup>, 佐原 亘<sup>3)</sup>, 吉尾 雅春<sup>1)</sup>

- 1) 千里リハビリテーション病院 セラピー部  
2) 大阪大学大学院医学系研究科 運動器バイオマテリアル学  
3) 大阪大学医学部付属病院 リハビリテーション部

【目的】最終域での上肢挙上角度の差を臨床で経験するが、その差が何に起因しているかは十分に明らかにされていない。その理由としては肩甲骨の動態を正確に把握することが困難であることが挙げられる。我々は初めて2D/3D registration法を用いて体幹に対する肩甲骨、上腕骨の動態を明らかにし、上肢挙上角度の差が何に起因するのか解析したので報告する。

【方法】対象は健常人15名15肩 (男性13名、女性2名、平均年齢27.7歳)とした。上肢の最大挙上角度を角度計で計測し、その平均値でHigh群とLow群にわけた。肩関節屈曲、肩甲骨面挙上、外転動作を行い2D/3D registration法を用いて動態解析を行った。肩甲骨及び肩甲骨上腕関節の三次元動態は二元配置反復測定分散分析を用いて比較し、多重比較にはpost hoc検定 (tukeyのLSD) を実行した ( $P < 0.05$ )。

【結果】角度計による挙上角度の平均値は172度であり、High群8名、Low群7名に分かれた。肩甲骨内旋は屈曲 (挙上105°以上;  $P < 0.05$ )、肩甲骨面挙上 (挙上120°以上;  $P < 0.01$ )、外転 (挙上135°以上;  $P < 0.01$ ) すべてにおいてHigh群よりLow群の方が有意に10~25°大きかった。また屈曲の最大挙上位のみ有意差を認め ( $P = 0.0157$ )、肩甲骨はLow群よりもHigh群の方が13.5°後傾していた。肩甲骨の上方回旋、肩甲骨上腕関節での回旋角度と並進移動では有意差を認めなかった。

【考察】3D electromagnetic devicesを用いた先行研究と比較すると、結果はおおむね一致している結果となった。しかしながらこの研究手法では、測定誤差が上肢挙上120°以上では大きくなると報告されている (Karduna AR et al., 2001)。今回我々は体幹に対する肩甲骨と上腕骨の動きを評価することに成功し、上肢挙上角度全域にわたって肩甲骨動態を正確に評価できた。

【結語】いずれの挙上面で上肢を挙上しても、肩甲骨が内旋していると上肢の挙上角度が小さくなることが明らかとなった。より高い挙上角度を獲得するには、肩甲骨上腕関節の動きよりも肩甲骨の動きに着目することが有効であろうと考えられた。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会 (承認番号: 10189) の承認を得て実施し、全被検者にインフォームドコンセントを行い、研究の同意を得た。

## P-1-2-3

## ポスター発表1

## 上肢挙上時と下降時の肩甲骨周囲筋活動比率の違い

○井尻 朋人<sup>1)</sup>, 鈴木 俊明<sup>2)</sup>

1) 医療法人寿山会 喜馬病院

2) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

## 【目的】

肩関節有疾患者では上肢挙上時に肩甲上腕関節の筋だけでなく、肩甲骨周囲筋にも異常な筋活動が生じる。特に、前鋸筋 (SA) や僧帽筋下部 (LT) の筋活動が減弱し、代償的に僧帽筋上部 (UT) の筋活動が増大しやすい。また、上肢挙上だけでなく、下降時に疼痛や動作困難を訴える症例も多い。上肢下降時には挙上時と異なる肩甲上腕リズムが報告されており、筋活動も異なることが考えられる。このように、上肢挙上や下降時の肩甲骨周囲筋活動バランスを評価し、動作を改善させる必要があるが、正常値は明確ではない。本研究では、若年健常者における正常値を調査し、挙上時と下降時の特徴を分析した。

## 【方法】

対象は、神経学的疾患のない健常男性26名 (年齢 $27.2 \pm 2.7$ 歳) とした。課題は、下垂位から肩関節屈曲90度までを2秒で屈曲させ (挙上低角度)、さらに2秒かけて90度から最大屈曲位まで屈曲させた (挙上高角度)。その後、最大屈曲位から2秒かけて90度位まで下降させ (下降高角度)、最後に90度から下垂位まで2秒間で下降させた (下降低角度)。この時のSA、UT、僧帽筋中部 (MT)、LTの筋活動を測定した。さらに、正規化のために屈曲MMT段階5の筋活動も測定した。解析には、各運動範囲の筋電図積分値のを算出後、屈曲MMT時の筋電図積分値で相対化した。最後に、UTに対する各筋の筋活動比率を示すUT/SA、UT/MT、UT/LTを計算し、挙上時と下降時の特徴を分析した。

## 【結果】

左右で同様の傾向であったため、右の結果を示す。挙上低角度のUT/SAは0.66、UT/MTは2.34、UT/LTは0.87であり、挙上高角度のUT/SAは0.83、UT/MTは2.37、UT/LTは0.71となった。一方、下降高角度では、UT/SAは0.98、UT/MTは2.65、UT/LTは1.25であり、下降低角度ではUT/SAは1.00、UT/MTは2.13、UT/LTは1.64であった。全体的に、挙上より下降で値が大きくなり、またUT/MTはUT/SAやUT/LTより値が大きかった。

## 【考察】

本研究の結果は上肢挙上、下降時の正常値であり、有疾患者の筋活動比率を分析する上での基準となる。挙上に対し下降ですべて値が大きかったことから、下降時にはSA、MT、LTに対してUTの筋活動が大きくなるといえる。有疾患者では、UTの筋活動が増大し、SA、LTの筋活動が減弱しやすいことから、肩甲骨周囲筋活動のバランスを整えるためには、下降を用いた運動は適切ではない可能性が考えられた。逆にいうと、肩甲骨が下方回旋していく下降時にはSAやLTではなく、同じ上方回旋作用を持つUTの遠心的な収縮で肩甲骨運動を主に制御していると考えられた。

## 【結論】

本研究では、上肢挙上、下降時における肩甲骨周囲筋活動の比率の正常値を示した。下降では挙上よりUTの割合が大きくなる傾向があり、UTの遠心性収縮を用いて肩甲骨運動を制御している可能性が考えられた。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が属する施設の研究倫理委員会 (承認番号: 2021001) の承認を得た。

## P-1-2-4

## ポスター発表1

## 結帯動作と肩甲帯屈曲を許容した肩関節伸展位の内旋可動域の関係性について

○白井 孝尚<sup>1)</sup>, 井尻 朋人<sup>2)</sup>, 鈴木 俊明<sup>3)</sup>

1) 医療法人 寿山会 法人リハビリテーション部

2) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

## 【目的】

我々は結帯動作の評価に肩関節伸展位での内旋可動域測定が有用であることを報告した (白井ら, 2021)。しかし、この方法における肩関節内旋可動域は $14.9 \pm 4.1^\circ$ であり、可動域が小さいため、肩関節疾患を有する患者への活用が困難と予測された。可動域が小さくなった要因として、肩関節内旋可動域の測定時に測定者が肩甲帯屈曲を制御したためと考えた。そのため、肩甲帯屈曲を許容した肩関節伸展位の内旋可動域であれば可動域は大きくなり、使いやすい評価になると考えた。そこで本研究では、肩甲帯屈曲を許容した肩関節伸展位での内旋可動域と手を後方に回し母指と第7頸椎棘突起との距離に相関関係を有するのかを調査した。

## 【方法】

対象は健常成人18名 (男性11名、女性7名) とした。年齢は $25.1 \pm 2.9$ 歳であった。測定課題は肩甲帯屈曲を許容した肩関節伸展位での内旋可動域と結帯動作とした。方法は、背臥位にて肩関節 $30^\circ$  伸展位での内旋可動域を測定した。この時、肩関節内旋時に生じる肩甲帯屈曲は許容した。また、結帯動作は手を後方に回させ、母指と第7頸椎棘突起との距離を測定した。対象者の体格差を考慮するため、この測定した距離から第7頸椎棘突起と第5腰椎棘突起の距離で相対化した値を算出した。この結果を結帯距離と、Pearsonの積率相関を用いて、肩甲帯屈曲を許容した肩関節伸展位での内旋可動域と結帯距離の相関関係を分析した。有意水準は5%とした。

## 【結果】

肩甲帯屈曲を許容した肩関節伸展位での内旋可動域と結帯距離の相関関係は、 $r = -0.53 (p < 0.05)$ であり、有意な負の相関を認めた。また、肩甲帯屈曲を許容した肩関節伸展位での内旋可動域は $18.9 \pm 5.5^\circ$ であった。

## 【考察】

本研究より、肩甲帯屈曲を許容した肩関節伸展位での内旋可動域と結帯距離には相関関係があることが示された。先行研究で報告した肩甲帯屈曲を制御した肩関節伸展位での内旋可動域が $14.9 \pm 4.1^\circ$ に対し、本研究の肩甲帯屈曲を許容した肩関節伸展位での内旋可動域は $18.9 \pm 5.5^\circ$ であった。このことから、先行研究に比べ本研究の方法を用いることができる対象者の幅は広いと考える。しかし、日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会が定めた肩関節内旋可動域よりは小さく、肩関節疾患を有する患者に今回の方法が実施可能かは不明である。今後は肩関節疾患を有する患者に適用できるのかを調査していきたいと考える。

## 【結語】

肩甲帯屈曲を許容した肩関節伸展位での内旋可動域は結帯動作の評価に有用と考える。しかし、肩関節疾患を有する患者に適用されるかは調査が必要である。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会 (承認番号: 2020001) の承認を得て実施した。

## P-1-2-5

## ポスター発表1

## Box and Block Testの運搬相における肘関節トルクによるパワーの評価

○榊原 時生<sup>1,2)</sup>, 仰木 裕嗣<sup>3)</sup>

- 1) 湘南慶育病院 リハビリテーション部  
2) 慶應義塾大学 SFC研究所  
3) 慶應義塾大学 政策・メディア研究科

## 【目的】

本研究では、脳卒中患者の上肢機能の評価の一つであるBox and Block Test (BBT)のブロックを運んでいる期間(運搬相)における前腕のパワーおよびそれを構成する成分に着目して解析した。脳卒中患者の回復過程において、それらの成分がどのように変化するのか、BBTの点数およびFugl Meyer Assessmentの点数とどのような関係があるのかを明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

対象は当院回復期病棟に入院中の脳卒中患者13名(69.7±12.7歳)と、脳卒中および上肢に整形外科的な疾患の既往のない健常者12名(48.1±28.0歳)とした。脳卒中患者の計測は、入院期間中に1ヶ月の期間を空けて2度、麻痺側のみの計測を実施した。健常者の計測は、左右1試行ずつを同日に計測した。計測はモーションキャプチャシステム(Vicon社製)を用いて行い、関節の位置座標を取得した。運動力学的な変数は、剛体リンクセグメントモデルによって上肢をモデル化し、ニュートン・オイラーの運動方程式を解いて算出した。

## 【結果】

脳卒中患者の1回目と2回目におけるBBTの点数は、10名の患者でMCDを超える改善を示した。また、BBTの運搬相における前腕のパワーに対する肘関節トルクのパワー(%)は、1回目の試行群より2回目の試行群で増大した(Mann-WhitneyのU検定:  $p < 0.05$ )。肘関節トルクのパワーは、前腕のパワーに対して、健常者では平均156.0%であったのに対し、脳卒中患者の1回目では平均74.9%、2回目では平均100.6%であった。BBTの点数と前腕のパワーに対する肘関節トルクのパワーとの相関係数は $r = 0.58$ 、FMAの点数と前腕のパワーに対する肘関節トルクのパワーとの相関係数は $r = 0.72$ であった。

## 【考察】

健常者において、前腕のパワーを構成する成分は、肘関節トルクによるパワーが大半を占めている。脳卒中患者の2回目の試行群において、前腕のパワーに対する肘関節トルクによるパワーが増大し、健常者との差分が減少したことから、BBTの運搬相における上肢の制御が代償によるものではなく、健常者の制御に近づくように改善したことが示唆された。BBTの点数との相関係数よりも、FMAとの相関係数が大きかったことから、肘関節トルクによるパワーに着目することで、上肢の身体機能の改善を判断する新たな評価指標となり得ることが示唆された。

## 【結語】

上肢機能の評価の一つであるBBTの運搬相において、肘関節トルクによるパワーを観察することは、上肢の制御の変化が身体機能の改善によるものか、あるいは代償によるものかを判断することができる新たな評価指標の一つとなり得ることが示された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、当院の倫理審査の承認を得て実施した(承認番号: 21-026)。

## P-1-2-6

## ポスター発表1

## 腸腰筋が表層に描出される部位について一超音波画像診断装置での検討—

○楠 貴光<sup>1)</sup>, 大沼 俊博<sup>1)</sup>, 伊藤 翼宙<sup>1)</sup>, 鈴木 俊明<sup>2)</sup>

- 1) 園部病院 リハビリテーション科  
2) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

## 【目的】

腸腰筋の機能低下により、立位保持や歩行動作の実用性が低下することを経験する。これまで腸腰筋の筋活動に関する検討では針電図を用いられることが多く、表面筋電図を用いた検討も行われているが、電極位置は明確となっていない。本研究では、腸腰筋が表層に描出される部位について、超音波画像診断装置を用いて検討し、表面筋電図で電極貼付位置の検討を行った。

## 【方法】

対象は、健常成人男性11名の22肢とし、測定肢位は背臥位とした。超音波画像の測定は、SONON300Lと、そのアプリsononX (HEALCERION社製)機能が搭載されたiPad Air (apple社製)を用いた。超音波画像の描出として、測定側の上前腸骨棘を通り、両側の上前腸骨棘を結ぶ線に対する垂線を規定した。その交点をA0とし、そこから1cmずつ8cm下方までを各々A1からA8とした。そして合計9か所にプローブを配置して超音波画像を描出することとした。プローブを股関節部の前面に対して垂直かつ皮膚や皮下組織を圧迫しないようにあて、画像を描出した。そして各部位ごとに外側から1cm単位に腸骨筋と大腰筋が表層に描出されるかを確認し、集計した。

## 【結果】

腸骨筋が表層に描出された部位を以下に示す。A1の外側0-1cmで15肢、A2の外側0-1cmで22肢、外側1-2cmで19肢、A3の外側1-2cmで14肢、A4の外側2-3cmで18肢、A5の外側2-3cmで20肢、3-4cmで17肢、A6の外側3-4cmで17肢、A7の外側3-4cmで15肢であった。なお、大腰筋が表層に描出された部位はなかった。

## 【考察】

今回、腸骨筋が表層に描出された部位は、単径靭帯と類似するように内下方に向かって広がっていた。また、単径靭帯から内腹斜筋が起始することからも、単径靭帯よりも上方では、腸骨筋の表層に内腹斜筋が位置すると考えられる。さらにA3からA6の外側0-1cm、A7の外側0-2cm、A8の外側0-3cmでは、表層に縫工筋が描出され、その深層に腸骨筋が描出された。よって、表面筋電図にて腸骨筋の計測が可能な部位は、単径靭帯より下方かつ、縫工筋より内側の部位になると考えられる。また、今回の計測において大腰筋は、全対象で表層に描出されなかった。河上らは、大腰筋の筋腹は単径靭帯の高さ付近まで存在し、単径靭帯より遠位ではほとんど存在しないとしている。解剖学的にも単径靭帯より内側上方では、表層に内腹斜筋が位置しており、大腰筋が表層に描出されなかったと考える。

## 【結語】

今回、腸骨筋の描出が可能な領域は、単径靭帯より下方かつ、縫工筋より内側であり、この部位において腸骨筋の表面筋電図での計測が可能であることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 21-01)の承認を得て実施した。

## P-1-2-7

## ポスター発表1

## Iliocapsularisの作用の検討ー筋伸長による弾性率の変化に着目してー

○巖田 光里<sup>1)</sup>, 八木 優英<sup>1)</sup>, 建内 宏重<sup>1)</sup>, 所 桃花<sup>2)</sup>, 市橋 則明<sup>1)</sup>

1) 京都大学大学院 医学研究科

2) 神戸市立医療センター中央市民病院 リハビリテーション科

## 【目的】

Iliocapsularisは股関節前方の関節包に付着し、その筋張力により関節包の機能を強化し股関節の安定化に関わると考えられている。これまでにiliocapsularisの解剖学的な特徴は明らかとなってきたが、生体内でのiliocapsularisの機能は明らかではなく、その作用でさえ解明されていない。そこで、本研究の目的は超音波診断装置せん断波エラストグラフィ(以下、SWE)を用いて、iliocapsularisの作用を明らかにすることとした。

## 【方法】

対象は健康若年女性15名(年齢22.5±1.3歳)とし、右下肢のiliocapsularisで計測を行った。測定部位は、下前腸骨棘の内下方を基準として、筋腹が中央になる部位とした。弾性率測定にはSWEを用いた。測定肢位は以下の7肢位とした；①安静肢位(股関節屈曲0°、外転0°、外旋0°)、②屈曲15°、③伸展15°、④外転15°、⑤内転15°、⑥外旋15°、⑦内旋15°。対象者には完全に脱力するように指示し、ベルトで骨盤を十分に固定した。弾性率の計測は各肢位につき3回行い、平均値を解析に用いた。弾性率は筋が伸長されるほど高い値を示し、筋の伸長量はその筋のモーメントアームと反対方向の関節角度変化量に影響を受ける。そして、筋の作用はその筋のモーメントアームの向きで決まるため、本研究では関節運動に伴う弾性率を比較することで筋の作用を推定した。Holm補正を用いたWilcoxonの符号順位付検定で安静肢位と各肢位の弾性率、屈曲-伸展間、外転-内転間、外旋-内旋間の弾性率をそれぞれ比較した。有意水準は5%とした。

## 【結果】

級内相関係数ICC(1,3)は全ての肢位で0.913以上であり、測定の高い再現性が認められた。各肢位の弾性率の中央値(単位:kPa)は以下の通りである；安静肢位12.9、屈曲6.8、伸展17.7、外転10.2、内転9.2、外旋14.7、内旋9.9。Iliocapsularisの弾性率は安静肢位と比較して、屈曲で有意に低値を示し、伸展で有意に高値を示した。また、屈曲と比較して伸展で弾性率が有意に高値を示した。

## 【考察】

本研究結果より、iliocapsularisは伸展位で有意に伸長されていることから、屈曲の作用を有するといえる。また、統計的に有意ではないものの外旋で伸長される傾向があった。しかし、伸長量の程度には個人差が大きく、骨形態などがiliocapsularisの作用に影響している可能性がある。今後は男性被験者も対象とし、骨形態との関係を明らかにする必要がある。

## 【結語】

弾性率の変化から筋の作用を検討した結果、iliocapsularisは股関節屈曲の作用を有することが示された一方で、内外転や内外旋の作用については明確な傾向は認められなかった。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言を遵守し、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: R0881-6)の承認を得て実施した。また、対象者には十分な説明を行い、書面にて同意を得た上で研究を実施した。

## P-1-2-8

## ポスター発表1

## 超音波画像診断装置を用いた大腰筋および大腿直筋の筋厚計測における信頼性と股関節屈曲角度-トルク特性との関係

○伊藤 和寛<sup>1)</sup>, 齋藤 恒一<sup>1)</sup>, 山口 和輝<sup>1)</sup>, 前川 遼太<sup>2)</sup>, 中俣 孝昭<sup>1)</sup>, 畠中 泰彦<sup>1)</sup>

1) 鈴鹿医療科学大学 保健衛生学部リハビリテーション学科理学療法学専攻

2) 近江温泉病院 総合リハビリテーションセンター

## 【目的】

大腰筋(以下、PM)は静的、動的姿勢制御において重要であり、加齢による筋量減少が著しいとされる。よって、筋力トレーニングの方法および信頼性と利便性を担保した効果判定の方法を確立する必要がある。また、股関節屈曲運動では、PMと大腿直筋(以下、RF)が発揮トルクの半分を占め、トレーニング効果は弁別する必要がある。そこで今回、効果判定方法の確立に向け超音波画像診断装置によるPMとRFの筋厚計測の信頼性を検証し、筋量と股関節角度-トルク特性との関連を検討した。

## 【方法】

対象は健康成人31名とした。筋厚は超音波画像診断装置(Xario100, canon社)にて撮像した。PMは側臥位で第4腰椎棘突起レベルの右側腹部から椎体、肋骨突起、下大静脈、腹大動脈を明瞭に確認した位置で撮像した。RFは背臥位で上前腸骨棘と膝蓋骨上縁の midpoint で撮像した。撮像は検者2人がそれぞれ2回行い、慣性計測装置(Blue Trident, VICON社)をプローブに設置し初回と2回目のプローブ角度を合致させた。筋厚計測は画像解析ソフト(Image J, アメリカ国立衛生研究所)を使用し身長、体重で正規化した筋厚(mm/kg/m)を算出した。最大等尺性股関節屈曲力は徒手筋力測定器( $\mu$ Tas F-1, アニマ社)にて股関節屈曲0, 30, 60, 90, 105度で3回計測し、平均計測値に推定股関節中心から測定器間の距離を乗じ、身長、体重で正規化した股関節屈曲トルク(Nm/kg/m)を算出した。筋厚計測の検者内信頼性をICC(1,2)、検者間信頼性をICC(2,2)にて検討した。Bland-Altman分析にて系統誤差の有無を判定し、95%信頼区間における最小可検変化量のMDC<sub>95</sub>を算出した。両筋厚は検者2名の4回計測値を平均し、各股関節角度のトルクについてPMはSpearmanの順位相関係数、RFはPearsonの積率相関係数を求め検討した。有意水準は5%未満とした。

## 【結果】

検者2名の筋厚計測のICC(1,2)はPMで0.994と0.997、RFで0.991と0.995であった。また、系統誤差は認めず、MDC<sub>95</sub>(mm)はPMで0.93と1.88、RFで0.97と1.23であった。ICC(2,2)はPMで0.995、RFで0.973であった。また、系統誤差は認めず、MDC<sub>95</sub>(mm)はPMで1.82、RFで2.19であった。PM筋厚は股関節30度(r=0.43)、60度(r=0.37)、90度(r=0.48)、105度(r=0.47)におけるトルクとの間に有意な相関を示した。RF筋厚は股関節90度(r=0.39)におけるトルクの間でのみ有意な相関を示した。

## 【考察】

PMとRFの筋厚計測は高い信頼性を有し筋量増大は2.2mm以上の変化で判定可能と考える。

また、股関節屈曲トルクと筋厚の相関において、PMは屈曲域で認めるもRFは限定的であることから、トルクと筋厚計測にてPMのトレーニング効果を弁別可能と考える。

## 【結語】

PMのトレーニング方法の確立にはトルクと筋厚変化の分析が有益である。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する組織の倫理審査委員会の承認(承認番号:384)を得て実施した。また、対象者に書面、口頭で説明し同意を得て実施した。

## P-1-2-9

## ポスター発表1

### 大腿四頭筋における筋厚・筋輝度とMRI筋体積および筋内脂肪割合との関連—長軸上の撮像部位の違いによる検討—

○福元 喜啓<sup>1,2)</sup>, 谷口 匡史<sup>2)</sup>, 八木 優英<sup>2)</sup>, 廣野 哲也<sup>2,3,4)</sup>, 山縣 桃子<sup>1,2)</sup>, 中井 隆介<sup>5)</sup>, 山田 陽介<sup>6)</sup>, 木村 みさか<sup>7,8)</sup>, 市橋 則明<sup>2)</sup>

- 1) 関大医科大学 リハビリテーション学部
- 2) 京都大学大学院 医学研究科人間健康科学系専攻
- 3) 中京大学 スポーツ科学部
- 4) 日本学術振興会 特別研究員 (PD)
- 5) 京都大学 人と社会の未来研究院
- 6) 国立健康・栄養研究所 身体活動研究部
- 7) 京都先端科学大学 総合研究所
- 8) 同志社女子大学大学院 看護学研究科

【目的】超音波画像における筋厚と筋輝度は簡便な筋の量的・質的指標であり、特に大腿四頭筋(QF)は多く測定されている。QFの超音波画像は一般に最大膨隆部である大腿中央部に撮像されるが、大腿遠位部の画像を用いた報告も散見される。しかし、遠位部における筋厚・筋輝度が正確に筋量や筋内脂肪量を反映するかは明らかでない。本研究の目的は、QF長軸上の異なる部位で計測した筋厚・筋輝度と、MRIで測定した筋体積・筋内脂肪割合との関連を調べることである。

【方法】対象は地域在住の成人135名とした。超音波画像装置(GEヘルスケア社製)を用いて右側の大腿四頭筋を撮像した。上前腸骨棘と膝蓋骨上縁との中点(A)、大転子と大腿骨外側上顆との中点(B)および上前腸骨棘と膝蓋骨上縁との遠位25%(C)の3部位で、大腿直筋(RF)上にプローブを接触させ撮像した。得られた画像から、RFと中間広筋(VI)の筋厚、RFの筋輝度を計測し、RFとVIの合計筋厚をQF筋厚とした。3.0TのMRI装置(SIEMENS社製)を用いて右大腿部のMRI撮像を行った。RF、VI、外側広筋(VL)、内側広筋(VM)の筋体積および筋内脂肪割合を求め、さらに4筋を合計したQF筋体積、平均したQF筋内脂肪割合を算出した。また、右膝関節の最大伸筋筋力を計測した。各部位の筋厚、筋輝度を反復測定分散分析で比較した。また筋厚、筋輝度と筋体積、筋内脂肪割合、筋力との相関係数を求め、部位による相関係数の違いをMeng's検定で分析した。

【結果】RFとVIの筋厚は遠位に近づくに従い有意に小さく、RF筋輝度は有意に高くなった。RF筋厚とRF筋体積との相関係数は部位A( $r=0.775$ )、B( $r=0.718$ )、C( $r=0.644$ )と小さくなり、Aの相関係数はCよりも有意に大きかった。一方、VI筋厚とVI筋体積( $r=0.594\sim0.670$ )、QF筋厚とQF筋体積( $r=0.698\sim0.720$ )、QF筋厚と筋力( $r=0.655\sim0.683$ )との相関係数には、3部位での有意差がなかった。同様に、RF筋輝度とRF筋内脂肪割合( $r=0.604\sim0.642$ )、QF筋内脂肪割合( $r=0.559\sim0.595$ )、および筋力( $r=-0.693\sim-0.648$ )との相関係数にも、3部位での有意差はなかった。

【考察】本研究の結果、RF筋厚でRF筋体積を推定するためには、RFの最大膨隆部あたりで撮像をする必要があるが、RFとVIを合計したQF筋厚であれば、大腿遠位部であっても大腿中央部と同程度にQF全体の筋体積や膝伸筋筋力を推定できることが示唆された。また、RF筋輝度は、大腿遠位部であっても大腿中央部と同程度にRFまたはQF筋内脂肪割合や膝伸筋筋力を推定できることが示唆された。

【結語】大腿遠位部で測定したQFの筋厚と筋輝度は、大腿中央部の値と同程度にQFの筋体積、筋内脂肪割合と筋力を推定できる。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: R1746)の承認を得て実施された。対象者には事前に研究内容を説明し、書面にて研究に参加する同意を得た。

## P-1-2-10

## ポスター発表1

### 伸張性収縮後の即時のおよび遅発的なMRI T2値の変化と超音波法における筋輝度および筋厚変化の関連

○佐伯 純弥<sup>1)</sup>, 塩谷 彦人<sup>2)</sup>, 川上 泰雄<sup>2)</sup>

- 1) 京都大学大学院 医学研究科人間健康科学系専攻
- 2) 早稲田大学 スポーツ科学学術院

【目的】伸張性収縮を伴う運動後には筋内水分量の即時のおよび遅発的な増加によってMRIにおけるT2緩和時間(T2値)が増加し、それぞれ筋活動および筋微細損傷の評価として用いられているが(Adams et al., 1992; Larsen et al., 2007)、MRIの撮影環境は限局される。一方、運動後には超音波Bモード画像における筋輝度および筋厚が即時のおよび遅発的に増加する(Chen and Nosaka, 2006; Taniguchi et al., 2020)。本研究では、超音波法を用いた筋輝度および筋厚の評価がMRIにおけるT2値を用いて評価した筋活動および筋微細損傷の評価の代用となるか検討するために、運動後の即時のおよび遅発的なT2値の変化と、筋輝度および筋厚の変化の関連を検討することを目的とした。

【方法】対象は健康成人男性11名の非利き腕であった。運動課題は肘関節屈曲の最大伸張性収縮とし、運動範囲は肘関節屈曲90°から0°、角速度は30°/s、反復回数は6回×5セットとした。運動課題実施前、直後、および3日後に上腕近位60%におけるMRI T2強調画像および超音波Bモード横断画像の撮影を行った。上腕二頭筋のT2値をエコー時間の異なる4枚のT2強調画像から解析ソフトOsiriXを用いて算出し、筋輝度(8ビットグレースケールにおける輝度平均値)および筋厚を超音波Bモード画像から解析ソフトImageJを用いて算出した。さらに、運動後の各評価項目について運動前からの変化量を算出した。統計解析として、各測定項目の経時変化を検討するために反復測定一元配置分散分析およびHolm法を用いた多重比較検定を行った。さらに、T2値と筋輝度および筋厚の関連を検討するために、従属変数をT2値の変化量、独立変数を筋輝度および筋厚の変化量としたステップワイズ重回帰分析を用い、運動直後および運動3日後のそれぞれの時点におけるT2値と筋輝度および筋厚の変化量の関係を検討した。有意水準は5%とした。

【結果】分散分析および多重比較検定の結果、T2値、筋輝度、筋厚はすべての時期で有意差が認められ、運動前から運動3日後にかけて増加した。重回帰分析の結果、運動直後のT2値変化量の説明因子は抽出されなかった。運動3日後のT2値の変化量の説明因子として、運動3日後の筋輝度の変化量(標準偏回帰係数 $\beta = 0.92$ )のみが抽出された。決定係数は0.84であった。

【考察】運動直後のT2値変化量は筋輝度および筋厚の変化量と関連しなかった。一方、運動3日後のT2値変化量は筋輝度の変化量で80%以上説明できることが示され、運動直後の遅発的な筋輝度変化はT2値変化で示される運動後の筋の微細損傷を反映することが示唆された。

【結語】運動後の遅発的なMRI T2値変化は超音波法における筋輝度変化と関連することが示された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言を遵守し、所属機関倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号: 2019-351)。対象には研究内容について十分な説明を行い、書面による同意を得た。

## P-1-2-11

## ポスター発表1

## 高齢者における異なる関節角度で測定した筋硬度と関節可動域との関連性-Strain Elastographyを用いた検討-

○中川 晃一<sup>1,2)</sup>, 片岡 英樹<sup>1,2)</sup>, 井上 凜子<sup>1)</sup>, 近藤 佑太郎<sup>1,2)</sup>, 野元 祐太郎<sup>1,2)</sup>, 後藤 響<sup>1,2)</sup>, 山下 潤一郎<sup>1)</sup>, 本田 祐一郎<sup>2,3)</sup>, 坂本 淳哉<sup>2,3)</sup>, 沖田 実<sup>2,3)</sup>

- 1) 社会医療法人長崎記念病院 リハビリテーション部
- 2) 長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科理学療法学分野
- 3) 長崎大学 生命医科学域 (保健学系)

## 【目的】

骨格筋の伸張性が低下すると関節可動域 (ROM) 制限に発展することは良く知られており、基礎研究ではそのメカニズムも明らかとなっている。一方、超音波画像診断装置における Strain Elastography (SE) は骨格筋の伸張性低下と関連する筋硬度の測定が可能であり、臨床でも活用されている。われわれもこれまで若年成人と入院高齢者を対象に、股関節外転 $0^{\circ}$  における長内転筋の Strain Ratio と股関節外転ROMとの関連性を検討した。その結果、これらには有意な相関が認められ、筋硬度の測定によって骨格筋の伸張性低下が評価できる可能性が見いだされた。しかし、先行研究では加齢や関節角度によっても筋硬度は変化すると報告されており、加齢の影響を除いた上で異なる関節角度で検討する必要がある。そこで、本研究では地域高齢者ならびに入院高齢者を対象に長内転筋の筋硬度を異なる関節角度で測定し、外転ROMとの関連性を検討した。

## 【方法】

対象は地域高齢者12名 (男性: 6名, 女性: 6名, 年齢:  $82.0 \pm 5.3$ 歳, BMI:  $21.8 \pm 1.7 \text{kg/m}^2$ ), 入院高齢者13名 (男性: 6名, 女性: 7名, 年齢:  $82.0 \pm 5.4$ 歳, BMI:  $20.0 \pm 2.5 \text{kg/m}^2$ )とした。地域高齢者の臨床虚弱尺度は1~3が10名, 4~6が2名であり、入院高齢者では1~3が1名, 4~6が6名, 7~8が6名であった。評価項目は外転ROMおよびSE装置 (JS 2, メディケア社製) を用いて測定した長内転筋のSRとした。SRは短軸像を基にカプラメントに対する長内転筋の歪み比を算出し、外転 $0^{\circ}$  と最終域で測定した。統計処理として二群間の比較は Mann-Whitney のU検定を適用し、両群を含めた各測定条件のSRと外転ROMとの関連は Spearman の順位相関係数を用いて検討した。なお、有意水準は5%未満とした。

## 【結果】

ROMは入院高齢者が地域高齢者と比較して有意に低値であった。外転 $0^{\circ}$  で計測したSRは両群間に有意差を認めなかったが、最終域でのSRは入院高齢者が有意に低値であった ( $p < 0.01$ )。また、外転 $0^{\circ}$  でのSRとROMには有意な相関は認められなかったが、最終域でのSRとROMには有意な正の相関が認められた ( $\rho = 0.58$ ,  $p < 0.01$ )。

## 【考察】

今回の結果から、入院高齢者は地域高齢者に比べてROM制限が強く、最終域で測定した筋硬度が高かった。また、外転 $0^{\circ}$  で測定した筋硬度とROMには相関はないものの、最終域で測定した筋硬度はROMと有意な相関が認められた。以上のことから、ROMの制限因子となっている骨格筋の伸張性低下を筋硬度によって評価する際はROMの最終域での測定が有用と思われる。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は所属大学院の倫理委員会の承認を受けて実施した (許可番号: 21080503)。また、ヘルシンキ宣言および人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針に従い実施し、口頭と書面にて説明し、同意を得た上で行われた。

## P-1-2-12

## ポスター発表1

## 斜面上での重量物保持動作における脊柱起立筋筋内活動分布の検討

○水谷 将之介<sup>1)</sup>, 三次 史也<sup>2)</sup>, 岩本 義隆<sup>1)</sup>, 石井 陽介<sup>1)</sup>, 高橋 真<sup>1)</sup>

- 1) 広島大学大学院 医系科学研究科健康科学プログラム生体運動動作解析学研究室
- 2) 独立行政法人労働者健康安全機構中国労災病院 リハビリテーション科

【目的】腰痛は世界中で最も頻りにみられる職業上の健康問題であるといわれている。不均一な地面上での作業は腰痛の原因因子の一つとして考えられており、斜面上での持続的な重量物保持動作が脊柱起立筋 (以下, ES) の筋活動を増加させると報告されている。また、筋内活動のばらつきが小さくなることで、腰痛のリスクが増大することが報告されているが、不均一な地面上での重量物保持動作におけるESの筋活動のばらつきを検討した報告はない。

そこで本研究では、斜面上での重量物保持動作がESにおける筋内活動のばらつきに与える影響を検討し、職場環境によって引き起こされる腰痛の発生機序について新たな知見を得ることを目的とした。

【方法】対象者は健康若年男性6名とした。課題動作は $10^{\circ}$  の斜面上で体重の10%の重量物を保持する動作とした。斜面の条件は、右側が斜面の山側 (以下, up条件)、右側が斜面の谷側 (以下, down条件)、平坦 (以下, flat条件) の3条件とし、無作為な順序で行った。また、疲労の影響を考慮し、対象者は条件間に15分間の休憩を行った。解析区間は動作開始直後1秒間とした。課題中のES活動は、合計64個の電極を持つ高密度筋電図計 (quattrocento, OT-Bioelectronica社製) を用いて、単極誘導により導出した。得られたデータを基に Matlab R 2021a (Math Works社) を用いて、二乗平均平方根 (以下, RMS)、修正エントロピー (以下, Ent)、筋活動重心 (以下, centroid) を算出した。統計学的解析には統計ソフトウェア JMP Pro ver.15 (SAS Institute社) を用い、Shapiro-Wilk検定により各データに正規性があることを確認し、3条件に対して分散分析を行った。その後、事後検定としてTuckyのHSD検定を行った。有意水準は5%とした。

【結果】RMSはup条件において、down条件、flat条件と比較して有意な増加を認めた ( $p < 0.05$ )。一方で、Ent, centroidはそれぞれに有意な差は認めなかった。

【考察】RMSはup条件において有意な増加が認められたが、Ent, centroidは条件間に有意な差を認めなかった。斜面上での重量物保持動作では、平坦な地面上と比較して重力の斜面と水平な成分が加わる。この増加した負荷に対してESは筋全体を活動させて応えていると考えられる。以上のことから、不均一な地面上での重量物保持動作においてESの筋内活動のばらつきが腰痛の発生に与える影響は少ない可能性が示唆された。

【結語】本研究により、斜面上での重量物保持動作では山側のESの活動が増加すること、ESの筋内活動分布は影響を受けないことが明らかとなった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会 (承認番号: E-467) の承認を得て実施した。

P-1-2-13

ポスター発表1

## 慢性腰痛者と健常群との歩行をkineticsの観点から検討 —加速度計を用いて—

○岩本 博行, 江口 淳子, 中山 彰一  
福岡リハビリテーション専門学校 理学療法学科

【目的】慢性腰痛患者の歩行の研究は、筋電図を用いての筋活動の違いや三次元動作解析装置を用いて検討しているものが殆どである。腰痛は同一姿勢を長時間とることで発生する場合と腰部を可動する事で発生する場合がある。今回、加速度計を用いて2種類の腰痛群と健常群の3群で歩行の特徴の違いをkineticsの観点から検討した。

【方法】対象は、クリニックに通院中の慢性腰痛患者をMcKenzieによる診断カテゴリーを用い、2群に群分けした。Postural Syndromeで同一姿勢を長時間とると痛みが生じる群(以下、P群)は17名、平均年齢 $48.6 \pm 12.1$ 歳で、Dysfunction Syndromeで腰椎可動時に痛みが生じる群(以下、D群)は17名、平均年齢 $53.2 \pm 18.1$ 歳で、両群間の平均年齢、身長、体重に有意差はなかった。健常群は男性17名、平均年齢 $27.6 \pm 9.0$ 歳であった。方法は、DELSYS社製の三軸加速度計内蔵TrignoTMセンサーを第3腰椎棘突起に貼付し、加速度計のサンプリング周波数は148Hzとした。裸足にて普段の速度での10m歩行を2回測定し、2回目の歩行中盤の5歩行周期の解析を行った。前後・側方・垂直成分のroot mean square(以下、RMS)値とパワースペクトラム解析(以下、PS)の基本周波数スペクトラムに対する5Hz以上の高周波スペクトラムの比率値を検討した。統計処理にはRコマンドー4.01を用い、一元配置分散分析を行った。有意水準は5%未満とした。

【結果】身長、体重、歩行速度は3群間で有意差はなかった。RMSでは側方成分において健常群(中央値0.122)とD群(中央値0.114)に対してP群(中央値0.167)が有意に大きかった( $P < 0.01$ )。PSでは前後・側方成分において健常群(前後:中央値0.379,側方:0.790)に対してP群(前後:中央値0.280,側方:0.669)、D群(前後:中央値0.244,側方:0.670)ともに有意に小さかった( $P < 0.01$ )。垂直成分において健常群(中央値0.463)に対してP群(中央値0.394)が有意に小さかった( $P < 0.05$ )。

【考察】RMS値が大きいくほど動揺歩行であり、P群は同一姿勢の保持にて疼痛が発生するため、代償的に側方動揺が大きくなっていると考え。また、高周波スペクトラム比率値が小さいP群、D群は精緻な姿勢制御ができず、Global筋群での歩行となり、特にP群は三次元的な姿勢制御が困難であると考え。

【結語】今回、2群の腰痛群と健常群の歩行をkineticsの観点から検討した。腰痛群でもP群、D群で歩行の戦略に違いがあることが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:22019)の承認を得て実施した。

P-1-2-14

ポスター発表1

## 高強度吸気筋トレーニング中の頸部呼吸補助筋は表面筋電図を用いて随意制御可能か

○藤沢 椋太<sup>1,3)</sup>, 河村 健太<sup>2)</sup>, 瀬高 裕佳子<sup>2,3)</sup>, 小林 雅明<sup>3)</sup>, 禹 炫在<sup>2)</sup>, 冨田 和秀<sup>2,3)</sup>

- 1) 宮本病院 機能訓練室
- 2) 茨城県立医療大学 理学療法学科
- 3) 茨城県立医療大学大学院 保健医療科学研究科

【目的】吸気筋トレーニング(IMT)時の筋活動は表面筋電図(EMG)を用いて報告されている。先行研究では、横隔膜や肋間筋以外にも頸部呼吸補助筋の筋活動が増加すると報告されており、吸気抵抗が高くなるにつれ不随意に頸部呼吸補助筋が多く動員される。しかし、横隔膜や肋間筋を優先的に強化したい場合に、選択的にIMTができるかは不明である。頸部呼吸補助筋の活動を随意制御しながら選択的に呼吸筋のIMTができれば、より呼吸機能が改善する可能性がある。本研究の目的は、頸部呼吸補助筋である斜角筋のIMT中の筋活動をEMGで視覚的フィードバック(VF)することで、斜角筋の動員を随意制御することが可能か明らかにすることである。

【方法】健常成人7名(男性5名,女性2名,  $25.6 \pm 6.0$ 歳)を対象とした。吸気抵抗負荷はIMT器具(POWERbreatheKH2)を使用した。吸気圧は、IMT器具のマウスピース接続口から差圧トランジューサ(TP-604T)を介して呼吸アンプ(AR-601G)で増幅した。EMG信号は表面筋電位計測装置(P-EMG plus)を用いて、電極を右側の斜角筋、横隔膜に貼付した。吸気圧とEMGの各信号は、A/D変換器(PowerLab/16SP)を介してデジタル変換し、PC上の時系列解析アプリケーションソフト(LabChart)にてサンプリング周波数4kHzで同期させて記録した。測定は端座位にてIMT器具を左手で把持して行った。最初に最大吸気圧(MIP)を計測した。その後MIPの30%、40%、50%、60%の各負荷強度でIMTを行わせた。次に、被験者にはIMT中の斜角筋EMGのVFを加えながらEMG波形を減少させるよう教示して、MIPの30%、40%、50%、60%の各負荷強度でIMTを行わせた。各負荷強度でそれぞれ5試行し、平均的な3試行を解析した。各EMG解析の指標は二乗平均平方根(RMS)を算出し、MIP時のRMSで除した百分率とした。統計解析はSPSS Ver.28にて線形混合モデルを使用し、有意水準を5%とした。

【結果】30%IMT中の斜角筋RMSはVFの有無で有意差を認めなかった( $p=0.09$ )。40%IMTでは44.1%から22.9%と有意に減少した( $p=0.027$ )。50%IMTでは51.8%から27.0%と有意に減少した( $p=0.004$ )。60%IMTでは57.3%から32.0%と有意に減少した( $p=0.003$ )。VF後に横隔膜RMSが増加した対象者も確認できたが、有意差は認めなかった。

【考察】斜角筋は呼吸中枢からの呼吸性の不随意運動と、頸部の動きなどの非呼吸性の脳皮質由来の支配を受けている。本研究ではVFによって脳皮質由来の随意的な出力を制御できたことで、斜角筋のEMGが減少したと考える。斜角筋のEMGをVFすることで、頸髄損傷による肋間筋麻痺に対して外肋間筋や横隔膜を選択的にトレーニングできる可能性がある。

【結語】斜角筋EMGのVFを用いることで、IMT中の頸部呼吸補助筋である斜角筋の筋活動を随意制御できる可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:984)の承認を得て実施した。

## P-1-2-15

## ポスター発表1

## 下前腸骨棘遠位に存在する疎性結合組織の動態と周囲筋との関係

○山口 将也<sup>1)</sup>, 福島 和也<sup>1)</sup>, 堤 真大<sup>1,3)</sup>,  
工藤 慎太郎<sup>1,2,3)</sup>

- 1) 森ノ宮医療大学 保健医療学部理学療法学科
- 2) 森ノ宮医療大学大学院 保健医療学研究所
- 3) 森ノ宮医療大学 インクルーシブ医科学研究所

## 【目的】

近年股関節前面部痛の原因として下前腸骨棘遠位に存在する疎性結合組織の変性が注目されている。この疎性結合組織は、共に股関節筋筋群である大腿直筋 (RF) と腸腰筋 (IP) に近接して位置する。筋間に存在する疎性結合組織は、筋張力の伝達や互いの円滑な収縮を担うが、RF と IP 間でのこの疎性結合組織の役割は明らかでない。本研究は、健常者におけるその役割を考察するため、他動膝屈曲時の RF の伸張が隣接する IP の筋硬度に及ぼす影響を解析することを目的とした。

## 【方法】

健康男性15名(20.7±0.5歳)を対象とした。腰部、股関節に整形外科的既往のあるもの、整形外科テスト (FABER/FADIR/Thomas test) が陽性のものは除外した。RF、IP の筋硬度は、超音波画像診断装置 (Aplio300) の Shear Wave Elastography モードによって測定した。共に大腿骨頭レベルで短軸像を描出した後、それぞれの筋の長軸像を撮像、筋内にそれぞれ3か所の関心領域を設定し平均値を筋硬度とした。肢位は、Biodex system4 を使用し、背臥位にて骨盤後傾位、検査側の股関節を中間位にて固定した状態で、膝関節0、30、60、90° の4条件で筋硬度の計測を行った。得られた筋硬度を従属変数とし、筋間・膝角度間における2要因の差を、二元配置分散分析を用いて統計学的に解析した。事後検定は要因ごとに一元配置分散分析を行い、有意差を認めた場合は Tukey 法で多重比較を行った。統計学的有意水準は5%未満とした。

## 【結果】

二元配置分散分析の結果、RF と IP の筋硬度は、筋要因および膝角度要因で有意な主効果を認め (筋要因,  $p=0.002$ ; 膝角度要因,  $p<0.001$ )、有意な交互作用も認めた ( $p<0.001$ )。事後検定の結果、RF の筋硬度は 0° と 60° ( $p=0.014$ )、0° と 90° ( $p<0.001$ ) の間に有意な差を認め、90° の筋硬度は他のすべて角度における筋硬度よりも有意に高い値を示した ( $p<0.001$ )。IP においては、一元配置分散分析の結果、いずれの角度間にも筋硬度の差を認めなかった ( $p=0.775$ )。

## 【考察】

膝屈曲60°以降でRFの筋硬度が有意に上昇した一方で、IPに関しては筋硬度の有意な変化は見られなかった。よって、健常例では下前腸骨棘遠位に存在する疎性結合組織は、RFとIP間の筋張力の伝達ではなく、互いの円滑な可動に関与していると考えられる。股関節前面部痛を認める患者では、この疎性結合組織に器質的な変性が生じる事が知られている。今後、股関節前面部痛を認める患者例において、関節肢位の変化に伴うRFとIPの筋硬度の関係が、健常例と比較して異なるのか検討する必要があると考える。

## 【結語】

健常例では、股関節屈伸中間位にて膝を屈曲させた場合、RFとIPは円滑に可動することで、互いの筋硬度の影響を及ぼさないことが明らかになった。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

森ノ宮医療大学の倫理委員会(#2021-022)から倫理的な承認を受け、すべての処置はヘルシンキ宣言に則って行われた。対象者には趣旨を説明し同意を得た上で実施した。

## P-1-2-16

## ポスター発表1

## 背筋機能不全筋骨格コンピュータモデルにおける歩行時腰椎反力の検討

○三浦 寛軌<sup>1)</sup>, 金井 章<sup>2)</sup>, 高山 大地<sup>3)</sup>

- 1) ハピナス訪問看護ステーション 理学療法士
- 2) 豊橋創造大学 保健医療学部理学療法学科
- 3) なし

## 【目的】

本研究では、歩行時の背筋張力と腰椎安定性との関係性を明らかにすることを目的に、背筋機能不全モデルを作成し、腰椎椎体間における垂直方向関節反力について検討した。

## 【方法】

対象は20歳代健康成人男性9名とし、10mの歩行路を歩幅50cm、歩行率100 steps/minで歩行させ、三次元動作解析装置で2回計測した。動作解析の結果から筋骨格モデリングソフトを用いて健常モデルの腰椎垂直方向関節反力 (以下、腰椎反力) を推定した。さらに脊柱起立筋の筋張力を0Nにした脊柱起立筋ゼロモデルと、多裂筋の筋張力を0Nにした多裂筋ゼロモデルを作成して腰椎反力を推定した。歩行相毎に健常モデルと各ゼロモデルの最大腰椎反力を比較検討した。

## 【結果】

脊柱起立筋ゼロモデルの腰椎反力は、健常モデルと比較して全ての歩行相、全ての椎体間で低下し有意差を認めた ( $p<0.01$ )。また効果量も全ての歩行相・椎体間で大きな効果を認めた ( $d>0.8$ )。

多裂筋ゼロモデルの腰椎反力も、健常モデルと比較して全ての歩行相、全ての椎体間で低下し有意差を認めた ( $p<0.01$ )。また効果量はTH12/L1~L4/5の全ての歩行相で小さな効果を認めた ( $d>0.2$ )。L5/Sでは全ての歩行相で中等度の効果を認めた ( $d>0.5$ )。

## 【考察】

椎体間の垂直方向への反力は椎間板内圧を上昇するように作用している。椎間板は内圧上昇により支持性が増強するという生物学的機能を有しており、脊柱起立筋および多裂筋の機能不全モデルでは椎間板内圧が減少し支持性が低下していることが考えられる。

脊柱起立筋および多裂筋の筋線維は複数の椎体をまたいでいる。一つの筋線維が複数の椎体間の腰椎反力を高めることができるため、全ての椎体で効果が得られたと考える。なかでも脊柱起立筋は背部を広く走行するため、より高い効果が得られたと考えられる。

## 【結語】

背筋機能不全は腰椎反力が低下するため、歩行時の腰椎安定性を低下させることが示唆された。

また歩行時の腰椎反力には脊柱起立筋が高い効果を与え、多裂筋は小〜中等度の効果を与えた。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

対象へは本研究について口頭で説明し、紙面にて同意を得て行った。なお本研究は豊橋創造大学倫理委員会の承認 (H2018012) を得て実施した。

P-1-2-17

ポスター発表1

## 分娩方法の違いが腹部筋群に与える影響

○半田 瞳, 中村 雄一, 半田 学

株式会社 TRIGGER RESEARCH LAB

## 【目的】

妊産婦で多いマイナートラブルは腰痛および骨盤帯痛であり、産後も長期的に持続することが報告されている。これは、ホルモンの変化による関節の弛緩性の増加や姿勢の変化により体幹筋群の不均衡が生じて起こるとされている。骨盤帯痛は経膈分娩で出産した女性にくらべ帝王切開で出産した女性の方が多いことが報告されている一方、経膈分娩により骨盤底筋損傷を起こすことが多くの研究によって明らかにされている。

そこで本研究は経膈分娩および帝王切開で出産した女性の腹部筋群の筋厚を測定し、分娩方法の違いが腹部筋群に与える違いを検証することを目的とした。

## 【方法】

対象者は、出産経験のない女性12名と、産後2年以上経過した女性26名とした。出産経験は1回のみで、産後リハビリテーションなどのケアを受けた方や腹部に手術歴のある女性は除外した。出産経験を有する女性は分娩方法により帝王切開群(CS群)および経膈分娩群(VA群)に群分けし、出産経験のない女性をコントロール群(CR群)とした。測定には超音波診断装置を使用し、対象筋は、腹直筋(RA)、外腹斜筋(EO)、内腹斜筋(IO)、腹横筋(TrA)とした。測定肢位は安静背臥位で、いずれも安静呼吸時に測定した。測定部位は、RAは筋腹上、EO、IO、TrAは前腋窩線上にて肋骨辺縁と腸骨稜の中央部で脊柱と垂直にプローブを置いて測定した。統計解析は介入前の各群の特性について対応のないt検定を用いて比較した。群間による差の比較を行うため一元配置分散分析を用い、有意差が認められた場合には事後検定(Bonferroni法)を行った。有意水準は5%とした。

## 【結果】

介入前の測定値は、すべての項目で有意な群間差は認められなかった。CS群とVA群はCR群と比較してRA、IOが有意に低値を示し、VA群はCR群と比較しTrAが有意に低値を示した。

## 【考察】

分娩方法に関係なく、妊娠により腹部筋群に力学的ストレスがかかることでRAおよびIOの筋厚に影響を及ぼすことが示唆された。経膈分娩は帝王切開にくらべTrAが低下していたことから、分娩方法によりTrAがより影響を受けることが考えられる。

## 【結語】

分娩方法にかかわらず、出産経験のある女性は骨盤底筋だけでなく腹部筋群に対するケアも必要であると考えられる。経膈分娩を行った場合、IOやTrAといった姿勢制御や体幹の安定性に関与する筋群が弱化的ことから、腰痛や骨盤帯痛のリスクファクターとなる可能性が考えられる。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。

P-1-2-18

ポスター発表1

## 端座位での前方リーチ動作における体幹伸展筋の筋活動について

○木津 彰斗<sup>1)</sup>, 宮崎 大貴<sup>1)</sup>, 東久保 佳生<sup>1)</sup>, 石濱 崇史<sup>2)</sup>, 末廣 健児<sup>2)</sup>, 鈴木 俊明<sup>3)</sup>

1) 京都田辺記念病院 リハビリテーション部

2) 医療法人社団石鉤会 法人本部

3) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

## 【目的】

端座位での前方リーチ動作は、立ち上がり動作の獲得や体幹および股関節伸展筋の活動を促す治療手技として用いられている。我々の先行研究にて、前方リーチ動作は速度が速くなると動作開始とともに骨盤は後傾する傾向を確認した。また、速度の違いに関わらず前方リーチ動作は胸椎屈曲により開始していた。しかし、これらの運動が生じる筋活動は明確になっておらず、本研究は前方リーチ動作における体幹伸展筋の筋活動について検討をおこなった。

## 【方法】

対象は、健常男性20名とした。開始肢位は両肩関節屈曲90°位で両上肢を空間保持した端座位とし、両股関節と膝関節屈曲90°位、股関節内外旋中間位に規定した。測定方法は、端座位姿勢より0.5秒にて20cm前方の目標物ヘリーチする課題とし、課題中の筋活動および座圧中心の計測をおこなった。筋電図の測定には表面筋電計MQ-Air(キッセイコムテック社)、座圧中心変化の計測は重心動揺計JK-101 II(ユニメック社)を使用した。対象筋の電極貼付位置は、最長筋は第2腰椎棘突起側方3cm、多裂筋は第4腰椎棘突起側方3cmとし電極間距離は2cmで配置した。筋電図解析方法は、野瀬らの研究を参考にCOP移動開始から前方リーチ終了までの時間を100%とし、20%ごとにRoot Mean Square処理をおこない検討した。

## 【結果】

動作開始直後から20%の時期に最長筋および多裂筋の筋活動は減弱し、40%以降増大する傾向を認めた。座圧中心は動作開始とともに後方へ移動した後、前方へ移動する結果となった。

## 【考察】

最長筋、多裂筋ともに動作開始20%の時期で筋活動は減弱し、座圧中心は後方へ移動した。先行研究にて、指尖が前方へ移動する直前に骨盤の後傾を認めており、本研究の20%の時期は動作分析からこれに相当する相であると考えられる。そのため、骨盤を背面より支える多裂筋の筋活動が減弱することで開始肢位を保持出来ず、後傾方向への角度変化を示すと考えた。池田らは端座位での側方リーチ課題にて、移動開始前から直後に骨盤はリーチする方向とは逆方向に傾斜することで、リーチ側への体幹の過度な傾斜を制動し、円滑な動作開始をおこなうと述べている。本研究においても、リーチ方向とは逆方向となる骨盤の後傾の動きについては、動作開始を円滑におこなう姿勢調整機構の作用と示唆される。また、同時期に生じる最長筋の筋活動の減弱は、骨盤が後傾することに対して姿勢を保持するために生じる胸椎の屈曲と関連している可能性が考えられた。

## 【結語】

胸椎の屈曲および骨盤の後傾は、体幹伸展筋の筋活動が減弱することで生じる可能性が示唆された。今後は、同じ動作における股関節周囲筋や体幹屈曲筋の筋活動に関する検討が必要であると考える。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。

## P-1-2-19

## ポスター発表1

## 端座位での前方リーチ動作における脊柱および股関節の角度変化

○宮崎 大貴<sup>1)</sup>, 木津 彰斗<sup>1)</sup>, 東久保 佳生<sup>1)</sup>, 石濱 崇史<sup>2)</sup>, 末廣 健児<sup>2)</sup>, 鈴木 俊明<sup>3)</sup>

- 1) 京都田辺記念病院 リハビリテーション部
- 2) 医療法人社団石鎚会 法人本部
- 3) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

## 【目的】

我々の先行研究において、端座位での前方リーチ動作の速度を変化させて脊柱の角度変化を検討した際、動作速度に関わらず胸椎の屈曲により動作を開始する結果を得た。また、胸椎は肋骨を介して胸郭を形成するため椎間で可動性が異なることが示唆された。加えて、速度が速い課題にて動作開始時に骨盤の後方への傾斜を認めたものの、主たる関節運動は明確となっていない。そこで、本研究では本動作における各関節の角度変化について検討した。

## 【方法】

対象は健康男性20名とした。開始肢位は、両肩関節屈曲90°位、両股関節・膝関節屈曲90°位の端座位姿勢である。課題は20cm前方へ0.5秒でリーチ動作を実施し、脊柱および股関節の角度変化を計測した。角度を算出するため第1・6・10・12胸椎、第1・3・5腰椎、上前腸骨棘、上後腸骨棘、大転子、大腿骨外側上顆にマーカーを貼付した。算出角度は、第1・6・10胸椎を結ぶ線のなす角度(Th6)、第6・10・12胸椎を結ぶ線のなす角度(Th10)、第1・3・5腰椎を結ぶ線のなす角度(L3)、上前腸骨棘・上後腸骨棘を結ぶ線の垂線と大転子・大腿骨外側上顆を結んだ線のなす角度(Hip)とした。また、重心動揺計JK-101 II (ユニメック社)を座面に配置し、時間軸として座圧中心の移動開始を0%、動作終了を100%と設定し、20%刻みで角度を算出して検討をおこなった。

## 【結果】

Th6はわずかに屈曲した後、60%以降は伸展への角度変化を示し、Th10は40%まで屈曲が増大し、60%以降は伸展方向への角度変化を認めていた。L3は伸展を認めた後、40%以降は屈曲方向への角度変化を示し、Hipは運動開始時にごくわずかに伸展するが、40%以降すぐに屈曲への角度変化が増大していく傾向を認めた。

## 【考察】

測定開始から40%にかけて股関節の角度変化は示さず胸椎が屈曲する傾向を認めた。40%以降は股関節の屈曲角度が増大し、主たる運動が股関節に切り替わったと考える。加えて、胸椎はTh6と比較しTh10にて屈曲角度が大きく生じた結果から、胸椎の屈曲は主に下位胸椎部で生じることが明確となった。L3は、20%で伸展方向への角度変化を認めた。我々の先行研究では、速い速度の課題にて指尖が前方へ動きだす前に骨盤が後傾する結果であった。本研究においても、骨盤と靭帯結合している第4・5腰椎が瞬間的に後下方へ移動することでL3は伸展方向への角度変化を示したと考える。

## 【結語】

本研究の結果、運動開始直後の胸椎の屈曲は下位胸椎部で生じていた。また、骨盤の後傾運動における股関節および腰椎の角度変化についても明確となった。今後は、動作速度の違いによる角度変化や筋活動についても検討していきたい。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。

## P-1-2-20

## ポスター発表1

## 立位での一側上肢の身体の側面に沿った下方リーチ肢位保持—左右下肢の荷重量を決定する要因—

○小島 佑太<sup>1,2)</sup>, 鈴木 俊明<sup>1)</sup>

- 1) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科
- 2) 和松会 六地藏総合病院 リハビリテーション科

## 【目的】

脳卒中後片麻痺患者の非麻痺側上肢のみでの下衣脱衣に必要な下方リーチにおける姿勢、下肢荷重量の係数性を理解することを目的とし、健康成人の前額面における下方リーチ肢位保持時の体幹・下肢の関節角度および左右下肢荷重量の係数性について検討した。

## 【方法】

対象は健康成人16名(平均身長171.7cm±4.3)とした。測定課題は体重計2台の上での立位で一側上肢を身体の側面に沿って膝関節外側裂隙部(以下、膝外側部)までの1/3時点、2/3時点に位置する大腿外側部と膝外側部までの各距離へ下方にリーチした肢位保持とした。そして、各リーチ保持課題をランダムに実施し、後方からデジタルカメラで撮影した。角度算出には撮影した画像から対象者の体幹、両下肢のマーカーに対して画像解析ソフトImageJを用いて分析し、運動学的検討をおこなった。統計学的処理は正規性が棄却されたため、Friedman検定を実施し、Bonferroni法を用いて各課題間での多重比較検定を実施した。

## 【結果】

立位と比較して1/3時点・2/3時点・膝外側部時点でリーチ側への体幹側屈と骨盤傾斜が増大し、リーチ側下肢へ荷重量の増大を認めた。1/3時点と比較して2/3時点、膝外側部時点でリーチ側への体幹側屈と骨盤傾斜が増大し、第5腰椎棘突起の非リーチ側への側方移動を認めた。2/3時点と比較して膝外側部時点でリーチ側への体幹側屈増大と骨盤傾斜が増大し、第5腰椎棘突起の非リーチ側への側方移動を認めた。

## 【考察】

下方リーチにおけるリーチ側への体幹側屈と骨盤傾斜はリーチ側上肢を下方に伸ばすために関与したと考える。しかし、リーチ側への骨盤傾斜が足底を接地した状態で生じるため、リーチ側股関節外転と非リーチ側股関節内転が増大し、非リーチ側への骨盤側方移動量が増大したと考える。リーチ側下肢荷重量は立位と比較して1/3時点においてリーチ側への体幹側屈と骨盤傾斜に伴い増大するが、1/3時点と比較して2/3時点・膝外側部時点では非リーチ側への骨盤側方移動によりリーチ側下肢荷重量の増大を認めなかったと考える。また、胸腰椎移行部側屈とリーチ側下肢荷重量には正の相関があり、リーチ側への胸腰椎移行部側屈がリーチ側下肢への荷重量の増大に関与したと考える。

## 【結語】

下方リーチには体幹側屈が主に関与しており、なかでもリーチ側下肢へ荷重するためには胸腰椎移行部側屈がリーチ側下肢荷重量を決定する要因であったと考える。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は発表者が所属する施設の研究倫理審査委員会の承認を得て実施した。

P-1-2-21

ポスター発表1

## 立位前下方リーチ動作における胸腰椎移行部・腰椎・骨盤アラインメント変化の多様性について

○池田 匠<sup>1)</sup>, 末廣 健児<sup>2)</sup>, 石濱 崇史<sup>2)</sup>, 鈴木 俊明<sup>3)</sup>

- 1) 医療法人社団石鎚会 京都田辺記念病院 リハビリテーション部
- 2) 医療法人社団石鎚会 法人本部
- 3) 医療法人社団石鎚会 法人本部
- 4) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

【目的】我々は立位から膝蓋骨直上までの前下方リーチ動作を研究課題とし、矢状面上の姿勢変化についての検討をおこなった結果、本課題の初期相では胸腰椎移行部と腰椎の屈曲運動が、リーチ距離が延長した局面では骨盤の前傾が姿勢変化の構成要素としての重要性が示された。また、胸腰椎移行部と腰椎の屈曲運動には、被験者によるばらつきが存在する可能性が示唆された。本研究では、立位前下方リーチ動作課題における胸椎・腰椎・骨盤それぞれの空間上の位置変化を分析し、姿勢変化の多様性について解釈をすすめた。【方法】対象は健康成人男性30名(25.1±2.9歳)である。運動課題として、立位にて両指尖を両足尖へ向けた開始肢位から膝蓋骨直上の高さまで、2秒間で前下方へリーチさせた。被験者の第1・6・12胸椎棘突起、第1・3・5腰椎棘突起にマーカーを貼付し、課題試行中の矢状面上における姿勢変化をビデオカメラにて撮影した。ビデオ映像より、開始肢位の指尖の高さを0%、膝蓋骨直上の高さを100%リーチ距離としてその間を20%ごとに5分割し、各リーチ距離を規定した。各リーチ距離に指尖が達した時点の第1胸椎と第5腰椎を結ぶ線の前傾角度(以下、T1-L5前傾角度)、第12胸椎と第5腰椎を結ぶ線の前傾角度(以下、T12-L5前傾角度)について、フリーソフトimageJを用い分析した。統計学的処理は、Tukey testを用いて多重比較検定を実施し、開始肢位を含む各リーチ距離間を比較した。有意水準は5%とした。【結果】T1-L5前傾角度、T12-L5前傾角度ともに開始肢位から100%リーチ距離まで一様に漸増しており40%リーチ距離以降で有意に増大を認めた。また、T12-L5前傾角度は開始肢位と20%リーチ距離において各個人データの分散が大きいものの、40%リーチ距離以降では収束を認めた。【考察】結果より、リーチ距離の延長にともない体幹全体の傾角度は漸増するが、開始肢位と20%リーチ距離では胸腰椎移行部と腰椎領域の前傾角度にばらつきを認めた。各被験者の姿勢変化を確認すると、開始肢位における胸腰椎移行部や腰椎の屈曲角度に個人差を認め、20%リーチ距離まではその開始姿勢の個人差を反映した形で胸腰椎移行部と腰椎領域の前傾角度に多様性を生じたものと考えた。その後、40%リーチ距離以降においては開始肢位の個人差にかかわらず骨盤前傾といった一定の動作戦略へ収束するのではないかと考えられた。【結語】立位前下方リーチ動作の初期相では、開始肢位の個人差を反映し、胸腰椎移行部と腰椎領域の前傾アラインメントに多様性を認めた。また、リーチ距離が延長するとこれらの多様性は一定の動作戦略へと収束する可能性が示唆された。【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭で説明の上、書面にて同意を得て実施した。

P-1-2-22

ポスター発表1

## 端座位での前方リーチ動作における股関節周囲筋の検討

○東久保 佳生<sup>1)</sup>, 木津 彰斗<sup>1)</sup>, 宮崎 大貴<sup>1)</sup>, 石濱 崇史<sup>2)</sup>, 末廣 健児<sup>2)</sup>, 鈴木 俊明<sup>3)</sup>

- 1) 京都田辺記念病院 リハビリテーション部
- 2) 医療法人社団石鎚会 法人本部
- 3) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

### 【目的】

我々の先行研究において、端座位にて前方リーチ動作の速度を変化させ脊柱および骨盤の角度変化を検討した結果、動作速度に関わらず胸椎の屈曲にて動作を開始する特徴を認めた。また、速度の速い課題では、骨盤が一度後傾しすぐに開始姿勢まで前傾した後、15cm以上リーチすることで骨盤の前傾角度は増大する傾向を認めた。しかしながら、この骨盤の運動に関与した筋活動については明確になっていない。そこで本研究は、端座位での前方リーチ動作における骨盤の運動に関与すると考えられる股関節周囲筋の筋活動について検討することを目的とした。

### 【方法】

対象は、健康男性10名(年齢25.0±2.0歳)とした。開始肢位は両肩関節屈曲90°位で両上肢を空間保持させた端座位とし、両股関節と膝関節屈曲90°位、両股関節内外旋中間位、骨盤前傾中間位に規定した。測定方法は、端座位姿勢より0.5秒にて20cm前方の目標物までリーチする課題とし、課題中の筋活動および座圧中心の計測をおこなった。筋電図の測定には表面筋電計MQ-Air(キッセイコムテック社)、座圧中心変化の計測は重心動揺計JK-101 II(ユニメック社)を使用した。対象筋の電極貼付位置は、大腿直筋は下前腸骨棘と膝蓋骨上縁を結ぶ線の近位1/3、大殿筋上部線維は上後腸骨棘2横指下と大転子外側端を結ぶ線の midpoint、内側ハムストリングスは膝蓋蓋隙より15cm近位の筋腹上、外側ハムストリングは筋線維の近位1/3とし電極間距離は2cmにて配置した。筋電図解析方法は、野瀬らの研究を参考にCOP移動開始から前方リーチ終了までの時間を100%とし、20%ごとにRoot Mean Square処理をおこない検討した。

### 【結果】

各筋にて動作開始40%の時期までは筋活動の増大は認めず、40%以降に増大する傾向を認めた。また、座圧中心は動作開始とともに後方へ移動した後、前方へと移動する結果となった。

### 【考察】

本研究の結果、動作開始40%の時期までは各筋にて筋活動の明らかな増大は認めなかった。先行研究にて本動作は胸椎の屈曲で開始されることが示されており、40%までの時期は積極的な股関節の運動が生じなかったと考えられる。40%以降においては、リーチ距離を延長させる主たる運動が胸椎から股関節に切り替わったことで、大腿直筋は股関節屈曲による骨盤前傾に作用し、大殿筋・内側および外側ハムストリングは骨盤前傾を制動する股関節伸展作用として活動を認めたと考えた。

### 【結語】

本研究は、先行研究を基に0.5秒での動作課題にて股関節周囲筋の筋活動について検討をおこなった。しかし、臨床場面において立ち上がり動作の速度には個人差があり、今後は動作速度を変えたときの筋活動について精査する必要がある。

### 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭で説明と書面にて同意を得て実施した。

## P-1-2-23

## ポスター発表1

## タイピングにおける時間的一貫性に寄与する手指運動パターンの検討

○伊藤 貴紀<sup>1)</sup>, 吉田 実央<sup>2)</sup>, 国分 貴徳<sup>3)</sup>

- 1) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究所 博士後期課程
- 2) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究所 博士前期課程
- 3) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究所

【目的】ヒトの中樞神経系は目的とするタスクを正確に実行するために、関節自由度を拘束して、制御を簡単にする。これまでの上肢・手指の運動制御研究において、近位関節と遠位関節の運動を時間的に同期させたパターンや近位関節の運動を多関節運動の生成に取り込まないパターンが制御を簡易化し、正確な運動に寄与することがリーチ(Bizzi+ 1984, Hogan+ 1984)や投球動作(Hore et al., 2005), ピアノ動作(Furuya and Kinoshita 2008)から紐解かれてきた。しかし、キーボードのタイピングにおける制御則は未解明な点が多い。キーボードのタイピングはキー入力を連続的に行う到達運動であり、どのキーを入力するかによって始点と終点が決まっている。そのため、指先の運動空間はキーボード上に拘束されており、ゆえに指先位置の移動には主として手と指の関節が貢献する。したがって、運動空間の拘束条件や指先の運動に貢献する関節の種類がこれまでの研究の対象動作と違うために、タイピングの多関節運動を制御する規則性は異なる可能性がある。本研究の目的は、時間的一貫性のあるタイピングに寄与する手指運動パターンの検討を行うこととした。

【方法】対象は健常成人10名とし、約5,000字からなる定型分のタイピングを行った。三次元動作解析システムを用いて右手に貼付したマーカの位置情報を取得した。解析区間は課題文の中で頻出(8回出現)する語句("ryouhou")の入力試行とし、キー入力時間・手関節マーカを基準としたMP関節・PIP関節マーカ位置の変化量を算出した。また、全ての対象者の入力ミスの回数の平均値+2SDを超える対象者2名を除き、8試行のうち全ての対象者においてミスのない4試行を採用した。

【結果】8名全ての解析対象者において、各試行のキー入力時間は平均値±2SDの範囲に収束していた。8名のうち3名は手関節マーカに対してPIP関節マーカ位置の変化量が大きく、他方5名はMP関節とPIP関節マーカ位置の変化量に差はなかった。

【考察】文脈や入力ミスによる影響のない語句入力において各キー入力時間のばらつきはなかった。また手指関節の運動を優位に選択するパターンと、手関節と手指関節の運動を同期させるパターンが見られた。これらの結果はタイピングの時間的一貫性に運動パターンの違いは影響し得ない可能性を示唆した。

【結語】タイピングにおいて時間的一貫性のある運動の実行に、手関節と手指関節の関節自由度の拘束の違いは影響し得ないことが示唆された。これらの拘束条件の違いがどのような身体変数に起因するかを探索することで、タイピングの習熟を加速させるための運動学的根拠を導く。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は発表者が所属する施設の倫理審査委員会(承認番号; 20505)の承認を得て実施した。

## P-1-3-1

## ポスター発表1

## 咬合圧バランスによる遠隔促通効果が青斑核と脊髄興奮性に及ぼす影響

○平林 怜<sup>1,2)</sup>, 江玉 睦明<sup>1,2)</sup>, 岡田 芳幸<sup>3)</sup>, 山田 勇輝<sup>2)</sup>, 阿部 明日香<sup>1)</sup>, 大河内 偉琉<sup>1)</sup>, 中島 早紀<sup>1)</sup>, 横田 裕丈<sup>1,2)</sup>, 関根 千恵<sup>1,2)</sup>, 大西 秀明<sup>1,2)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部理学療法学科
- 2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所
- 3) 広島大学大学院医歯薬保健学研究院 口腔健康発育歯科障害者歯科学

## 【目的】

咬合は、咬合圧の刺激による歯根膜受容体からの三叉神経入力や、咀嚼筋による筋紡錘からの求心性インパルスによって、青斑核と脊髄を活性化させる遠隔促通効果が認められている。しかし、左右の不均衡な咬合圧は、青斑核と脊髄に対する遠隔促通効果が不均衡に生じるか不明である。そこで、本研究の目的は、不均衡な咬合圧バランスが遠隔促通効果に及ぼす影響を検討することとした。

## 【方法】

対象は健常成人として、不正咬合者を除外した正常咬合者18名とした。まず、最初に最大咬合による左右の咬合圧を計測した。次に、下記に示す6条件で左右の脊髄興奮性と青斑核の活動指標である左右の瞳孔径を計測した。咬合圧計測は、咬合力、左右の咬合圧バランスを計測して、咬合圧が高い側をhyper側、低い側をhypo側とした。筋電図電極は両側の咬筋、前側頭筋、ヒラメ筋に貼付した。咬合条件は歯列の接触がないno-bite条件、歯列の接触はあるが噛みしめていない接触あり条件、右咬筋最大随意収縮(MVC)の12.5%、25%、50%MVC条件とmax条件の6条件とした。脊髄興奮性はH波を用いて評価した。H波の計測は両下肢の脛骨神経に電気刺激をし、刺激強度は安静時のヒラメ筋H波振幅値が最大M波振幅値の20%になるように設定した。また、青斑核の活動指標として左右の瞳孔径を計測した。解析項目は各咬合条件での各筋の筋活動、左右のH波振幅値、左右の瞳孔径とした。統計処理として、各条件間の比較では多重比較検定のBonferroni法を行い、hyper側とhypo側の比較では対応のあるt検定を行った。いずれも有意水準は5%とした。

## 【結果】

咬筋と前側頭筋の筋活動は、12.5%、25%、50%MVC、max条件でhypo側と比較してhyper側が有意に高値を示した( $p < 0.05$ )。脊髄興奮性と瞳孔径はno-biteと比較して12.5%、25%、50%MVC、max条件で有意に高値を示した( $p < 0.05$ )。また、脊髄興奮性はmax条件でhypo側と比較してhyper側が有意に高値を示した( $p < 0.05$ )。瞳孔径は12.5%、25%、50%MVC、max条件でhypo側と比較してhyper側が有意に高値を示した( $p < 0.05$ )。

## 【考察】

本研究の結果より、左右の咬合圧バランスの不均衡は、青斑核と脊髄興奮性の活動にも不均衡が生じた。青斑核や脊髄興奮性の不均衡は、認知機能や運動機能に悪影響を及ぼすことが報告されていることから、咬合圧バランスの補正が重要である可能性が示唆された。

## 【結語】

咬合圧バランスの不均衡は遠隔促通効果にも不均衡が生じることが明らかとなった。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に基づいたものであり、本学の倫理委員会(承認番号: 18618-210528)の承認を得て実施した。また、対象者には実験内容及び対象者の権利についての説明を書面および口頭で十分に行い、実験参加への同意を得た上で実験を実施した。

## P-1-3-2

## ポスター発表1

## 運動イメージと反復末梢磁気刺激の併用は脳波活動を変調させる

○牛尾 龍<sup>1)</sup>, 田村 宏佑<sup>1)</sup>, 藤川 翔也<sup>1)</sup>, 大角 知央<sup>1)</sup>, 澤井 舜<sup>2,3)</sup>, 村田 伸<sup>1,3)</sup>, 中野 英樹<sup>1,3)</sup>

- 1) 京都橋大学 健康科学部理学療法学科
- 2) 京都橋大学 大学院健康科学研究科
- 3) 京都久野病院 リハビリテーション課

【目的】脳卒中発症後、運動機能が実用レベルまで回復する割合は下肢より上肢で低いことから、上肢機能障害を改善させるリハビリテーション手法の開発は必要不可欠である。脳内で運動をシミュレートする運動イメージ (Motor imagery: MI) は、実運動を必要としないため随意運動が乏しい重度運動麻痺患者において有効なツールとなっている。近年、MIの効果を修飾させる方法として反復末梢磁気刺激 (Repetitive peripheral magnetic stimulation: rPMS) が注目されており、MIとrPMSの併用は皮質脊髄路の興奮性を増大させることが報告されている。しかしながら、MIとrPMSの併用がMI想起能力に及ぼす効果を検証した研究は少なく、特に脳波活動に及ぼす影響は十分に検討されていない。これを検証することにより、rPMSを活用したMIの形成に関わる神経基盤の重要な知見になると考える。そこで本研究は、健常者を対象とした基礎的研究として、MIとrPMSの併用が脳波活動に及ぼす影響について明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は健常成人17名とし、MI群8名とMI+rPMS群9名にランダム割り付けした。両群ともに安静(5秒)、準備(2秒)、イメージ(5秒)を1試行とした右手関節背屈のMI課題を計60試行実施した。上記に加え、MI+rPMS群にはMI課題中に右前腕部にrPMSを同時付与した。rPMSには磁気刺激装置 (MagPro R20, MagVenture社) を用い、周波数20Hz、刺激時間5秒、刺激強度を運動閾値の1.2倍に設定して刺激した。8の字コイル (MC-B70, MagVenture社) は右橈側手根伸筋上に設置した。全ての対象者は介入前後に安静時脳波活動(90秒間)を測定した。脳波の測定には生体信号収録装置 (MP6100, ミュキ技研社) を用い、国際10-20法に準じた19ch、サンプリング周波数1,000Hzで測定した。脳波の処理にはMATLAB (MathWorks社) とEEGLABを使用し、Exact low resolution brain electromagnetic tomography解析を用いて電流源密度の皮質分布を比較検討した。有意水準は5%未満とした。

【結果】MI+rPMS群ではトレーニング後の安静時脳波活動において前帯状皮質のβ帯域に有意な増大を認めた ( $p < 0.05$ )。一方、MI群では安静時脳波活動に有意差を認めなかった ( $p > 0.05$ )。

【考察】前帯状皮質は運動関連脳領域との連結が豊富であり、行動の認知制御や注意機能を担っている。特にMIにおいては内的に集中した注意プロセスに関与することが報告されている。以上のことから、MI+rPMS群ではMIの形成に関わる注意機能が増大した結果、前帯状皮質のβ帯域に有意な増大を認めたことが示唆された。

【結語】本研究により、MIとrPMSの併用は脳波活動を変調させることが明らかにされた。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、ヘルシンキ宣言に示された倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。なお本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会の承認を得て実施した。

## P-1-3-3

## ポスター発表1

## 運動様式の違いが感覚運動野領域のβ帯域脳律動に及ぼす影響

○菅原 和広<sup>1,2)</sup>, 齊藤 秀和<sup>2,3)</sup>, 赤岩 眞悠<sup>4)</sup>, 佐々木 健史<sup>1,2)</sup>, 白井 桂子<sup>2)</sup>, 松橋 眞生<sup>5)</sup>, 白石 秀明<sup>6)</sup>, 長峯 隆<sup>2)</sup>

- 1) 札幌医科大学 保健医療学部理学療法学科理学療法第一講座
- 2) 札幌医科大学 医学部神経科学講座
- 3) 札幌医科大学 保健医療学部作業療法学科作業療法第一講座
- 4) 札幌医科大学大学院 保健医療学研究科
- 5) 京都大学大学院 医学研究科てんかん・運動異常生理学講座
- 6) 北海道大学病院 小児科

【目的】自己ペースによる一側上肢の運動直後に、運動対側の感覚運動野周辺部にβ帯域の事象関連同期 (Event-related synchronization: ERS) が観察される。このERSはbeta reboundと呼ばれ、運動に伴う末梢感覚入力や運動抑制に関与することが報告されているが、その発生機序は未だ解明されていない。そこで本研究では、関節運動の有無による脳律動変化を比較し、自己ペースでの運動後にみられるBeta reboundの出現に関する生理学的機序を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は健常成人15名とし、306 ch全頭型脳磁計を使用し、自己のペースにて右示指中手指節関節 (MP関節) 伸展を伴う右示指伸筋の収縮 (以下、関節運動あり条件) とMP関節伸展を伴わない右示指伸筋の収縮 (以下、関節運動なし条件) 時の脳磁場変化を0.03-200 Hzのfilter、600 Hzのsamplingで計測した。関節運動あり条件では床面から約3 cmのMP関節伸展を行い、関節運動なし条件では右示指をプラスチック板上に固定し、両運動課題ともに約10秒に1回の筋収縮頻度で右示指伸筋の収縮を行った。右示指伸筋から筋電図を計測し、右示指伸筋の筋活動開始を運動開始基準 (0 ms) とした。また、関節運動の有無を確認するために右示指先端に加速度計を設置した。両運動課題における脳律動解析には204chのplanar型センサーの信号を用いた。Temporal spectral evolution (TSE) を用い、運動開始前6000 msから5000 msをbaselineに8-13 Hz (α帯域) および18-23 Hz (β帯域) の相対値を算出し、関節運動の有無の影響を検討した。

【結果】筋電図による筋収縮時間の平均は関節運動あり条件では97 ms、関節運動なし条件では122 msであった。両運動条件で運動開始に関連した脳律動変化 (α帯域peak潜時、約1150 ms; β帯域peak潜時、約1000 ms) が運動対側中心部に観察された。全被験者で両条件ともに運動後にbaseline (100%) を上回るβ帯域のERSが観察されたが、α帯域では15名中6名でのみbaselineを上回るpower変化が観察された。β帯域のERSの変化量は関節運動あり条件で163%、関節運動なし条件で139%となり、関節運動なし条件はbaselineより有意に高値となったが、関節運動あり条件より有意に低値となった。

【考察】関節運動なし条件における運動後のERS変化は、関節運動あり条件より低値を示したものの明らかなbeta reboundが観察された。関節運動なし条件においては、関節位置変化がないが筋収縮に伴う主動作筋の筋緊張変化があることから、運動後にみられるbeta reboundは筋緊張変化も関与すると考えられる。

【結語】関節運動が生じない自己ペースでの筋収縮においてもbaselineを超えるERSが観察されたことから、運動後のbeta reboundは位置感覚入力の変化の他に筋緊張変化に関連した反応であることが示された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は発表者が所属する施設の研究倫理委員会 (承認番号: 29-2-58) の承認を得て実施した。

## P-1-3-4

## ポスター発表1

## 脳由来神経栄養因子が末梢電気刺激の刺激効果にもたらす影響～触覚方位弁別課題を用いた検証～

○三木 陽菜<sup>1)</sup>, 齊藤 慧<sup>1,2)</sup>, 平賀 大河<sup>1)</sup>, 宮口 翔太<sup>1,2)</sup>, 大鶴 直史<sup>1,2)</sup>, 大西 秀明<sup>1,2)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部  
2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

## 【目的】

指尖部に対する末梢電気刺激は一次体性感覚野の活動性を変調することで、触覚機能を変化させることができると報告されている。しかし、その刺激効果には大きなばらつきが認められ、その原因については十分に解明されていない。外部からの刺激入力によって生じる皮質活動の可塑的变化には脳由来神経栄養因子 (BDNF) が重要な役割を担っていると考えられている。BDNFが末梢電気刺激による刺激効果に影響をもたらしていると考えられるが、十分な解明に至っていない。本研究では、指尖部に対する末梢電気刺激が触覚方位弁別能力にもたらす効果にBDNF遺伝子多型が影響をもたらすのかについて検証した。

## 【方法】

対象は健康成人24名 (Val/Val群: 12名, Met carrier群: 12名) とした。末梢電気刺激 (PES) は右示指末端に対して20 Hzの刺激パルスを一秒on-五秒offの刺激サイクルで30分間与えた。刺激強度は痛みの生じない最大強度から0.1 mAを減算した強度とした。触覚機能の評価として、触覚方位弁別課題 (GOT) を刺激前後と刺激後30分に実施した。GOTでは8条件の異なる幅の縞が刻まれたドーム状の機器を対象者の右示指に押し当て、その縞の方位を回答させた。それらの回答率から75%の確率で正答できる刺激幅 (弁別閾値) を算出した。統計解析として、各群においてPESがもたらす効果を検証するために、Friedman検定を実施した。また、各群における刺激前の弁別閾値と弁別閾値の変化率の相関関係を検証するためにPearsonの積率相関係数もしくはSpearmanの順位相関係数を用いた。有意水準はいずれも5%とした。

## 【結果】

弁別閾値はVal/Val群で刺激前、直後、30分後において、それぞれ1.10 ± 0.41 mm, 1.14 ± 0.30 mm, 0.98 ± 0.22 mmであった。Met carrier群では、それぞれ0.88 ± 0.12 mm, 0.84 ± 0.33 mm, 0.87 ± 0.25 mmであり、いずれの群においても刺激前後で有意差は認められなかった。Val/Val群では刺激前の弁別閾値と刺激直後および刺激後30分の弁別閾値の変化率の間に有意な負の相関が認められ、刺激前の触覚方位弁別能力が低い対象者の方が末梢電気刺激後に触覚方位弁別能力が向上した。一方、Met carrier群では相関関係が認められなかった。

## 【考察】

末梢電気刺激による弁別能力の変化には一次体性感覚野の抑制機能の変化が関与し、BDNF遺伝子多型は人為的な刺激によって生じる皮質領域の可塑的变化に影響を与えることがわかっている。そのため、末梢電気刺激によって生じる一次体性感覚野の可塑的变化にもBDNF遺伝子多型が影響を及ぼしたために、BDNF遺伝子多型によって末梢電気刺激が触覚方位弁別能力にもたらす効果が異なると考えられる。

## 【結語】

指尖部への末梢電気刺激がもたらす触覚方位弁別能力の変化にBDNF遺伝子多型が影響を及ぼす。

## 【倫理的配慮】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会 (承認番号: 18781-211217) の承認を得て実施した。

## P-1-3-5

## ポスター発表1

## 体性感覚刺激を用いたOddball課題中のN140は運動によって変調する

○松田 裕弥<sup>1)</sup>, 菅原 靖<sup>2)</sup>, 赤岩 眞悠<sup>1)</sup>, 齊藤 秀和<sup>3)</sup>, 柴田 恵理子<sup>4)</sup>, 佐々木 健史<sup>5)</sup>, 菅原 和広<sup>5)</sup>

- 1) 札幌医科大学大学院 保健医療学研究科  
2) 札幌医科大学 保健医療学部理学療法学科  
3) 札幌医科大学 保健医療学部作業療法学科作業療法第一講座  
4) 北海道文教大学 人間科学部理学療法学科  
5) 札幌医科大学 保健医療学部理学療法学科理学療法第一講座

【目的】高頻度 (標準) 刺激と低頻度 (標的) 刺激の2種類の外的刺激を提示し、標的刺激にのみ反応するOddball課題を行うと、注意機能を反映する事象関連電位 (ERP) が観察される。しかし、これまでの先行研究では注意を向ける部位と運動部位の関係が注意機能を反映するERPへ及ぼす影響については明らかになっていない。そこで本研究では、体性感覚刺激部位と運動部位が一致する条件と不一致とする条件でOddball課題を用いてERPの変化を調査した。

【方法】対象は健康成人14名とし、標的刺激に反応して右示指で素早くボタンを押す運動課題と、標的刺激の回数を数えるカウント課題のERPを計測した。体性感覚刺激はリング電極より右示指、右小指に行い、刺激強度は感覚閾値の3倍、持続時間は0.2 msとした。標的刺激と標準刺激の提示割合は2:8とし、示指刺激を標的刺激とする示指標的的条件と、小指刺激を標的刺激とする小指標的の条件の2条件を両課題で実施した。脳波は国際10-20法に従い、両耳朶を基準電極としてFz, C3, Cz, C4, Pzより導出した。ERPの解析は刺激のonsetを基準 (0 ms) として100回以上の加算平均を行い、-100-0 msをBaselineとしてN140振幅及び頂点潜時を調査した。運動課題とカウント課題間の比較には示指標的と小指標的の条件ごとに振幅及び潜時に対して対応のあるt検定を行った。また、運動課題における示指標的 (一致) と小指標的 (不一致) 条件間の比較には、運動課題の振幅値をカウント課題の振幅値で除した値を算出し、対応のあるt検定を行った。有意水準は5%とした。

【結果】運動課題における反応時間は一致条件 (示指標的、示指運動) において406.3 ± 62.8 (mean ± SD) ms、不一致条件 (小指標的、示指運動) においては424.3 ± 89.5 msであった。N140潜時は一致条件では145.1 ± 1.6 ms、不一致条件では148.3 ± 2.6 msとなり条件間に有意な差は認められなかった。N140振幅は一致条件および不一致条件でカウント課題と比較して運動課題で有意に大きくなったが、一致条件と不一致条件の比較では有意な差は認められなかった。

【考察】体性感覚刺激部位と運動部位の一致不一致に関わらず、運動課題中のN140振幅がカウント課題と比較して有意に増大した。N140は前帯状回の神経活動によって生じることが報告されている。また、本研究の反応時間は約410 msであり、N140がみられた潜時はボタン押しの運動準備期にあたり、運動準備期には補足運動野や帯状回が活動していることが報告されている。以上のことから、運動準備期に生じる神経活動がN140振幅に影響を与えることが示唆された。

【結語】体性感覚刺激を用いたOddball課題中に記録されるN140は注意を向ける位置と運動部位に関係なく、運動によって変調することが明らかになった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は札幌医科大学倫理審査の承認を得ており (承認番号: 29-2-58)、被験者には実験内容を十分に説明し、同意を得た。

## P-1-3-6

## ポスター発表1

## 空間性注意に関わる脳内神経基盤の解明：半側空間無視の発症機序解明を目指して

○岩切 満梨乃<sup>1)</sup>、竹尾 雄飛<sup>1,2)</sup>、安倍 レオ<sup>3)</sup>、池田 尊司<sup>4)</sup>、原 正之<sup>5)</sup>、菅田 陽怜<sup>2,3,6)</sup>

- 1) 大分大学医学部附属病院 リハビリテーション部
- 2) 大分大学 大学院医学系研究科博士課程医学専攻
- 3) 大分大学 大学院福祉健康科学研究科健康医科学コース
- 4) 金沢大学 こどものこころの発達研究センター
- 5) 埼玉大学 理工学研究科
- 6) 大分大学 福祉健康科学部理学療法コース

## 【目的】

半側空間無視(USN)は、大脳半球損傷の対側に提示された刺激に対する反応や定位の障害と定義される。しかし、USNの神経メカニズムは、十分に解明されているとは言い難い。そこで本研究では、「空間性注意の左右半球間の差」に着目し、左右空間への視覚刺激に対する脳の反応性の左右差について明らかにする。

## 【方法】

右利きの健常人20名を対象とし、課題にはハンドメンタルローテーションを用いた。モニター中央の固視点を中心とした上下左右に「手」の画像を提示した。被験者はモニターに映し出された固視点を注視したまま0度、90度、180度、270度の4方向へ回転した「手」の画像が右手または左手であるかをできるだけ早く正確にボタンを押し、回答した。課題遂行中の頭皮脳波を64チャンネル脳波計によって計測した。脳律動解析はMATLABを用いて実施した。まず、最小ノルム推定法による電流源推定の後に、バンドパスフィルタにより空間性注意に関連があるとされる $\alpha$ 帯域の脳律動を抽出した。次に、 $\alpha$ 帯域の時系列パワー変化を抽出するためにHilbert変換を行い、得られた包絡線に対して視覚刺激提示前の脳波を用いてベースライン補正を行った。その後、脳律動のピーク(事象関連脱同期:ERD)を観察された200~700msの脳律動を平均化した。さらに、脳律動の左右半球間の偏りを示す指標であるLaterality Index(LI)を算出し、1標本t検定を行った。有意差を認めただのものに対してはBonferroni補正を行った。なお、眼電図で視線の動きをモニターし、視線が固視点から逸脱したtrialは解析から除外した。

## 【結果】

左側への視覚刺激に対して、右半球の下頭頂葉(IPL)と外側後頭回(LOC)においてLIが有意に高い値を示した( $p < 0.01$ )。また、右側への刺激に対しては左半球の上頭頂小葉(SPL)において有意に低いLIを示した( $p < 0.01$ )。

## 【考察】

空間性注意の特徴として、視覚刺激に対して半球の $\alpha$ 帯域のERDに左右差が生じることが報告されている。本研究でも、左側への視覚刺激に対する $\alpha$ 帯域のERDが右半球へ偏りを示し、これまでに報告されている空間性注意に関わる半球差を後押しする結果となった。中でもIPLは側性化が顕著であり、空間性注意に強く関連していることが今回示された。その他右半球へ側性化を認めた領域は、腹側注意ネットワークを構築しているLOCであった。一方で、右側への視覚刺激に対する左半球への側性化を認めた領域は、運動イメージの関連領域であるSPLであったことから、運動イメージを司る領域にも半球間の左右差が生じた可能性が示唆された。

## 【結語】

空間性注意にかかわる脳領域は右半球有意であった。また、運動イメージを司る領域は左半球有意である可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究計画は全て、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に従って大分大学医学部倫理審査委員会による倫理審査を受け、承認を得たうえで実施した。

## P-1-3-7

## ポスター発表1

## パーキンソン病モデルラットに対する経頭蓋直電流電気刺激の疼痛緩和効果

○出澤 真乃介<sup>1,2)</sup>、加藤 隼平<sup>2)</sup>、高島 一郎<sup>2)</sup>

- 1) つくば国際大学 医療保健学部 理学療法学科
- 2) 産業技術総合研究所 人間情報研究部門

【目的】パーキンソン病(PD)関連疼痛に対する経頭蓋直電流電気刺激(tDCS)の効果を明らかにするための基礎研究として、モデル動物を用いて1)tDCS前後の異常疼痛行動の変化と2)その背景にある感覚皮質の神経活動変化を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象はWistar系雄ラットとした。PD関連疼痛モデルラット(以下、PDラット)の作成には、線条体への6-ヒドロキシドーパミン(6-OHDA)投与を用いた。＜実験1. PDラットにおける疼痛評価＞PDラット両前肢の電子フォンフレイ検査(e-vFT)を6-OHDA投与前(pre)から投与後6週までの計5時点で実施した。その後、tDCS用に左の運動感覚野に刺激電極、小脳上に参照電極を設置し、20分/日(50 $\mu$ A)、5日間の陽極刺激を与えた。tDCS前(6-OHDA投与後8週、0日目)、tDCS後(1-5日目)、tDCS終了後5日間(6-10日目)の合計11時点でe-vFTを実施した(n=8)。一部の動物(n=4)についてはtDCS前からtDCS開始後24時間までの計8時点でも実施した。時点間の比較には一元または二元配置分散分析を用い、有意水準は5%とした。＜実験2. 感覚応答計測＞PDラットの第一次体性感覚野(S1)の感覚応答を膜電位イメージング法により計測した。前肢へは電気刺激(0.1-0.4mA)を与え、データから最大応答範囲(MAA)を算出した。擬似刺激(sham)群(n=3)とtDCS群(n=3)とで、tDCS開始後2および4時間後のデータを時点間および群間で比較した。

【結果】＜実験1＞PDラットはpreと比較して、6-OHDA投与後6週まで全ての時点で両側前肢において有意に逃避閾値の低下を認めた。tDCSにより低下した逃避閾値は上昇するが、tDCSを終了すると翌日には0日目のレベルまで再び閾値が低下した。tDCSによる逃避閾値の改善効果はtDCS開始から4-6時間後にピークとなり、その後8-24時間後には改善効果が消失した。＜実験2＞両群ともMAAは0.35mA刺激で飽和した。0.1mA感覚刺激では応答を認めないが、一方で0.15mA以上の感覚刺激では一様に飽和状態の0.6倍程度の応答範囲であった。全感覚刺激条件で2時間後には群間差を認めなかったが、4時間後にはtDCS群において0.15-0.3mA感覚刺激で最大応答範囲の縮小がみられた。

【考察】本研究のPDラットも先行研究と同様に異常疼痛を生じた。また、PDラットは先行研究で報告されているナイーブラットの感覚応答特性と比較すると、異常に感覚応答が増大していることが明らかとなり、他の異常疼痛モデル動物と類似の現象がみられた。tDCSはPDラットにおいて短期的に感覚応答を抑制する効果があり、異常疼痛の改善に貢献する可能性が示唆された。

【結語】PDラットの異常疼痛の背景には感覚応答の異常な増大が存在し、tDCSは短期的にその増大を抑制する改善効果を有する可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会(承認番号:2021-0382)の承認を得て実施した。

## P-1-3-8

## ポスター発表1

## ラット青斑核への電気刺激が一次体性感覚野の神経活動へ与える影響

○鈴木孝昇<sup>1,2)</sup>, 長坂和明<sup>2,3)</sup>, 大槻智史<sup>4)</sup>, 大鶴直史<sup>2,3)</sup>, 大西秀明<sup>2,3)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所 保健学専攻 理学療法学分野
- 2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所
- 3) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科
- 4) 富山大学大学院 医学薬学研究部 システム情動科学講座

## 【目的】

脳幹部に位置する青斑核は全脳に渡る広い軸索投射を有し、覚醒や注意に関与している。一方で当該核はラットの擬の感覚に関連する視床垂核の細胞発火頻度を上昇させることも明らかになっており、感覚機能にも影響を与えることが示唆されている。しかしながら、皮質レベルでの神経細胞の活動に青斑核のどのような活動が影響を与えるのかは明らかになっていない。本研究ではラットを対象に、青斑核へ異なる周波数で電気刺激を行い、体性感覚由来の皮質活動がどのように変化するかを電気生理学的手法および光学イメージング技術を用いて検証した。

## 【方法】

本研究はWistar系雄性ラット(体重:250-330g)を用いた。動物はイソフルラン(1.5%)麻酔下とし、青斑核に同心円刺激電極を留置した。また、一次体性感覚野の直上の頭蓋骨を除去し、局所フィールド電位(LFP)の記録用銀ボール電極を置いた。青斑核の刺激は単相性のパルスを用いて、刺激強度100-150 $\mu$ A、刺激幅200 $\mu$ secとし、20分間の刺激を行った。刺激頻度は0.1(n=6)、1.0(n=6)、4.0Hz(n=6)の3条件とし、個体ごとにランダムに振り分けて実施した。一次体性感覚野の活動はラット前肢への電気刺激(刺激幅1.0ms)を行って誘発されるLFP波形の振幅値によって評価した。刺激強度は個体ごとの振幅値が最も大きくなる値を予め求めておき、その70%の電流強度を採用した。光学イメージングは内因性信号変化を検出することができるフラビン蛍光イメージング法を用いて、前肢刺激によって生じる一次体性感覚野の活動を青斑核刺激の前後で計測し、比較した。統計解析では、各条件におけるLFP振幅値の時間的な変化をFriedman検定にて行い、その後Dunn's多重比較テストを行った。有意水準は5%とした。

## 【結果】

取得された皮質LFPの振幅値は、1.0Hzの条件においてのみ刺激前と比較して刺激20分後に有意に増大した(P=0.0013)。その一方で、他の2つの刺激頻度では変化がなかった。光学イメージングの結果、1.0Hz条件では刺激前と比較して一次体性感覚野の活動が上昇し、広範囲に広がっていることが観察された。

## 【考察】

本研究の結果は、青斑核への1.0Hz刺激が一次体性感覚野の神経活動を特異的に増大させることを示す。先行研究から、この周波数特異的な作用は青斑核のノルアドレナリン神経細胞による影響であると示唆される。将来的に一次体性感覚野の活動上昇が当該伝達物質に起因するか検証し、さらには覚醒下での動物においても再現されるのか検証することが重要である。

## 【結語】

青斑核の1.0Hzの電気刺激は一次体性感覚野の活動を増大させる。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は所属機関の動物実験委員会の倫理承認(承認番号02112)を得て行われた。

## P-1-3-9

## ポスター発表1

## 短時間末梢神経電気刺激が足関節随意運動時の皮質脊髄路興奮性に及ぼす影響

○尾川雄紀<sup>1,2)</sup>, 竹中悠真<sup>2)</sup>, 菅原憲一<sup>2)</sup>

- 1) 湘南慶育病院 リハビリテーション部
- 2) 神奈川県立保健福祉大学大学院 保健福祉学研究所

## 【目的】

先行研究において15分以上の末梢神経電気刺激(ES)は、皮質脊髄路の興奮性を変化させ、その詳細が示されている。しかし、効果の根拠となる短時間のESおよびその消失が皮質脊髄路に与える影響の詳細は不明である。そこで、本研究は短時間のESの刺激強度の相違及び随意運動との組み合わせによる運動制御に対する皮質脊髄路興奮性の影響を検討した。

## 【方法】

対象は健常成人36名とした。運動課題は、右足関節の単純反応時間(RT)課題とし、課題条件を、①運動なし、②足関節底屈、③足関節背屈とした。②③はいずれも30%MVCの力を瞬間的に発揮した。ESは腓骨小頭下の右総腓骨神経に与え、周波数50Hz、で反応音の前2~3s間でランダムに持続した。刺激強度はESなし、感覚閾値\*1.1倍、運動閾値\*1.1倍の3条件とした。皮質脊髄路興奮性の指標として、経頭蓋磁気刺激(TMS)によって誘発される運動誘発電位(MEP)を前脛骨筋(TA)およびヒラメ筋(soleus)より、反応音後30ms、60ms、90msの3時点(TMSタイミング)で各10回ずつ記録した。得られたMEPは、安静時のMEP振幅値で除してMEP安静時比として算出した。また、課題条件②③では、各パフォーマンステストを各ES強度で10回ずつ挿入しRTを計測した。統計解析として、RTは課題条件とES強度を要因とした二元配置分散分析、MEPは課題条件とES強度、TMSタイミングの3要因で三元配置分散分析を行い、有意差が認められた場合は多重比較(Shaffer法)を行った。なお、有意水準は5%とした。

## 【結果】

RTはいずれも有意な主効果を認めなかった(全てp>0.05)。MEP安静時比について、TAおよびsoleusのいずれもTMSタイミングで主効果を認めた(p<0.05)。また、TAの課題条件とTMSタイミングの間で一次の交互作用を認めた(p<0.05)。ES強度ではいずれも有意な主効果を認めなかった(全てp>0.05)。多重比較の結果、MEP安静時比について、TAは30msと60msと比較して90msで増大し、soleusは30ms、60ms、90msの順で増大した。

## 【考察】

今回与えたES強度およびタイミングでは運動開始前に終了したESによる効果として、RTの結果からES強度の違いがRTに影響を与えないことが示唆された。MEP安静時比の結果より、運動開始に近づくほど皮質脊髄路の興奮性は増大するが、ES強度の違いは皮質脊髄路の興奮性に対して特異的な影響を与えないことが示唆された。

## 【結語】

今回随意運動開始前に与えたESに関する各条件においては随意運動における皮質脊髄路興奮性へ影響を与えないことが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:保大第5-21-12)の承認を得て実施した。

## P-1-3-10

## ポスター発表1

## 立位姿勢の継続による上肢の脊髄前角細胞の興奮性の経時的变化

○竹内 航平<sup>1,2)</sup>, 嘉戸 直樹<sup>3)</sup>, 鈴木 俊明<sup>1)</sup>

- 1) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科
- 2) 医療法人鳳林会 榊原白鳳病院 リハビリテーション科
- 3) 神戸リハビリテーション福祉専門学校 理学療法学科

## 【目的】

立位や座位、背臥位といった姿勢の違いが上肢の脊髄前角細胞の興奮性を変化させることがF波やH波を用いた先行研究で報告されており、姿勢保持に伴う筋収縮や上位中枢の興奮性が影響すると考えられている。しかし、姿勢保持の継続が上肢の脊髄前角細胞に及ぼす影響についての報告は少ない。そこで本研究では、理学療法場面を想定して立位開始から20分間の立位保持中に、脊髄前角細胞の興奮性の指標となるF波を右短母指外転筋より記録し、その経時的变化について検討した。

## 【方法】

対象は、整形外科的、神経学的に異常のない健康成人11名(平均年齢 $24.3 \pm 2.2$ 歳)とした。検査肢位は背臥位および立位とし、開眼状態で前方の目印を注視させ、身体を動かさないように指示した。立位でのF波の記録開始は、座位から立位への姿勢変化後の、重心動揺が生じやすいとされている立ち上がり後10秒を経過した時点とした。F波の記録には、Viking EDX (Natus)を用いた。刺激条件は、部位を右手関節部の正中神経、強度を最大M波の120%、頻度を0.5Hz、持続時間を0.2ms、回数を連続30回とした。記録条件は、探查電極を右短母指外転筋の筋腹上、基準電極を右母指基節骨底上、接地電極を右前腕部へ配置した。手順は、はじめに背臥位にてF波を記録し、その後立位にて記録開始時点から2分毎にF波を記録した。F波の記録の試行数は、記録時間が理学療法場面を想定した20分間となるように計11試行とした。F波の分析項目は、振幅F/M比および出現頻度とした。統計学的解析は、背臥位での測定値を1として立位での11試行の相対値を求めた上で、Friedman検定を実施した。なお、有意水準は5%とした。

## 【結果】

立位保持中の右短母指外転筋の振幅F/M比相対値および出現頻度相対値には統計学的に変化はなかった。

## 【考察】

本結果にて立位保持中の右短母指外転筋の振幅F/M比相対値および出現頻度相対値には統計学的に変化はなかったことから、立位姿勢を継続しても上肢の脊髄前角細胞の興奮性への影響は少ないことが示唆された。立位では姿勢保持筋である下肢筋や体幹筋の筋収縮が、脳幹および大脳へ相対的な興奮性の影響を与えると同時に、固有脊髄路を通じて上肢の脊髄前角細胞へ興奮性に影響する可能性がある。一方、立位では上位中枢からの下行性入力脊髄へ抑制的に作用し、脊髄前角細胞の興奮性は変化しないことが報告されている。今回、立位保持にて上位中枢からの抑制機構が働いたことや、姿勢保持筋の筋収縮強度が低かったことにより、上肢の脊髄前角細胞の興奮性への影響が少なかったと考えた。

## 【結語】

健康者における立位姿勢の20分間の保持は、上肢の脊髄前角細胞の興奮性に影響を与えないことが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明後、書面にて同意を得て実施した。

## P-1-3-11

## ポスター発表1

## 脳活動は高負荷自転車エルゴメータ運動によって、運動終了後30分間上昇し続ける。

○岡本 彬<sup>1,4)</sup>, 福田 耕平<sup>2)</sup>, 上土井 亮太<sup>3)</sup>, 土井 篤<sup>4)</sup>

- 1) 医療法人 相生会 にしくもと病院 セラピスト課
- 2) 社会医療法人 春回会 長崎北病院 総合リハビリテーション部
- 3) 株式会社 ReLife aid リハビリケアセンターすまいる 北部
- 4) 熊本保健科学大学大学院 保健科学研究科 リハビリテーション領域

## 【目的】

我々は昨年及び一昨年の本学会において、低・高負荷自転車エルゴメータ運動(エルゴ運動)前後における経頭蓋大脳磁気刺激による運動誘発電位の変化、及び低負荷エルゴ運動前後の脳波(EEG)の変化を報告した。今回は、高負荷エルゴ運動前後におけるEEGの変化を検討したので報告する

## 【方法】

健康男性11名(平均年齢 $21.8 \pm 2.7$ 歳)に対して高負荷エルゴ運動を実施した。高負荷エルゴ運動は1分間毎に運動負荷を段階的に上げ、エルゴ運動を10分間60rpmで維持するように指示し、各被験者が疲労困憊になるように設定した。実施するに当たり、運動前・中・後に心拍数、修正Borgスケールの計測と、運動前後(運動前、運動直後、30分後)に血液採取し、血中乳酸値の測定を行った。また運動前後の脳活動の評価として、ワイヤレス型の脳波計(インタークロス社製intercross-415)を用いてEEGの測定を行った。EEGの記録部位は国際脳波記録法に基づき、F3, C3, P3, F4, C4, P4の頭皮上の6部位にて測定し、 $\delta$  (0.5-4Hz),  $\theta$  (4-8Hz),  $\alpha 1$  (8-11Hz),  $\alpha 2$  (11-14Hz),  $\beta 1$  (14-20Hz),  $\beta 2$  (20-30Hz)波のパワースペクトルの積分値(PSD)を算出した。F3とF4から得られたPSDの平均値を前頭部(Frontal), C3とC4から得られたPSDの平均値を中心部(Central), P3とP4から得られたPSDの平均値を頭頂部(Parietal)とし、部位別による比較検討を行った。統計解析は、運動前後の血中乳酸値、PSDのそれぞれの変化をWilcoxon符号付順位和検定にて検討した(有意水準を5%)。

## 【結果】

修正Borgスケール、血中乳酸値は運動前と比較し、運動直後、運動30分後に有意に上昇した( $p < 0.01$ )。また設定した10分間の運動時間に達する前に、全対象者が運動を中断した(運動実施時間: $411.8 \pm 82.4$ 秒)。EEGは、運動直後に全周波数帯でPSDの変化率が上昇し( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ )、 $\alpha 1$ 波、 $\alpha 2$ 波、 $\beta 1$ 波、 $\beta 2$ 波にて運動直後から30分後にかけて運動前と比較し有意に上昇した( $p < 0.05$ ,  $p < 0.01$ )。

## 【考察】

修正Borgスケールと血中乳酸値より本研究の高負荷エルゴ運動は疲労困憊まで追い込めていたと考えられる。また、EEGの結果より高負荷エルゴ運動終了後少なくとも30分間は脳の広範囲で脳の賦活化が生じていた可能性がある。疲労が起きると脳活動は低下するが、強度が増加すると $\alpha$ 波、 $\beta$ 波は上昇するとされており、本研究のような漸増的に運動負荷を上げる短時間の運動では、運動終了後に持続して脳活動を上昇させたのかもしれない。【結語】

短時間の高負荷自転車エルゴメータ運動は、運動終了後から30分間持続して脳活動が上昇した。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:18054)の承認を得て実施した。

## P-1-3-12

## ポスター発表1

## 機能的磁気共鳴画像を用いた到達動作の計測環境の構築 -脳血管障害患者における検討-

○山本 哲<sup>1)</sup>, 石井 大典<sup>2)</sup>, 石橋 清成<sup>3)</sup>, 河野 豊<sup>4)</sup>

- 1) 茨城県立医療大学 理学療法学科
- 2) 茨城県立医療大学 作業療法学科
- 3) 茨城県立医療大学 付属病院 リハビリテーション部
- 4) 茨城県立医療大学 医科学センター

【目的】脳卒中患者における機能的磁気共鳴画像 (fMRI) を用いた脳賦活評価では、主に手指屈曲伸張課題 (FT) が良く用いられている。FT と到達動作課題 (RT) では、賦活される脳領域が異なると報告されているが、脳卒中患者における RT の測定は困難であることが多く、殆ど行われていない。今回、MRI 内で到達動作を計測するシステムを新たに構築し、1 症例に対して FT と RT を行い、その賦活動態の比較を行った結果を報告する。【方法】症例は 60 歳代男性、右視床出血発症後 12 年が経過。現在の Brunnstrom stage は V レベル。深部感覚の重度鈍麻を認めるが、日常生活は自立している。症例は 1.5T-MRI のベッドで背臥位となり、課題 30 秒、休憩 30 秒 × 5 回のブロックデザインにて fMRI の計測を行った。FT は事前に練習を行った上で、左手指屈曲一伸張を 0.5 Hz の速さで行った。RT は、腹部の上の架台に置いたスイッチと前胸部を往復する到達動作課題 (標的サイズ 95 mm) とし、0.3 Hz の速さで行った。また、ヘッドコイルの下部を覆い、症例からスイッチが見えない状態とした。スイッチは押下により電子音が鳴るようプログラムされ、聴覚フィードバックにて押下を確認できる状態とした。fMRI データは前処理の上、General Linear Model にて、課題時に賦活する領域の解析を行った。多重比較補正は Familywise Error、有意水準は 5% とした。【結果】FT では、右一次運動野 (M1) のみ賦活を認めた。RT では、右 M1 に加えて左右運動前野、補足運動野、左右上頭頂小葉等の広範な領域の賦活を認めた。両課題において、左 M1 の賦活は認めなかった。【考察】Filmon ら (2009) は、健常者における非視覚的 RT では、運動前野、補足運動野、M1、一次感覚野、帯状皮質、頭頂間溝、上頭頂小葉、内側頭頂皮質等の広範な領域が賦活すると報告している。本研究の結果は先行研究における賦活と類似しており、適切に課題施行環境の構築ができたと考えられる。また、運動時の M1 の賦活動態は、錐体路の障害が軽度の場合には健常者に近く対側性であり、錐体路の障害が重度の場合には同側半球を含む広範な活動が生じる (Grefkes, 2014)。本症例の FT の結果では、対側 M1 に限局した賦活を認め、運動麻痺は軽度であった。さらに、RT においても同側 M1 の賦活は認めなかった。これらの結果は、FT と同様に RT においても、同側性・対側性の M1 の賦活による錐体路障害の評価が可能であることを示唆する。【結語】本研究では、fMRI 中において、到達動作課題を行う環境を構築できた。脳賦活の個性性を考慮することで介入効果が高まることが考えられるため、今後、非侵襲的脳刺激を行い、その賦活動態と上肢機能の変化を検討したい。【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会 (承認番号: e232) の承認を得て実施した。また、研究開始前に研究対象者に対し書面を用いて本研究の説明を行い、同意を得た。

## P-1-3-13

## ポスター発表1

## 安静時脳機能結合の動的変化がオフライン運動学習に及ぼす影響

○川添 隆伸<sup>1)</sup>, 井上 紗瑛<sup>1)</sup>, 高野 創<sup>1)</sup>, 安元 優衣<sup>1)</sup>, 松下 光次郎<sup>2)</sup>, 菅田 陽怜<sup>1)</sup>

- 1) 大分大学 福祉健康科学部理学療法コース
- 2) 岐阜大学 工学部機械工学科機械コース

## 【目的】

運動課題間の休息時に課題のパフォーマンスが向上することを「オフライン運動学習」という。近年では、オフライン運動学習に関わる脳活動を調べることで、運動の学習能力を事前に予測できるという研究が散見される。一方、運動学習研究で使用される課題には、反応速度や巧緻性など様々な側面から研究が行われており、運動学習に関する共通の認識は確立されていない。そこで、本研究では特に手指巧緻性に関連する運動学習に着目し、運動学習課題のパフォーマンスと休息期間の脳活動との関連性について検討した。

## 【方法】

対象は 18 歳以上の健常右利き男女 22 名 (平均 20.8 ± 0.83 歳) とした。はじめに、64 チャンネル脳波計にて開眼状態での安静時脳波を 5 分間計測したのち (Rest1)、圧力センサーを用いた指圧による力制御学習課題を 5 分間実施した (Task1)。その後、開眼状態で安静時脳波を 15 分間計測し (Rest2)、再び Task1 と同じ力制御学習課題を 5 分間実施した (Task2)。脳波解析には、Rest1 と Rest2 の開始 5 分～10 分の安静脳波データを用い、Rest1 及び Rest2 のネットワーク解析を行い、安静時脳内ネットワークの変化 (Rest2-Rest1) を算出した。最後に、Task の結果と安静時脳内ネットワークの変化 (Rest2-Rest1) の結果を用いた全脳相関解析を実施した。

## 【結果】

Task1 と Task2 の結果を比較したところ、Task2 の学習の成績は誤差が減少し有意差がみられた。休息前後の課題の成績と安静時脳内ネットワークの変化による全脳相関解析の結果では、Rest1 よりも Rest2 において一次運動野 (M1) と下頭頂小葉 (IPL) との安静時ネットワークが強くなる被験者ほどオフライン運動学習量が大きかった。

## 【考察】

IPL は微細な動きに関連しており、その運動の内容が記憶されることが報告されている。また、微細な運動制御では、IPL と M1 が強調して働くということも報告されている。本研究の課題が、手指の微細な力制御を必要とする運動学習課題であったことを踏まえると、微細な運動制御にかかわる M1-IPL の脳機能結合が休息時に強化されたことによって、オフライン運動学習が促進された可能性がある。

## 【結語】

手指巧緻性に関連するオフライン運動学習では安静時に、M1 と IPL の脳内ネットワークが確認された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究では全て、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に従って大分大学医学部倫理審査委員会による倫理審査を受け、承認を得たうえで実施した (承認番号: 1966-T18)。研究計画は全てヘルシンキ宣言に則り、被験者には研究目的・方法・研究によって起こり得る事象を文書により説明し、文書にて同意を得たうえで実験を実施した。

## P-1-3-14

## ポスター発表1

## 練習直後の干渉課題は、系列特有学習の統合を妨げない

○柴崎 耀都<sup>1)</sup>, 谷 浩明<sup>2)</sup>, 渡邊 観世子<sup>2)</sup>

- 1) 医療法人財団順和会山王病院 リハビリテーションセンター
- 2) 国際医療福祉大学 保健医療学部理学療法学科

## 【目的】

理学療法では患者に動作手順の学習(系列学習)を促す場面がある。こうした系列を潜在的に学習させることは、顕在学習に障害があっても潜在学習の能力は残存している認知症患者などには有効と考えられる。この潜在的な系列学習の統合は通常の運動技能の記憶に比べて早いのではないかとされているが、明らかにされていない。

そこで、潜在的な系列学習の評価法である交互系列反応時間課題の練習直後に干渉課題を挿入することで、潜在的な系列学習の統合について検証した。

## 【方法】

視覚、筋骨格系、神経系の異常がない15名の健常成人(年齢=21.1±0.3歳)を対照群(7名)と干渉課題群(8名)の2群に無作為に分けた。

コンピュータ画面上に連続で呈示される刺激に対して、対応するキーを押す課題である交互系列反応時間課題を用いた。1回の試行をブロックと定義し、刺激の規則性が異なる課題Aと課題Bを用いた。

課題を反復練習する練習相では、課題Aを5ブロック行った。そして、練習相終了から4~5時間後に、そのパフォーマンスの保持を評価する保持相として課題Aを5ブロック行った。課題終了後に、課題の潜在性を評価した。また、干渉課題群は練習相終了直後に干渉課題として課題Bを5ブロック行った。

データ処理のため、ブロック5つを1エポックと定義し、練習相をエポック1、干渉課題をエポック2、保持相をエポック3とした。さらに、系列の構造上、出現する頻度が異なるため、出現頻度が多いものを高頻度トリプレット、低いものを低頻度トリプレットと定義した。従属変数である平均反応時間を群およびエポック、トリプレットごとに算出した。統計解析は、群、エポックとトリプレットを用いて、3元配置分散分析反復測定を行った。多重比較検定はBonferroni法を用いた。なお、有意水準は5%とした。すべての分析は、SPSS (IBM 26)を用いた。

## 【結果】

トリプレットとエポックに主効果がみられ( $p<0.001$ )、高頻度のトリプレットは低頻度のトリプレットの反応時間より短く、エポック3はエポック1の反応時間より短かった。そして、群要因の主効果と交互作用はみられなかった( $p>0.05$ )。また、課題は潜在的に行われた。

## 【考察】

練習の早期から潜在的な系列特有学習が行われた。さらに、課題Aは課題Bの干渉の影響を受けておらず、学習の統合は早期から行われたと考えられる。このことから、患者に動作手順などの系列を習得させる際に、潜在的な系列学習を用いることは、早期からパフォーマンスを安定させる可能性がある。

## 【結語】

潜在的な系列学習は早期から統合し、干渉課題の影響を受けない。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:19-Ig-203)の承認を得て実施した。参加者は、実験に先立って書面によるインフォームド・コンセントを得た。また、本研究において開示すべき利益相反はない。

## P-1-3-15

## ポスター発表1

## 言語的な教示による転移効果の阻害

○木村 剛英<sup>1)</sup>, 松浦 亮太<sup>2)</sup>

- 1) つくば国際大学 医療保健学部 理学療法学科
- 2) 上越教育大学大学院 学校教育研究科

## 【目的】

患者やアスリートに新たな動作を指導する際、すでに習得した動作を足がかりとして新たな動作の習得に結びつけることは多い。すなわち、成立した運動学習の転移効果を狙う戦略である。この時、セラピストは新たな課題の内容を丁寧に教示するが、この言語的な教示は運動学習の転移効果に影響するだろうか。運動学習は明示的なフィードバックを必要とする時期を経て、最終的に意識せずとも課題が遂行できる自動化の段階へと至る。そして、この自動化の段階で明示的なフィードバックを付与すると、運動学習の成果は損なわれる。そこで、成立した運動学習からの転移効果を狙う場合、明示的な言語的な教示を多用すると転移効果が得られにくい可能性はないだろうか。以上より本研究の目的は、言語的な教示の付与が運動学習の転移効果に及ぼす影響を明らかにすることとした。

## 【方法】

健常成人22名(20.2±0.6歳)を教示群(11名)と非教示群(11名)に割り付けた。転移効果の評価には、マウストラッキング課題を用いた。

マウストラッキング課題では、ディスプレイ上を8の字に移動するターゲット(半径4 mmの赤い円)を、カーソル(半径4 mmの白い円)で追跡する。カーソルの操作にはマウスを用いるが、マウスの動きに対しカーソルが画面の中心から60°回転した向きに移動するよう仕掛けを施した。この課題を1セットを60秒(8の字を8回描く)として、計7セット行った。なお、6セット目のみ回転角度を80°に変えた。教示群には実験開始前に6セット目のみ回転角度が80°になることを伝えた。一方、非教示群は全てのセットで回転角度が60°であると、虚偽の情報を伝えた。測定指標はターゲットとカーソル間の距離(誤差距離)とし、1セット内の誤差距離の平均値(cm)を求めた。

1から5セット目までの各群の成績、そして、教示の影響を評価する6から7セット目までの各群の成績を、反復測定二元配置分散分析にて評価した(被験者間要因:群[教示群 vs. 非教示群]、被験者内要因:セット数)。事後検定にはBonferroni法を用いた。

## 【結果】

1から5セット目までの誤差距離について、セット数要因で主効果を認めた( $p<0.001$ )。一方、6から7セット目までの誤差距離においては、交互作用が有意であり( $p=0.009$ )、その後の検定にて6セット目のみ、各群間で有意な誤差距離の違いがあった( $p=0.006$ )。

## 【考察】

5セット目までの成績の変遷は教示群・非教示群で同じであった。しかし、教示の有無が影響する6セット目の成績は教示群で有意に悪化した。これらの結果は、本研究の仮説を支持する内容であった。

## 【結語】

言語的な教示は運動学習の転移効果に必ずしも有効ではないことが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に則り、本人の同意を得た。本研究は所属機関の倫理委員会の承認を得て実施された(承認番号:29-30)。

## P-1-3-16

## ポスター発表1

### 結合動作における全体法・部分法の運動学習効果の差異—練習中における部分法の特徴にも着目して

○嶋田 剛義<sup>1,2)</sup>, 鈴木 博人<sup>1)</sup>, 松坂 大毅<sup>1,3)</sup>, 我妻 昂樹<sup>1,4)</sup>, 藤澤 宏幸<sup>1)</sup>

- 1) 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科
- 2) 医療法人社団広安会 愛子整形外科 リハビリテーション科
- 3) IMSグループ イムス明理会仙台総合病院 リハビリテーション科
- 4) 東北文化学園大学 医療福祉学部

#### 【目的】

運動学習研究の関心事に全体法と部分法の効果の差異があり、未だ不明な点が多い (Fontana, 2009)。また、理学療法士は動作を単位動作に分けて練習させる場合があるが、そのような部分法を取り上げた報告はない。そこで、結合動作を学習課題として取り上げ、全体法と単位動作に分けた部分法の運動学習効果の差異を明らかにすることとした。

#### 【方法】

対象は健常青年20名とし、全体法群と部分法群に10名ずつ無作為に割り付けた。学習課題にはカーソル操作による標的通過課題を用いた。この課題における結合動作は次の2つの単位動作で構成された。一つは肘関節屈伸運動によるレバーを操作する動作 (以下: レバー操作動作) でカーソルを左右方向に変化させ、もう一つはレバー先端に付いたアナログ出力型徒手筋力計の把握動作 (以下: 把握動作) でカーソルを上下方向に変化させるよう設定した。標的はレバー操作動作 (肘関節屈曲 $0^{\circ}$  ~ $100^{\circ}$ ) と把握動作 (Okgw-5kgw) を組み合わせて5つ配置した。実験期間は2日間 (1日目: 練習前テストと練習, 2日目: 保持テスト) とした。被験者には、できるだけ速く、正確に標的を通過するよう求めた。練習前テスト後、各群に分かれ、計3ブロック練習した。全体法群は課題全体を通して練習を、部分法群は、はじめにレバー操作動作と把握動作をそれぞれ練習した後、最後に課題全体を練習した。データ解析として所要時間、標的通過率及びカーソル総軌跡長を算出した。統計解析には Smirnov-Grubbs検定後、混合計画における二元配置分散分析を実施し、事後検定に Sheffer の検定を用いた。

#### 【結果】

部分法群の1名を除く19名が解析対象となった。分散分析の結果、すべての変数でテストによる主効果のみ認められた。両群ともに練習によりパフォーマンスが改善し、保持テストまで維持されていた。事後検定の結果、保持テストにおいて全体法群のカーソル総軌跡長が部分法群より有意に短かった。また、部分法群が分割して練習した動作を統合させる際、標的通過率が一時的に低下することが観察された。

#### 【考察】

カーソル総軌跡長における群間差について、部分法群は2つの単位動作を結合させる練習の不足が影響したと推測された。そのため、単位動作に支障のない健常者において部分法は全体法に劣る結果となったと考えられる。また、部分法群で観察された標的通過率の一時的な低下から、2つの単位動作を結合させる際に挑戦的な試行が生じる可能性が示唆された。

#### 【結語】

健常者を対象とした結合動作の運動学習において、全体法が優れている可能性が示唆された。また、部分法群が課題全体を実施する際に挑戦によるエラーが生じる可能性が示唆された。

#### 【倫理的配慮、説明と同意】

対象者には研究の趣旨を書面及び口頭にて説明し、書面にて参加の同意を得た。なお、本研究は発表者所属の研究倫理審査委員会 (承認番号: 文大倫第20-02号) の承諾を得て実施した。

## P-1-3-17

## ポスター発表1

### ハンドリングにおける能動運動と受動運動の運動学習効果の特徴—三次元空間でのリーチ動作を学習課題として (第1報)

○鈴木 博人<sup>1)</sup>, 我妻 昂樹<sup>1,2)</sup>, 松坂 大毅<sup>1,3)</sup>, 嶋田 剛義<sup>1,4)</sup>, 藤澤 宏幸<sup>1)</sup>

- 1) 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科
- 2) 東北文化学園大学 医療福祉学部
- 3) イムス明理会仙台総合病院 リハビリテーション科
- 4) 愛子整形外科 リハビリテーション科

#### 【目的】

理学療法士 (PT) の徒手的な動作指導 (ハンドリング) には、受動運動の場合と能動運動を伴う場合とある。近年、受動運動が能動運動と同等の運動学習効果を示すことが報告されているが、二次元空間での実験が多く、三次元空間での検証が不足している。そこで本研究の目的は、三次元リーチ動作を学習課題とし、能動・受動運動の観点からPTによるハンドリングの運動学習効果を明らかにすることとした。

#### 【方法】

対象は健常青年27名とし、無作為に能動群13名と受動群14名に割り付けた。測定課題は障害物回避リーチ動作 (視覚情報遮断・非利き手) とし、上記と異なる健常青年が視覚情報を用いて実施した際の平均データを学習目標 (model) とした。対象者には各々の形態に合わせて調整された測定環境 (座面高・障害物位置・標的位置) で座位をとらせ、体幹をベルトで固定した。測定には三次元動作解析装置を使用し、反射マーカーを中指末端と標的中央に貼付した。測定手順について、説明動画の視聴後、プレテストを3試行実施した。その後、練習期間を二日間 (10試行/日) 設けた。両群ともに同一のPTが指導を担い、能動群には誘導への能動的な追従を求め、受動群には誘導中に力を入れないように要求した。また、事後にはモニターで標的到達位置を確認させた。練習期間終了の翌日 (第1) と1週間後 (第2) には保持テストを3試行ずつ実施した。データ解析として、指先標的間距離、所要時間、指先軌道、指先総軌道長を求め、さらにmodelとの誤差を算出した。統計解析について、従属変数を上記4パラメータ、独立変数を群とテストとした二元配置分散分析 (混合計画) を行い、事後検定には多重比較検定 (Shaffer法) を用いた。有意水準は  $\alpha=0.05$  とした。

#### 【結果】

測定に支障のなかった各群10名ずつを解析対象とした。指先標的間距離では、両群ともにプレテストから有意な改善が認められた。所要時間誤差では受動群のみプレテストから有意な改善を示したが、群間の差は認められなかった。一方、指先軌道誤差では能動群のみ有意な改善を示し、第1・第2保持テスト時に群間差も認められた。また、指先総軌道長誤差では受動群のばらつき増加が特徴的であった。

#### 【考察】

到達位置や動作時間については、受動運動による固有受容性情報の知覚が運動学習にプラスの効果を示したと考えられた。一方、三次元の指先軌道形成においては受動群が能動群に劣る結果となった。これは、筋トルク産生に関する誤差修正の機会が受動運動で不足したことが影響したと推察した。

#### 【結語】

ハンドリングによる受動的練習では位置や時間の学習が可能である。一方、三次元の運動軌道の学習には能動的練習を含める必要性が示唆された。

#### 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者所属の研究倫理審査委員会 (承認番号: 18-03) の承認を得て実施した。

## P-1-3-18

## ポスター発表1

## 運動課題の反復練習が体性感覚gatingに及ぼす影響

○赤岩 眞悠<sup>1)</sup>, 松田 裕弥<sup>1)</sup>, 齊藤 秀和<sup>2)</sup>,  
柴田 恵理子<sup>3)</sup>, 佐々木 健史<sup>4)</sup>, 菅原 和広<sup>4)</sup>

- 1) 札幌医科大学 大学院 保健医療学研究科  
2) 札幌医科大学 保健医療学部 作業療法学科 作業療法学  
第一講座  
3) 北海道文教大学 人間科学部 理学療法学科  
4) 札幌医科大学 保健医療学部 理学療法学科 理学療法学  
第一講座

## 【目的】

随意運動時に体性感覚誘発電位 (SEPs) を記録すると、安静時と比較して振幅が減少する。この現象はgatingと呼ばれ、SEPs誘発時の体性感覚刺激に対し、運動遂行によって生じる求心性入力による干渉作用と、運動関連領域による抑制作用が影響することで生じると考えられている。我々はこれまで、運動パフォーマンスが高い被験者ほどgatingの生じる程度が大きくなることを明らかにした。この結果から、運動課題の反復によって運動パフォーマンスが向上することでgatingの生じる程度は大きくなると考えた。そこで本研究では運動課題の反復練習前後におけるgatingの変化を調査した。

## 【方法】

対象は右利き健康成人15名とした。対象者は右手に2つの木球を保持し、安静課題 (rest) と木球を反時計回りに素早く回転させるBall Rotation課題 (BR課題) を実施した。各課題は60秒を1 setとし、2 setを1 blockとした。実験開始時にrestのSEPsを記録し、その直後にBR課題時のSEPsを記録した (pre)。その後BR課題を4 block練習したのち、再度BR課題時のSEPsを記録した (post)。末梢神経刺激は右正中神経に行った。脳波は国際10-20法に従い、F3、C3' (C3の2 cm後方)、P3から記録し、SEP振幅はpeak to peak法にて算出した。右短母指外転筋 (APB)、浅指屈筋より筋電図を導出し、BR課題時の筋活動を計測した。また、運動パフォーマンスの指標としてBR課題の球回し回数を計測した。球回し回数、筋活動量の比較には対応のあるt検定、SEP振幅の比較には反復測定分散分析を用いた。

## 【結果】

球回し回数はpreと比較してpostで有意に増加し、右APBの筋活動量は有意に減少した。N20/P25、P25/N33、N33/P45振幅はrestと比較してpre、postで有意に減少した。しかし、すべてのSEP成分でpreとpostに有意差を認めなかった。

## 【考察】

全被験者においてBR課題の反復練習によって運動パフォーマンスが向上した。一方、gatingは課題の反復練習前後で生じていたが、gatingの生じる程度に統計学的な差はみられなかった。反復練習前ではBR課題遂行中に高い筋活動量を示したことから、一次運動野 (M1) から正中神経刺激による体性感覚刺激に対する抑制作用によってgatingが生じた。しかし、反復練習後ではBR課題中の筋活動量が減少したことから、M1からの抑制作用は減少したと考えられる。しかし、運動課題の反復により運動学習に関わる運動関連領域の興奮性増大と球回し回数の増加に伴う求心性入力の増加によってgatingが生じたと考えられる。

## 【結語】

運動課題の反復練習により運動パフォーマンスは向上し、BR課題中の筋活動量は減少したが、gatingの生じる程度は変化しなかった。このことから、反復練習前後ではgatingの発生機序が異なる可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は所属施設の倫理審査の承認を得ており (承認番号: 2-1-91)、被験者には実験内容を十分に説明し、同意を得た。

## P-1-4-1

## ポスター発表1

## IMUセンサを用いた運動学的歩行分析の計測信頼性

○北地 雄

総合東京病院 リハビリテーション科

【目的】比較的安価なIMUセンサによる運動解析が簡便に実施できるようになってきた。IMUセンサを用いた運動学的歩行分析の信頼性を検証する。

【方法】サンプルサイズ計算から33名が必要となり、骨関節疾患の既往のない32名の健康成人が研究に参加した (年齢26.0±3.6歳、身長164.1±7.3cm、体重54.9±7.2kg、棘果長84.3±3.8cm、男性18名、女性14名)。使用したIMUセンサは関節角度の出力を実装するwear notch (Notch Interfaces Inc) であり100Hzで計測した。IMUセンサはメーカー推奨を参考に装着した。対象者は快適歩行速度で約20秒の歩行を3試行し、約2週間後に再テストを同様に実施した。初期接地の推定は第2仙骨部の前後加速度と、右第5中足骨頭部に貼付したセンサの推定位置から行い、1歩行周期100点に標準化した。解析対象は右下肢とし、1試行における歩行開始と停止の5歩行周期を除外し、中間の安定した歩行の各関節運動の平均値を求め、その最大値を統計解析に使用した。実装されている関節角度 (股関節屈伸、内外転、回旋、膝関節屈伸、足関節底背屈、回旋) に加え、剣状突起部、股関節部、第5中足骨頭部の推定位置 (座標データ) からTrailing Limb Angle (TLA) も計算した。計測信頼性は同日内の3試行、および再テスト信頼性を求め、相対信頼性としてtwo-way random effect modelのICC (2.1) を、絶対信頼性としてMDCをそれぞれ統計ソフトR version 3.6.3を用いて計算した。同日内のICC 0.9を得るために必要な測定回数も計算した。

【結果】歩行速度は初回1.36±0.1m/s、再テスト時1.38±0.11m/sであり、再テストまでの期間は14.9±2.8日であった。初期接地の推定に用いた右第5中足骨頭部と第2仙骨部の二乗平均平方根誤差は0.05秒であった。ICCの最低値は同日内の股関節が0.69 (外転)、膝関節が0.65 (屈曲)、足関節が0.27 (背屈)、TLAが0.48であり、再テスト信頼性は股関節が0.21 (外転)、膝関節が0.54 (伸屈)、足関節が0.013 (回旋)、TLAが0.18であった。MDCの最大値は同日内の股関節が9.2° (内旋)、膝関節が13.2° (屈曲)、足関節が12.0° (背屈)、TLAが7.2° であり、再テストMDCは股関節が14.5° (内旋)、膝関節が11.9° (屈曲)、足関節が17.9° (底屈)、TLAが7.5° であった。0.9以上の信頼性を得るためには最大で24回 (足関節背屈) の計測が必要であった。

【結語】IMUセンサを用いた歩行分析の計測信頼性を高める方法の検討が必要である。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は倫理委員会の承認を得た (TGH-125)。研究参加者には書面を用いて説明し研究参加の同意を得た。

## P-1-4-2

## ポスター発表1

## 歩行中の下腹部合成加速度を用いた股関節屈曲角度の推定

○稲井 卓真<sup>1)</sup>, 小林 吉之<sup>2)</sup>, 須藤 元喜<sup>3)</sup>,  
山城 由華吏<sup>3)</sup>, 植田 智也<sup>3)</sup>

- 1) 産業技術総合研究所 ぐらし工学研究グループ
- 2) 産業技術総合研究所 運動機能拡張研究チーム
- 3) 花王株式会社 東京研究所

## 【目的】

変形性股関節症は動作能力や生活の質の低下を引き起こす疾患であるため、この疾患の進行を防ぐことは重要である。近年の先行研究 (Kumar et al., 2017)によれば、変形性股関節症の可変的なリスクファクターとして立脚初期の股関節屈曲角度の増加が報告されているため、立脚初期の股関節屈曲角度を日常的かつ継続的に評価することはこの疾患の進行を防ぐために重要といえる。慣性計測装置と呼ばれる簡易センサに着目した先行研究 (Lim et al., 2019)は、骨盤上のひとつの慣性計測装置から股関節屈曲角度の推定が可能だと報告しているが、3軸加速度 (速度・位置)を入力情報としているため慣性計測装置の僅かな傾きが誤った推定結果を引き起こす可能性がある。そこで本研究では、この課題を解決するために3軸の「合成」加速度波形に着目し、歩行中の(骨盤上)下腹部合成加速度から股関節屈曲角度を推定した際の精度を検証することを目的とした。

## 【方法】

本研究は、産総研の歩行データベースに登録されている健康成人305名(平均年齢51.8歳)を対象とした。課題動作は10m程度の歩行路の快適歩行とし、三次元動作解析装置と床反力計を用いた。解析区間は左下肢の1歩行周期とした。両側の上前腸骨棘のマーカから中点を計算し、下腹部の合成加速度を計算した。骨盤座標系と大腿座標系から股関節屈曲角度を計算した。各被験者の下腹部の合成加速度と、股関節屈曲角度それぞれに主成分分析を実施し、主成分得点を得た。下腹部の合成加速度の主成分得点を説明変数、股関節屈曲角度の主成分得点を従属変数とした重回帰モデルを構築した。妥当性を検証するために、leave-one-out法を用いた。股関節屈曲角度の実測値と推定値からRMSEと相関係数を計算した。

## 【結果】

股関節屈曲角度の実測値と推定値から計算されたRMSEと相関係数は、それぞれ $5.5 \pm 3.5$ 度と0.99であった。

## 【考察】

本研究の主たる知見は、歩行中の下腹部合成加速度から股関節屈曲角度の推定が平均およそ5度以下の精度で可能であることである。先行研究 (Lim et al., 2019)は、骨盤上の3軸加速度 (速度・位置)を入力情報として歩行中の股関節屈曲角度を推定し、RMSEは $3.1 \pm 1.5$ 度だったと報告している。本研究と比べて先行研究のRMSEが数度低かった理由としては、推定モデルの入力情報が多かったことが考えられる(本研究：合成加速度、先行研究：3軸加速度)。しかし、本研究は合成加速度を用いており、慣性計測装置に傾きが生じていたとしても一切影響はなく安定した結果が得られるため、このポイントが優位性だと考える。

## 【結語】

歩行中の下腹部合成加速度から股関節屈曲角度の推定が平均およそ5度以下の精度で可能である。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究で用いたデータは、発表者が所属する機関の倫理審査委員会に承認された上で収集されたものである。実験時に書面による説明を行い、同意を得た。

## P-1-4-3

## ポスター発表1

## 立ち上がり動作における左右別の足底圧計測の再現性-複数回測定での再現性と経過に伴う変動係数の変化-

○吉田 啓晃<sup>1)</sup>, 中山 恭秀<sup>2,3)</sup>, 樋口 謙次<sup>1)</sup>,  
安保 雅博<sup>2)</sup>

- 1) 東京慈恵会医科大学附属柏病院 リハビリテーション科
- 2) 東京慈恵会医科大学 リハビリテーション医学講座
- 3) 東京慈恵会医科大学附属病院 リハビリテーション科

【目的】立ち上がり動作の足底圧(立ち上がり足底圧)は、両下肢均等の荷重量を指示しても動作中に健側へ偏位しやすく、左右下肢の力発揮率や力発揮の大きさの指標となる。これまで、両側下肢の立ち上がり足底圧の再現性に関する報告はあるが、左右に分けて計測する場合の検討はない。また術後経過でそのばらつきはどのように変化しているかは明らかではない。検討1では、大腿骨頸部・転子部骨折患者を対象とし、立ち上がり足底圧の計測値の精度を級内相関係数にて検討した。検討2は、経過に伴い動作のばらつきが変化するか変動係数の変化をシングルケースで検討した。

【対象と方法】検討1：大腿骨頸部・転子部骨折術後患者40名(平均81.2歳、術後25.2日)を対象に、立ち上がり足底圧を3回ずつ測定した。測定機器はWin FDM-T(zebris社製)とし、高さ45cmの椅子から、左右の下肢に均等に荷重するように指示した。諸家の報告を参考に、準備期のRFD(rate of force development) [N/s/kg]、上昇期のPeak値[N/kg]を左右下肢で算出した。統計解析は、級内相関係数ICC (1,1)を求め、計測値のばらつきが収束するための回数として、Spearman-Brownの公式を用いて、ICCが0.9以上となるための回数を求めた。

検討2：大腿骨頸部・転子部骨折術後の3例を対象に、術後1~5か月まで、1か月ごとに立ち上がり足底圧を計測した。検討1と同様の方法で3回ずつ計測し、変動係数の変化を経時的に検討した。

【結果】検討1：RFD(患側/健側)は $16.8 \pm 4.8/25.9 \pm 6.1$ N/s/kg、Peak値は $5.1 \pm 1.0/6.5 \pm 0.8$ N/kgで、ICC (1,1)は、患側RFD0.74、患側Peak値0.86であった。ICCが0.9以上となるための回数は、患側RFDは3.1回以上、患側Peak値は1.5回以上と算出された。

検討2：3症例においてRFD、Peak値は増加傾向を示した。変動係数は、患側RFD0.05~0.4、Peak値0.01~0.16であった。RFDは対象者間の差が大きく、経時的変化は一定の傾向を示さなかった。

【考察】RFDは、足底圧が最大増加を記録した90ms間における増加量を1.0sに換算したものであり、動作速度の影響を受けやすい。一般的に、動作能力評価は最大努力下で行うことで計測のばらつきが抑えられ、再現性は高くなる。立ち上がり足底圧においても同様に、患側へ荷重するという荷重量の大きさは最大努力を指示したことでPeak値に高い再現性が得られた。しかし、動作速度が影響するRFDについては、立ち上がり動作に速度を指定しなかったため、精度が低い結果となった。立ち上がり足底圧と速度の関係を明確にすることは、健側へ偏位しやすい患者に対する一つの治療指針を示す可能性があると考えられる。

【結語】立ち上がり足底圧の計測精度は、左右均等に荷重するという指示ではPeak値の精度が高いが、RFDは低かった。RFDの精度を高めるためには、速度に関する動作指示を考慮することが必要である。

【倫理的配慮】当大学の倫理審査委員会の承認(24-304)を受け実施した。

## P-1-4-4

## ポスター発表1

## 歩行速度によって異なる脳卒中片麻痺患者の身体認知

○酒井 克也<sup>1)</sup>, 細井 雄一郎<sup>2,3)</sup>, 原田 悠亮<sup>4,5)</sup>

- 1) 千葉県立保健医療大学 健康科学部
- 2) 医療法人珪山会 鶴飼リハビリテーション病院 リハビリテーション部
- 3) 立命館大学大学院 スポーツ健康科学研究科
- 4) 医療法人社団鎮誠会 令和リハビリテーション病院 リハビリテーション科
- 5) 東京都立大学大学院 人間健康科学研究科

【目的】運動イメージと運動実行の差は、自己の身体機能をどの程度適切に認知しているかの指標であり、これを運動推定誤差と呼ぶ。脳卒中片麻痺患者は運動推定誤差が小さいと身体機能が高いと報告されている。身体機能を表す指標の一つは歩行速度があるが、歩行速度が速ければ身体機能は高いために、誤差は小さいのではないかと推測した。そこで本研究の目的は歩行速度によって運動推定誤差が異なるかを検証することとした。

【方法】対象は脳卒中片麻痺患者34名とした(平均年齢66.1 ± 12.3歳)。方法は10m最大歩行速度を測定した後に、先行研究に従い高速群(0.8m/sec以上)と低中速群(0.8m/sec未満)の2群に分類した。運動推定誤差はTimed Up and Go Test (TUGT)を用い、初めにイメージTUGT時間(iTUGT)を測定し、その後実際のTUGTを計測した。歩行速度は最大歩行速度とした。運動推定誤差はiTUGTからTUGTを差分し算出した。2群間で基本属性、運動推定誤差、下肢Brunnstrom Recovery Stage (BRS)、Functional Balance Scale (FBS)、Functional Independence Measure (FIM)に差があるかを検定した。さらに、運動推定誤差と各評価項目との関連を相関分析した。

【結果】高速群は22名、低中速群は12名であり、基本属性に有意差はなかった( $P>0.05$ )。高速群は低中速群と比較し有意に運動推定誤差値が小さく(高速群:  $3.14 \pm 1.81$ 秒、低中速群:  $8.61 \pm 6.34$ 秒,  $P<0.05$ )、FBSとFIM運動項目の値が高かった(FBS 高速群:  $52.8 \pm 4.0$ 点、低中速群:  $42.6 \pm 5.9$ 点 FIM 運動項目 高速群:  $77.7 \pm 13.6$ 点、低中速群:  $67.3 \pm 14.3$ 点,  $P<0.05$ )。相関分析の結果、運動推定誤差はFBS、TUGT時間、FIM運動項目と中等度の相関を示した(それぞれ $\rho=-0.701$ ,  $0.655$ ,  $-0.431$ ,  $P<0.05$ )。運動推定誤差と下肢BRSは天井効果により相関関係がみられなかったが、低中速群のみ相関分析した結果、中等度の正の相関関係がみられた( $\rho=0.630$ ,  $P<0.05$ )。

【考察】歩行速度は運動イメージ能力と関連しており、歩行速度が速いと運動イメージ能力が高い報告されている。そのため、高速群は運動イメージ能力が高く自己の身体を適切に認知しているために誤差が少ないと推測した。

【結語】脳卒中片麻痺患者の運動推定誤差は歩行速度が速い対象者は誤差が小さく、身体機能が高かった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は所属する研究倫理委員会の承認(承認番号: 01, 20210907)を得て、対象者に研究内容を説明し同意を得た上で実施した。

## P-1-4-5

## ポスター発表1

## 回復期病棟入院早期の患者における身体活動量の計測期間の検討

○有末 伊織<sup>1)</sup>, 田中 和樹<sup>2)</sup>, 島田 尚哉<sup>2)</sup>, 池谷 彰<sup>2)</sup>, 中俣 恵美<sup>1)</sup>, 中野 真人<sup>2)</sup>

- 1) 関西福祉科学大学 保健医療学部リハビリテーション学科理学療法専攻
- 2) 社会医療法人 高国会 高井病院 リハビリテーション科

## 【目的】

近年、身体活動量を示す指標として歩数が使用され、様々な領域や機器を用いて計測が行われている。清水ら(2014)は回復期へ入院後1か月目の脳卒中患者における活動量を報告した。回復期入院後早期の活動量の傾向を把握していくことで、より早期から患者へ効果的なりハビリ介入や入院中の活動量を向上させることができる。そのため、回復期入院後早期の活動量を把握していくことが必要である。しかし、回復期病棟入院早期における計測期間についての研究はみられない。そこで、本研究は回復期病棟入院早期の患者に対する計測値に差がみられるかどうかを検討し、計測期間の設定の一助とすることを目的とした。

## 【方法】

2020年2月1日から2021年2月28日の間に回復期病棟を入院した262名の中で、本人または家族に同意が得られ、入院早期の計測が可能であった25名とした。身体活動量の評価として、Fitbit社製の腕時計型測定装置(Charge)を非利き手に装着し、歩数を計測した。研究期間は同意が得られてからの5日間とし、1日目にFitbitを患者へ貸し出し、5日目にFitbitを回収した。入浴時以外は装着することとし、2日目~4日目の計測値を用いた。計測値の分析を行うため、①2日目、3日目、4日目の3群と、②2日目のみ、2日目と3日目の平均値、2日目から4日目の平均値の3群にした。①および②に対する統計は、Shapiro-Wilk検定により正規分布でなかったため、群間比較としてFriedman検定を行い、日数によって差がみられるかどうか検討した。解析には、IBM SPSS Statistics version 26を用い、有意水準を5%とした。

## 【結果】

①の3群間(各日における)は、有意差をみとめなかった( $p=0.13$ )。②の3群間(2日目のみ、2日目と3日目の平均値、2日目から4日目の平均値)に有意差をみとめた( $p=0.02$ )が、事後多重比較では有意差をみとめなかった( $p=0.476$ ,  $p=0.074$ ,  $p=0.346$ )。

## 【考察】

本研究によって、回復期入院早期の患者に対して、腕時計型活動量計測装置を使用し、研究期間2日目~4日目の計測値間に差をみとめず、2日目と2日間および3日間の平均値との間にも差はみられなかった。この理由として、回復期リハビリテーション病棟では、主にADL向上による寝たきりの防止と在宅復帰を目的としたリハビリテーションを集中的に行うための病棟(厚生労働省 中医協)であり、起床から就寝まで1日の生活を繰り返している。そして、入院早期の間で急激に機能改善するというよりは、2週間や1か月などの期間を要しながら心身機能やADLの改善がみられると考えられる。

## 【結語】

本研究によって計測期間は短期間でもその患者の活動量を反映し、回復期病棟入院早期の活動量を把握することができることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、関西福祉科学大学 研究倫理審査委員会の承認を得ており(承認番号21-14)、対象者に対して研究の趣旨を口頭と書面にて説明し、同意を得た。

## P-1-5-1

## ポスター発表1

## 非接触運動計測システムと角度統計手法の統合による頸髄症歩行特性評価

○飯島 弘貴<sup>1,2,3)</sup>, 小山 恭史<sup>4)</sup>, 藤田 浩二<sup>5)</sup>, 高橋 正樹<sup>3)</sup>

- 1) 名古屋大学 高等研究院
- 2) 名古屋大学 医学系研究科
- 3) 慶應義塾大学 理工学部システムデザイン工学科
- 4) 東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科整形外科学
- 5) 東京医科歯科大学大学院 歯学総合研究科運動器機能形態学

## 【目的】

非接触センサを用いた歩行評価は計測空間の制約が少なく、リハビリテーション現場への応用が期待されている。我々はレーザーレンジファインダーを用い、Timed Up and Go (TUG)テスト中の遂行時間や歩行速度、歩幅などの時空間パラメータを自動算出する計測システムを構築し、運動器系や中枢神経系の患者への実践を医工連携によって推進してきた。この一連の計測の中で、上述の基本的な時空間パラメータでは捉えきれない、脚や重心の移動軌跡が歩行周期間で不規則な動きを示す症例が多数確認された。そこで本研究では、有疾患者の歩行特性をより詳細に捉える計測システム構築を出口戦略とした、脚や重心の軌跡不規則性を定量化する解析アルゴリズムを提案する。この研究目的において、我々は下肢の痙性のために脚の移動軌跡が不規則になる頸髄症患者をリクルートし、角度統計手法を用いて構築した解析アルゴリズムの妥当性検証を行った。

## 【方法】

TUG歩行中にレーザーレンジファインダーによって取得された脚の二次元位置座標(各時刻歴、一時刻歴前ならびに一時刻歴後の三時刻)を基に、脚の軌跡角度を算出した。TUG歩行中の全ての軌跡角度を二次元極座標系にプロットした後に平均合成ベクトルを患者ごとに求め、その平均合成ベクトルの長さを各TUGテスト中の移動不規則性(0-1)として定義した。この提案指標の妥当性検証として、頸髄症患者(n=24、平均年齢60.7歳)と健康高齢者(n=37歳、55.3歳)を対象とした線形判別分析を行った。最後に、提案指標の頸髄症判別能におけるTUG総合時間の影響を除外するため、TUG総合時間を共変量に含めた二項ロジスティック回帰分析を行った。この回帰分析において、従来手法(カーブフィッティングを用いた移動不規則性評価)との比較を行った。

## 【結果】

頸髄症患者は高齢健康者と比較して提案手法における移動不規則性が増大し、線形判別分析は2群間を有意に判別した(p=0.020)。また、ロジスティック回帰分析において、移動不規則性はTUG遂行時間を考慮してもなお頸髄症と有意に関連した(p=0.050)。一方、従来手法に基づき算出した移動不規則性は、TUG遂行時間を考慮した場合には頸髄症との有意な関連はなかった。

## 【考察】

角度統計を用いた提案手法によって、不規則性を主とした頸髄症患者の歩行特性を捉えることができた。カーブフィッティングを用いた比較手法では有意差がなかったため、角度統計手法を用いた提案指標はより鋭敏に歩行不安定性を捉えていると考える。

## 【結語】

角度統計手法を用い、非接触運動計測システム中における移動不規則性を定量化した。提案手法は頸髄症患者の歩行特性を捉える上で有用であった。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、所属施設の研究倫理委員会の承認を得て実施した。

## P-1-5-2

## ポスター発表1

## VRによる身体化と視覚効果を用いたリーチングシステムの開発

○中村 昂平<sup>1)</sup>, 菅田 陽恰<sup>2)</sup>, 三木 将仁<sup>1)</sup>, 原 正之<sup>1)</sup>

- 1) 埼玉大学 大学院理工学研究科
- 2) 大分大学 福祉健康科学部

## 【目的】

本研究では、仮想ハンドの身体化とVRによる視覚効果を用いた新しい上肢運動学習システム(VRリーチングシステム)の実現を試みる。また、身体化した仮想ハンドに与える視覚的な効果がリーチング運動に及ぼす影響を検証し、試作システムの有効性を示すことを目指す。

## 【方法】

初めに、Unityを開発環境としてOculus Quest 2を用いたVRリーチングシステムの試作を行った。具体的には、Unity上で仮想ハンド、ターゲット(3本の円柱)、開始点(赤い球)、炎のエフェクト(任意の時間で円柱上に提示可能)、および仮想実験環境を作成し、リーチング軌道を計測してCSVファイルで出力するプログラムを作成した。試作システムでは、手の平の位置計測をOculus Quest 2のハンドトラッキング機能で実現した。次に、開発したシステムを用いて8人の協力者のもと行動実験を行い、軌道データをもとに炎の視覚効果がリーチング運動に及ぼす影響について検証した。研究参加者には、(1)開始点に手を入れて準備する、(2)色が白から青に変化したターゲット(目標ターゲット)に手の平を素早く入れる、(3)手を開始点に戻す、の3つの動作を指示した。目標ターゲットをランダムに変更しながら、これらの動作を計150回繰り返して行ってもらい、リーチングの所要時間などについて検討した。

## 【結果】

ターゲット別にリーチングの平均所要時間をボックスプロットで可視化したところ、いずれのターゲットにおいても炎のエフェクトの有無による有意差は見られなかったが、炎のエフェクトが発生している条件ではばらつきが大きくなる傾向が見られた。これについて、手の平の位置と目標ターゲット位置との平均距離の時刻歴応答についても検討したところ、炎のエフェクトを目標ターゲット上に提示した場合、運動開始直後において信頼区間が広がる傾向が見られた。

## 【考察】

炎のエフェクトの有無によるリーチングの平均所要時間に有意な差は見られなかったものの、炎のエフェクトによりそのばらつきが大きくなったことから、視覚効果の影響が示唆される。また、運動開始直後の反応速度のばらつきも炎のエフェクトを目標ターゲット上に提示した場合に大きくなることから、身体化した仮想ハンドへの視覚的な効果がヒトの上肢運動学習に何らかの影響を与える可能性があることが示唆された。

## 【結語】

本研究では、仮想ハンドの身体化とVRによる視覚効果を用いたリーチングシステムを試作し、炎のエフェクトを提示するリーチング実験によりその有効性を検証した。実験の結果、さらなる検討が必要であるものの、試作システムの上肢運動学習への適用可能性について示すことができた。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

実験は埼玉大学倫理委員会の承認(R3-E-21)を得て実施しており、研究参加者からは実験前にインフォームド・コンセントを得ている。

## P-1-5-3

## ポスター発表1

## 膝・足関節肢位および床反力中心位置による前脛骨筋の膝伸展作用への影響 筋骨格シミュレーションによる解析

○小栢進也<sup>1)</sup>, 島村雅彦<sup>2)</sup>

- 1) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科
- 2) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科

【目的】筋機能は動作分析や運動介入を考える上で必須の情報である。筋は全身の関節運動に作用し複数の関節で運動を生じさせる。筋の作用は姿勢や床反力中心に依存するため、筋機能はこれらの影響を考慮して検討する必要がある。立脚初期において生じる膝屈曲運動は前脛骨筋が強く関与することがわかっている。しかし、姿勢や床反力が前脛骨筋の膝屈曲作用にどのように関与するかは不明である。そこで、筋骨格シミュレーション解析を用いて、膝屈曲、足背屈角度、床反力位置による前脛骨筋の膝屈曲作用を検討した。

【方法】Matlabを用いて大腿・下腿・足部の3セグメント、股・膝・足の3関節の2次元モデルを作成した。また下腿前面から足部近位背面への走行する前脛骨筋を作成した。質量、慣性モーメントなどモデルパラメータは先行研究のデータを用いた。膝関節と足関節角度および床反力中心位置(足部固定点)で下肢姿勢の条件分けをした。膝関節は屈曲10°と20°、足関節は背屈0°、底屈10°、床反力中心は足部最後部(踵後部)と足長の10%踵より前方(踵前部)のそれぞれ2条件、合計8条件とした。前脛骨筋の発揮張力を0-50msecの時間で直線的に100Nまで増加させた。ルンゲクッタ法を用いて1msec刻みで順動力学シミュレーションを行い、50msec後と開始時の足、膝、股関節角度の違いを比較した。また膝関節角度変化を足関節角度で割った膝-足の角度変化割合を算出した。

【結果】すべての条件で足背屈、膝屈曲、股屈曲が認められた。膝屈曲20°、足底屈10°、床反力踵前方の条件で最も強い膝屈曲作用を認めた。足関節角度変化は5.29°, 9.32°, 3.79°, 6.42°, 4.24°, 7.05°, 5.81°, 9.91°であり、それぞれEPB, EPA, EDB, EDB, FPB, FPA, FDB, FDA条件を表す(E:膝屈曲10°, F:膝屈曲20°, D:足背屈0°, P:底屈10°, B:踵後部, A:踵前部)。膝関節角度変化は2.81°, 4.00°, 2.22°, 3.05°, 2.59°, 3.52°, 3.22°, 4.39°であった。股関節角度変化は1.06°, 1.22°, 1.10°, 1.36°, 1.16°, 1.36, 1.28°, 1.42°であった。膝-足の角度変化割合は膝屈曲20°、足背屈0°、床反力踵後で最も高い値を示し、0.53, 0.43, 0.59, 0.48, 0.61, 0.50, 0.55, 0.44であった。

【考察】膝屈曲、足底屈、足圧中心踵前方であるほど膝屈曲作用が強い。特に足関節の底屈位と足圧中心の前方移動が前脛骨筋による関節運動の効率性を高めることが明らかとなった。一方、足背屈作用に対して膝関節作用が最も高まるのは膝屈曲、足背屈、足圧中心踵後面である。逆に足関節底屈位で踵の前方から接地するような歩容は膝屈曲を回避する歩容を選択している可能性がある。

【結語】立脚初期の前脛骨筋は足背屈、膝屈曲、股屈曲作用を有する。足圧中心の前方移動は相対的に足関節背屈よりも膝屈曲の作用を強める姿勢であることがわかった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は対象者・物を必要としな

いモデル解析である。

## P-1-5-4

## ポスター発表1

## 新規の関節運動を導く Ankle Assist Ergometerの開発

○平田 恵介<sup>1,2)</sup>, 山岸 幸太郎<sup>3)</sup>, 塙 大樹<sup>4)</sup>, 宮澤 拓<sup>2,4)</sup>, 藤野 努<sup>2,4)</sup>, 横山 萌香<sup>2,5)</sup>, 久保田 圭祐<sup>2,6)</sup>, 飯塚 浩二郎<sup>3)</sup>

- 1) 東京家政大学 健康科学部
- 2) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科
- 3) 芝浦工業大学 システム理工学部
- 4) 人間総合科学大学 保健医療学部
- 5) 順天堂大学 スポーツロジックセンター
- 6) 埼玉県立大学 研究開発センター

【目的】著者らは脳損傷者を想定し、歩行時の片側下肢関節運動の再獲得を図るアングルアシストエルゴメータ(AAE)の開発を行っている。これは駆動中のクランク角度に応じペダルに設置された足関節部が他動底背屈を付与するエルゴメータである。本研究ではAAEを用い、神経学的背景として想定している多関節協調性を利用した運動学習効果を検証することを目的とした。

【方法】健常若年成人16名はメトロノームに合わせて毎分60回転で、アシストなし1分(最後の20サイクルをbaseline相と定義)、アシストあり7分(最初と最後の20サイクルをperturbation相, adaptation相と定義)、アシストなし3分(最初と最後の20サイクルをaftereffect相, washout相と定義)の計11分間エルゴメータを駆動した。アシストはクランクが上死点後90度に達してから右足関節が背屈され、下死点までに背屈20度位を達成するように設定した。それ以外のクランク角度では足関節部はフリーの状態とした。クランクと足関節部にそれぞれ取り付けられたロータリエンコーダにより、クランク角度と足関節角度のモニタと出力が行なわれた。各相の足関節角度、角速度に反復測定分散分析を行なった。

【結果】下死点後90度点の前後25度における足関節背屈角度はアシストありperturbation相, adaptation相に比べ、アシストなしbaseline相, aftereffect相, washout相で有意に低く(p < 0.05)、機械的アシストに付随した変化を認めた。ただ下死点の前後25度における足関節背屈角速度はbaseline相に対し、perturbation相, adaptation相, aftereffect相までが有意に高く(p < 0.01-0.05)、washout相で再び有意差を認めず(p=1.00)、機械的アシストに依存しない変化を認めた。

【考察】本研究はアシスト付与直後のアシストのないadaptation相に、直前までアシストが付与されていたクランク角度において足関節角速度が維持されていることを明らかにした。サイクリック動作はCPGを駆動し、離散運動と異なる制御がなされ、ペダリング動作は歩行と神経基盤を共有する。本研究と同様に駆動動作中に片側下肢に摂動を加える実験系であるsplit-belt treadmillは、小脳機能の多関節協調性により摂動に適応し、新たな駆動運動パターンが生成されることで、摂動が無くなった後も適応後の運動パターンが残存する運動学習の知見を提供した。すなわち、本研究のAAEが多関節協調性により足関節運動を学習するツールであると考えられた。

【結語】本研究は可搬式エルゴメータを活用した臨床導入のハードルが低いリハビリテーションツールの開発を試み、脳損傷者の歩行再建に寄与する理学療法の可能性を示した。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は発表者が所属する施設の研究倫理委員会(SKE2021-01)の承認を得て実施した。

## P-1-5-5

## ポスター発表1

## 多群比較のための固定NMFによる筋シナジー変動解析手法の提案

○宇野 光平<sup>1)</sup>, 野嶋 一平<sup>2)</sup>, 松井 佑介<sup>1,3)</sup>

1) 名古屋大学 医学部保健学科

2) 信州大学 医学部保健学科

3) 東海国立大学機構 糖鎖生命コア研究所

## 【目的】

筋制御のメカニズムの解明に寄与すると考えられている筋シナジーの推定は、様々な課題において行われており、リハビリテーションへの応用を目指した研究も行われている。しかし筋シナジー推定とリハビリテーションには、未だ大きな隔りがあるのが現状である。原因は多数あるものの、筋シナジー推定手法であるNMFが異なる条件、異なる被験者間での比較に適していないことが大きな要因の一つである。そのため、これまでの筋シナジー推定手法では、正常群と疾患群の比較や治療前後での比較が困難であった。こうした問題に対応するため、シナジーの筋協調構造を条件間で共通とする連結NMFが提案されたが、シナジーの活性化パターンの違いから差異を解釈することは容易ではない。そこで我々はシナジーの活性化パターンを条件間で共通とし、筋協調構造の違いから条件間の差異を解釈する新たな筋シナジー推定手法を提案する。提案手法はこれまでの手法のボトルネックを解消し、筋シナジーの治療前後での比較などを容易にすることを目的としている。

## 【方法】

健康大学生7名を対象とし、歩行時の左右7筋(前脛骨筋、ヒラメ筋、腓腹筋内側頭、腓腹筋外側頭、大腿直筋、内側広筋、大腿二頭筋、半腱様筋)の下肢表面筋電図を2000Hzで測定した。測定中の音刺激の有無、音の速さなどにより5条件存在する。筋電図データには整流化やフィルタリング、一歩行周期ごとのずれの補正など前処理を行った。前処理後のデータに対して提案手法を適用し、各条件で5つの筋シナジーを推定した。

## 【結果】

5条件における歩行時の筋シナジーを比較したところ、音刺激のある3条件での筋協調構造は似通っており、対照的に音刺激のない2条件の筋協調構造はばらつきが大きかった。

## 【考察】

活性化パターンを固定した場合、音刺激のある場合の筋協調構造はばらつきが少ないことから音刺激が筋の同時活性に寄与している可能性が示唆された。本研究では健康大学生を対象としたが、今後疾患群においても同様の効果が見られればリハビリテーションの一助となる可能性がある。

## 【結語】

従来の筋シナジー推定手法はリハビリテーションへの応用における問題点が多数あったが、提案手法によりそのボトルネックの一つが解消され、異なる条件でのシナジーの比較や治療前後でのシナジーの比較が可能となった。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。

## P-1-6-1

## ポスター発表1

## 長期の筋力増強運動における筋厚および重心動揺の変化

○上門 大介, 浅田 祐介, 井手 賢斗, 立石 圭佑, 成富 耕治

社会医療法人天神会 古賀病院21 リハビリテーション課

## 【目的】

超音波画像診断装置(以下、エコー)の普及により、評価方法や治療前後の効果判定が可視化できるようになった。股関節疾患を有する患者の治療において、小殿筋が注目されており、エコーによる形態評価や重心動揺計などを用いた機能評価が散見される。しかし、それらの報告は即時的なものが多く、長期的な報告は少ない。よって、本研究の目的は、健康成人の小殿筋を対象として筋力増強を長期的に行い、筋力と重心動揺の変化を検証する事である。

## 【方法】

対象は下肢疾患のない健康成人男性12名(平均27.1±3.3歳、身長172±3.9cm、体重72.9±16kg)右下肢12脚とした。筋厚測定は、エコー(アロカメディカル社製SSD-ALPHA10)を用いて、小殿筋前部線維および小殿筋後部線維のランドマークを設定し計測を行った。計測した画像は、画像解析ソフトImage J(米国国立衛生研究所Version1.51j8)にて、3回計測した平均値を代表値とした。筋力測定は、HHD(アニマ社製ミュータスF2)を用いて測定を行った。重心動揺は、重心動揺計(アニマ社製ツイングラビコーダーG6100)にてサンプリング周期20Hz、解析時間30sにて計測した。計測は右脚の片脚立位とし、総軌跡長、外周面積を記録した。各評価の測定者は、臨床経験9年目の理学療法士1名とした。小殿筋の筋力増強運動は、各被験者の最大筋力の20%に設定し、大腿遠位部に重錘負荷を行った。そして、股関節外転運動10回を2set、60BPMに統一し、週2回8週間実施した。各評価に対し、開始時と8週間後の比較としてWilcoxonの符号順位和検定を行った。なお、有意水準は5%未満とした。

## 【結果】

小殿筋前部線維の筋厚は、開始時1.13±0.26cm、8週間後が1.51±0.3cmであり、有意差を認めた(p<0.001)。小殿筋後部線維は、開始時1.18±0.39cm、8週間後が1.43±0.4cmであり、有意差を認めた(p<0.005)。HHDは、開始時最大外転筋力20.2±5.44kgf、8週間後が30.1±3.2kgfであり、有意差を認めた(p<0.001)。外周面積の開始時は、4.8±1.28週間後は3.5±0.7cm<sup>2</sup>であり、有意差を認めた(p<0.005)。総軌跡長の開始時は、130.27±30.48cm<sup>2</sup>、8週間後は114.4±19.7cm<sup>2</sup>であり、有意差を認めた(p<0.001)。

## 【考察】

諸角は、筋力増強開始から8週の筋出力増加は筋肥大によるものと報告している。また、筋力と重心動揺の関係を調査した山崎らの報告では、本研究と同様の傾向を示しており、筋力増強により重心動揺が軽減したと考える。よって、本研究の結果から小殿筋は、股関節を安定化させる重要な筋である可能性があることが示唆された。

## 【結語】

小殿筋を対象筋として、8週間の筋力増強を実施し、筋力および重心動揺の比較を行った。そして、両者ともに有意差を認めた。今後、股関節疾患の患者への応用などを検討する。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。

## P-1-6-2

## ポスター発表1

## 脳卒中者における回復期特異的な運動単位動員特性の解明

○吉田 実央<sup>1,2)</sup>, 伊藤 貴紀<sup>3)</sup>, 国分 貴徳<sup>4,5)</sup>

- 1) 埼玉県立大学大学院 博士前期課程
- 2) リハビリテーション天草病院 リハビリ部
- 3) 埼玉県立大学大学院 博士後期課程
- 4) 埼玉県立大学 理学療法学科
- 5) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学専攻

【目的】脳卒中後の運動障害に対するリハビリテーションは集中的リハビリテーションの時期が重要とされ、回復期はその中核である。脳卒中後の運動障害の一つとして随意収縮障害が挙げられる。これらを司るのは運動単位であり、随意筋収縮を調節する生理学的最小単位である。先行研究において慢性期脳卒中者を対象とした運動単位動員特性は明らかとなっている一方、回復期脳卒中者を対象とした運動単位動員特性は依然未解明である。中枢神経系の筋活動異常を反映する運動単位動員特性において、病期ごとの特徴を解明することは集中的リハビリテーション実施時期を科学的に担保することに貢献し得る。本研究の目的は、回復期脳卒中者における運動単位動員特性から、脳卒中後運動障害における病期による神経生理学的特徴を明らかにするための基礎データを提示することである。

【方法】対象は回復期脳卒中片麻痺者6名で、使用機器は無線表面筋電計 (Trigno Galileo, Delsys, inc) とロードセル (Interface, inc) とし、それぞれ同期させて使用した。対象筋は非麻痺側、麻痺側上腕二頭筋とした。肘関節屈曲最大等尺性収縮課題 (Maximum Voluntary Force: 以下, MVC)、肘関節屈曲等尺性収縮にて一定の力を保持する課題 (以下, Hold) を非麻痺側、麻痺側において実施した。MVCにおける肘関節屈曲最大等尺性収縮力 (以下, 最大肘屈曲力) と Hold における肘関節屈曲力の変動係数 (以下, CV) をそれぞれ算出した。また、表面筋電計から取得された筋活動電位は運動単位活動電位に分解したのち、非麻痺側、麻痺側の平均発火頻度を算出した。統計学的解析は非麻痺側、麻痺側の各パラメータに対し、Shapiro-wilk検定にて正規性を確認後、対応のあるt検定を行なった。

【結果】最大肘屈曲力は非麻痺側の方が麻痺側よりも大きく ( $p=0.00$ )、CVは麻痺側の方が非麻痺側よりも大きかった ( $p=0.02$ )。平均発火頻度は麻痺側の方が非麻痺側よりも優位に大きかった ( $p=0.02$ )。

【考察】本研究結果のうち、力データにおける非麻痺側と麻痺側の関係性は先行研究における慢性期脳卒中者と同様の結果であった。一方、運動単位動員特性を示す平均発火頻度は慢性期と異なる特徴を有していた。したがって、回復期脳卒中者には回復期特異的な運動単位動員特性を有する可能性が示唆された。

【結語】脳卒中後の随意収縮障害における運動単位動員特性は脳卒中発症後の病期によって異なり、各時期における神経生理学的特徴を踏まえたリハビリテーション介入方法を検討する意義がある。

【倫理的配慮、説明と同意】所属施設倫理委員会の同意を得た (承認日: 2022年2月2日)。

## P-1-6-3

## ポスター発表1

## 橈骨遠位端骨折後に痛みを有する症例の安静時脳波マイクロステート

○大住 倫弘<sup>1,2)</sup>, 今井 亮太<sup>3)</sup>

- 1) 畿央大学大学院 健康科学研究科
- 2) 畿央大学 ニューロリハビリテーション研究センター
- 3) 大阪河崎リハビリテーション大学 理学療法学専攻

【目的】ひとの頭皮上電位分布は、約80-120msec持続して別のパターンへ遷移しながら安定しており、いわゆる準安定状態にある。このように一定期間持続して出現する頭皮上電位分布の時間的変化は情報処理過程の「内容」を表現していると考えられており、これを分析するツールとしてMicrostate segmentation解析がある。Microstate segmentation解析は精神疾患における治療の効果判定などに応用されてきているが、疼痛分野への応用は端緒についたばかりで、どのような脳波microstateの特性が疼痛と相関しているかは不明である。本研究では、橈骨遠位端骨折後に痛みを有する症例の安静時脳波を記録し、痛みと相関する脳波microstateを明らかにすることを目的とした。

【方法】橈骨遠位端骨折後に痛みを有する症例11名を対象に、閉眼安静状態の脳波活動を3分間記録した (Sampling rate 512Hz, 電極数32ch)。そして、得られた安静時脳波データを125Hzにダウンサンプリングした後に、1-40Hzでバンドパスフィルタをかけ、MATLAB toolboxであるmicrostates toolbox (Andreas et al, 2018) をMicrostate segmentation解析を実施した。具体的には、各瞬間における脳の電場のつよさを表すGlobal Field Power (GFP)を計算し、このGFPがピークに達した瞬間の頭皮上電位分布を描出し、それをk-mean法で4つの脳波microstateプロトタイプにクラスタリングした。そして、この脳波microstateプロトタイプを各症例ごとの脳波データへバックフィッティングさせて、それぞれの脳波microstateにおける出現頻度や持続時間などの変数を症例ごとに算出し、主観的な痛みのつよさ (Visual Analogue Scale: VAS, 0-100) との相関関係を分析した。

【結果】主観的な痛みのつよさと脳波microstate解析で算出された変数との間に統計学的有意な相関は認められなかった ( $p>0.05$ )。しかしながら、注意機能を表している脳波microstateの持続時間と主観的な痛みのつよさが相関している傾向はあった。

【考察】痛みを有するひとは注意機能が低下していることは多くの研究で報告されており、本研究のMicrostate segmentation解析での結果はこれを表している可能性がある。

【結語】安静時脳波活動のMicrostate segmentation解析は、痛みを有するひとの脳機能を簡便に定量化するツールになる可能性はあるが、症例数を積み重ねて慎重に検討する必要がある。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、文部科学省及び厚生労働省の定める人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に従い、研究者等の責務、有害事象への対応を考慮した上で研究計画書を作成し、畿央大学倫理委員会の承認を得た。また、個人情報保護に関する諸法令によるヘルシンキ宣言に基づいて対象に本研究の目的及び意義並びに方法、研究対象者に生じる負担、予測される結果等について十分に説明し、それらに理解が得られた上で自由意思に基づいて同意を得て実施した。

## P-1-6-4

## ポスター発表1

## 60mWの低出力レーザー照射による生体内散乱光強度の計測

○竹内 伸行<sup>1,2,3)</sup>, 松本 昌尚<sup>2,3)</sup>, 樋口 大輔<sup>1,2)</sup>

- 1) 高崎健康福祉大学 保健医療学部 理学療法学科
- 2) 高崎健康福祉大学大学院 保健医療学研究科 理学療法学専攻
- 3) 本庄総合病院 リハビリテーション科

【目的】低出力レーザー療法(low level laser therapy, LLLT)は、代表的な光線療法の一つであり、照射光は近赤外線領域の波長である。LLLTでは、一般に治療対象となる組織に対し経皮的にレーザーを照射するが、様々な理由により当該組織に照射困難なことも多い。生体にレーザーを照射して、その周辺部を近赤外線カメラで撮影すると、広範囲に散乱光を確認することができ、照射部位の周囲にも光が到達していることがわかる。これは、治療対象の組織から離れた部位に照射しても、治療効果を期待できる可能性を示唆するものである。臨床で用いられるLLLTの出力は幅広く様々であるが、我々はこれまでに出力10Wの半導体バルスレーザーの散乱光強度を報告(第60回日本生体医工学会、2021)した。しかし、より低出力なLLLT(100mW前後)の散乱光強度に関しては未検討であった。本研究は出力60mWのレーザー照射による散乱光強度を確認することを目的とした。

【方法】健康成人10人の前腕掌側を対象とした。レーザー治療器は、SOFTLASERY JQ-W1(出力60mW、波長810nm、連続照射、照射面積0.35mm[sup]2[/sup]、出力密度171.43mW/mm[sup]2[/sup]、ミナト医科学)を使用し、散乱光強度は光パワーメーターPM100USB(THORLABS JAPAN)を用いて測定した。光パワーメーターのフォトダイオードセンサー(9.7×9.7mm)を前腕掌側に貼付し、センサー中心から2cm毎に10cmまでの各部位にレーザーを照射し、皮膚表面の散乱光強度を測定した。

【結果】2cm部位は51.474(95%CI38.497-64.451)μW/cm<sup>2</sup>、4cm部位は2.633(95%CI1.723-3.543)μW/cm<sup>2</sup>、6cm部位は0.360(95%CI0.157-0.562)μW/cm<sup>2</sup>、8cm部位は0.123(95%CI0.045-0.201)μW/cm<sup>2</sup>、10cm部位は0.076(95%CI0.010-0.141)μW/cm<sup>2</sup>の散乱光を確認した。

【考察】出力60mWの低出力レーザー照射において、その照射部位周辺に散乱光を認め、10cm遠隔部でも明確な散乱光を確認することができた。本研究結果から、治療対象とする組織にレーザーを照射できない場合でも、その周辺部に照射することで治療効果が得られる可能性が示唆された。ただし、生体反応を引き起こすことができるレーザー光の強度は明確になっていない。今後は治療部位と照射部位の距離および照射光強度の関係、加えて、生体反応を引き起こすことのできる(治療効果を得ることのできる)レーザー光の強度を検討する必要があると示唆された。

【結語】レーザー照射部位周辺に散乱光を認めたことから、治療対象の組織とは離れた部位にレーザーを照射しても治療効果が期待できる可能性が示唆された。ただし、生体反応を生じるレーザー光強度は曖昧であり、今後の検討が必要と考えられた。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会の承認(承認番号20200819)を得て実施した。加えて、全被験者に本研究の目的と方法を説明し、書面で同意を得て実施した。

## P-1-6-5

## ポスター発表1

## 3種類の中鎖脂肪酸の骨格筋芽細胞への作用の差異

○西田 亮一<sup>1,2)</sup>, 森 拓也<sup>1,4)</sup>, 額賀 翔太<sup>1,3)</sup>, 川原 勲<sup>1,3)</sup>, 宮川 良博<sup>1)</sup>, 國安 弘基<sup>1)</sup>

- 1) 奈良県立医科大学 分子病理学
- 2) 高の原中央病院 リハビリテーション科
- 3) 阪奈中央病院 リハビリテーション科
- 4) 京都大学 倫理支援部

【目的】中鎖脂肪酸(MCT)は、担癌体での抗腫瘍効果が見られるとともに、骨格筋における酸化ストレス(ROS)の減少、骨格筋の成熟を促すことが示されておりがん悪液質への効果に注目は集まっている。われわれは、がん悪液質モデルマウスに対する糖質とMCTの併用経口投与が癌関連骨格筋萎縮を抑制することを報告した。今回、3種類の異なるMCTが骨格筋に対する影響を細胞培養実験により検証した。

【方法】実験には、MCTであるカプリル酸(C8)、カプリン酸(C10)、ラウリン酸(C12)を用い、マウスC2C12筋芽細胞に対して10%FBS混合培養液にそれぞれ低濃度・高濃度処理し、48時間培養した。その後、MTS assayによる増殖能を検討するとともに、蛍光染色によるミトコンドリア量、ミトコンドリアヒドロキシラジカル(OH・)、および、ミトコンドリアスーパーオキシド(O2-)を解析し、ミトコンドリアに対する影響を検討した。

【結果】細胞増殖能は、C8,C12では低濃度で細胞増殖を高濃度で増殖抑制を示したのに対し、C10では濃度依存性に増殖抑制が見られた。C2C12筋芽細胞におけるミトコンドリア量は高濃度C12で減少したが、C8,C10では低濃度、高濃度とも有意な変化を認めなかった。OH・は3種類のMCTとも変化は認められなかった。O2-は、C10,C12では高濃度で増加したのに対し、C8では増加は認められなかった。

【考察】本実験により3種のMCTでは筋芽細胞への作用に差異が確認出来た。特に低濃度のC8ではROSを増加させることなく、細胞増殖することが確認できた。今後、ミトコンドリア代謝や細胞死への影響について検討を行う予定である。

【倫理的配慮、説明と同意】本実験は、細胞培養実験であるため該当しない。

## P-2-1-1

## ポスター発表2

## 頸髄損傷後の呼吸負荷トレーニングによる横隔神経運動ニューロンの形態学的特徴の違い

○河村 健太<sup>1)</sup>, 小林 雅明<sup>2)</sup>, 富田 和秀<sup>1,2)</sup>

- 1) 茨城県立医療大学 理学療法学科
- 2) 茨城県立医療大学大学院 保健医療科学専攻

【目的】頸髄損傷後に横隔神経運動ニューロンの数の減少や萎縮が生じることが報告されているが、呼吸負荷トレーニングを行うことでそれらの変化を抑制することができるのかは明らかではない。本研究では頸髄損傷後に呼吸負荷トレーニングを行うことで生じる横隔神経運動ニューロンの形態学的違いを調べることを目的とした。

【方法】実験は10-12週齢の雄のWistar系ラット3匹を対象とした。2匹を介入群・1匹を対照群に設定した。動物は麻酔下で無菌的に第2頸髄と第3頸髄の間で頸髄を半切除した。動物を回復させ、術後3日から介入群は4-5回/週、20分間/日の頻度で呼吸負荷トレーニングを実施した。トレーニングはチャンバー内に高CO<sub>2</sub>の混合ガスを投与し、過換気状態にした。両群とも頸髄損傷から3週間後に左横隔神経を露出し、その断端から30% Horseradish peroxidase (HRP) を取り込ませ、2日間の生存期間後に灌流固定した。固定後に脊髄を取り出し、厚さ50 μmの連続切片を作成し、Tetramethyl benzidineにてHRPを発色させた。形態学的特徴は運動ニューロンの外周に当てはまる楕円の長径を求めた。各群において運動ニューロンの長径のヒストグラムを描出し、差を求めた。統計解析は正規分布していなかったため、Mann-Whitney U検定を実施した。

【結果】3匹の動物から784個の横隔神経運動ニューロンを同定した。そのうち基準をもとに採用したものは397個(50.6%)であった。介入群の運動ニューロンの長径は28.7 μm (25%値; 15.5 μm, 75%値; 32.2 μm), コントロール群が27.8 μm (25%値; 20.7 μm, 75%値; 31.1 μm,) であり統計学的有意差を認めた (p = 0.018)。ヒストグラムではコントロール群において長径の大きい運動ニューロンの割合が少なかった。

【考察】呼吸負荷トレーニングにより横隔神経運動ニューロンの長径が保たれた可能性がある。呼吸負荷トレーニングによって、代替経路からの入力が増加して横隔神経運動ニューロンの変性予防もしくは回復を促進した可能性が考えられる。

【結語】頸髄損傷後の3週間の高CO<sub>2</sub>の呼吸負荷では有意に介入群の運動ニューロンの長径が大きく、ヒストグラムの傾向に違いが見られた。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会(承認番号: 令和3年2号)の承認を得て実施した。

## P-2-1-2

## ポスター発表2

## 胸腰部への伸張性収縮負荷による筋圧痛閾値ヒートマップの作製

○田口 徹<sup>1,2)</sup>, 花田 亘平<sup>1)</sup>, 太田 大樹<sup>1,2)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部理学療法学科
- 2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

【目的】腰背部痛は罹患者が極めて多く、臨床的・社会的に重要な課題である。腰背部痛の多くは筋や筋膜を発生源とし、圧痛などの機械痛覚過敏を特徴とする。このような筋・筋膜の機械痛覚過敏は伸張性収縮(LC)負荷により生じやすいため、腰背部へのLC負荷が筋・筋膜性腰背部痛の実験モデルとして有用であると考えられる。そこで本研究では、健常被験者の腰背部へLCを反復負荷し、胸腰部脊柱起立筋群の圧痛閾値 (pressure pain threshold, PPT) を広範囲かつ体系的に測定し、その変化を視覚的に示すヒートマップの作製により、運動誘発性腰背部痛モデルの作製を試みた。

【方法】実験1では健常男子大学生40名を対象に、LC負荷なしの条件で胸腰部脊柱起立筋群のPPTを測定し、そのヒートマップを作製した。PPT測定は安静背臥位にて実施し、プローブ先端面積: 1 cm<sup>2</sup>のゴム製チップを装着したFischerの圧痛計を用いた。測定部位は胸腰部脊柱起立筋群とし、Th1、Th3、Th5、Th7、Th9、Th11、L1、L2、L3、L4、L5のそれぞれの椎体レベルにおいて、正中線から左右2 cmおよび4 cmの点で行った(11椎体レベル×左右4点、合計: 44か所)。乱数発生処理により、44か所の測定部位をランダム化し、測定順序による影響を排除した。実験2では健常男子大学生24名を対象に、被験者を対照群およびLC負荷群(各12名ずつ)に振り分け、背筋伸展用ベンチを用い、腰背部へLCを負荷した。1回あたり2秒間の収縮サイクルを30回反復し、これを1セットとした。セット間には1分間のインターバルを設け、被験者が疲労により継続不能となる時点まで反復した。PPT測定はLC前日(プレ)、24時間後および48時間後に行った。

【結果】実験1において、運動負荷なしの胸腰部傍脊柱起立筋群の平均PPTは約3~6 kgであった。作製したヒートマップより、腰部では胸部に比べ高いPPTを示すことがわかった。また、正中線(脊柱)に近い左右2 cmの部位では、その外側となる左右4 cmの部位に比べPPTが高かった。実験2では、対照群およびLC群間のプレ値に差はなかった。また、対照群では時間経過によるPPTの変化はなかった。一方、LC 24時間後では下部胸椎~腰部全体にかけて顕著なPPTの低下がみられ、48時間後に回復を示した。PPTの低下はTh9~L5椎体レベルで顕著であった。

【考察・結語】胸腰部の脊柱起立筋群に対する広範囲かつ体系的なPPT測定により、LC負荷前後の機械痛覚過敏の分布をヒートマップにて可視化することができた。これらの結果は運動誘発性の筋・筋膜性腰背部痛や遅発性筋痛の研究モデルとして有用であり、理学療法に役立つ知見であると考えられる。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は新潟医療福祉大学倫理委員会(承認番号: 18297-191115)の承認を受け、被験者に対し十分な説明を行い、書面による同意を得て適切に実施した。

## P-2-1-3

## ポスター発表2

## 有限要素法を用いた脊椎圧迫骨折後の生体力学研究

○西啓太<sup>1)</sup>, 長谷川隆史<sup>2)</sup>, 森内剛史<sup>3)</sup>,  
松本伸一<sup>4,5)</sup>, 東登志夫<sup>3)</sup>, 弦本敏行<sup>6)</sup>

- 1) 長崎大学 生命医科学域歯学系顎顔面解剖学分野
- 2) 医療法人和仁会 和仁会病院 総合リハビリテーション部
- 3) 長崎大学 生命医科学域保健学系作業療法学分野
- 4) 長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科保健科学専攻
- 5) 医療法人順成堂古川宮田整形外科内科クリニック リハビリテーション科
- 6) 長崎大学 生命医科学域医学系肉眼解剖学分野

## 【目的】

脊椎圧迫骨折 (VCF) は、最も一般的な骨粗鬆症性骨折であり、日本では年間100万人以上に発生している。これまでのVCF関連の生体力学研究は、骨折の発生メカニズムに着目したものが多く、VCF後の形態変化や骨強度の状態が、脊柱の生体力学に及ぼす影響は十分に検討されていない。近年では、VCFの保存療法において、急性期から理学療法士が介入する機会が増加しているが、VCF後の脊柱生体力学に関する情報が不足しており、理学療法を実施する上でのリスク管理は、臨床家の経験則に基づくところが多いのが現状である。そこで本研究は、有限要素法を用いてVCF後の脊柱への生体力学的影響を明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

長崎大学医学部肉眼解剖学分野が管理する死亡直後に撮影したCT画像データベースの中から、身長をマッチングさせた73歳女性 (正常モデル) と第12胸椎VCF既往のある85歳女性 (VCFモデル) の第10胸椎から第2腰椎の有限要素モデルを作成した。実験1では、骨の形態変化が椎体の応力に及ぼす影響を調査するために、正常モデルとVCFモデルの骨強度を同条件にして比較した。実験2では、骨強度の違いが椎体の応力に及ぼす影響を調査するために、VCFモデルの骨強度を正常、中等度及び重度の骨粗鬆症状態に設定して比較した。負荷条件は、立位と脊柱の屈曲、伸展、側屈、回旋し、生体力学的パラメータは相当応力と圧縮応力を測定した。

## 【結果】

実験1では、立位及び脊柱の各運動条件において、正常モデルとVCFモデルの間に著明な違いは確認されなかった。実験2では、脊柱の屈曲と側屈運動において、骨強度が低下するに従って、椎体への圧縮応力の増加が確認された。また、立位や脊柱の伸展及び回旋運動では、骨強度が低下しても椎体への応力に著明な変化は確認されなかった。

## 【考察】

骨の形態変化について、全ての負荷条件で応力分布にほとんど変化がなかったことから、VCFに伴う圧潰変形が脊柱の生体力学に及ぼす影響は少ないことが示唆された。また骨強度の違いについては、骨強度が低下した症例ほど、脊柱の屈曲、側屈時に隣接椎体の骨折リスクが増加することが示唆されたが、立位や脊柱の伸展、回旋時には、骨強度が低下しても骨折リスクは変化しないことが示唆された。

## 【結語】

本研究で得られた知見は、VCF患者のリスク管理や日常生活指導のためのエビデンスを提供し、VCF患者の保存療法において、より安全で効率的な理学療法を提供する手がかりとなる可能性がある。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究の対象は、長崎大学医学部の教育研究に使用することに同意されたご献体であり、生前に遺体提供者とその家族からインフォームドコンセントが得られている。尚、本研究は発表者が所属する長崎大学大学院医歯薬学総合研究科倫理委員会の承認を得て実施した (承認番号: 15092552-2)。

## P-2-1-4

## ポスター発表2

## mediVRカグラが側腹筋の筋厚変化に及ぼす影響

○北野 雅之<sup>1,2,3)</sup>, 仲本 正美<sup>1,2)</sup>, 角田 晃啓<sup>1,2)</sup>,  
宮下 敏紀<sup>2)</sup>, 木下 敬詩<sup>1)</sup>, 原 正彦<sup>1,3)</sup>,  
工藤 慎太郎<sup>1,2,4)</sup>

- 1) 森ノ宮医療大学大学院 保健医療学研究科
- 2) 森ノ宮医療大学 インクルーシブ医学研究所
- 3) 株式会社 mediVR リハビリテーション科
- 4) AR-Ex メディカルリサーチセンター

## 【目的】

腹横筋(Tra)は、体幹のフィードフォワード制御に関与する(Hodges,2001)。仮想現実(VR)を用いて運動療法を行う医療機器であるmediVRカグラ(カグラ)は、フィードフォワード制御の能力を高める可能性が示唆されている。そのため、カグラにより、Traの筋厚に影響を与えられ、本研究の目的は、カグラによる介入が側腹筋の筋厚に及ぼす影響を明らかにすることである。

## 【方法】

対象は健常成人7名(身長169.6±4.1cm, 体重68.6±8.6kg, 年齢32.0±6.2歳)とした。安静端坐位とリーチング終了時の右側腹筋(外腹斜筋(EO)・内腹斜筋(IO)・Tra)の筋厚を超音波画像装置(US)にて測定した。リーチング方向は右上肢による1.右前方, 2.右45度前側方, 3.右側方と、左上肢による4.左前方, 5.左45度前側方, 6.左側方とした。

測定条件はカグラを使用したリーチ(カグラリーチ)と対照条件として通常のリーチ(コントロール)を実施した。なお、対照条件のリーチ距離はカグラで計測したリーチ距離と同様の距離になるよう、目標物を配置し、目標物に触れるように実施した。リーチング実施時間は10分間とし、介入開始時と終了時の安静時およびリーチング時の側腹筋の筋厚を計測した。カグラ開始時と対照開始時、およびカグラ終了時と対照終了時の安静端坐位とリーチング6方向の筋厚を対応のあるt検定またはWilcoxonの検定を実施し、有意水準は5%未満とした。

## 【結果】

介入開始時ではカグラ条件、対照条件間で全ての筋厚に有意差を認めなかった。介入後のカグラ条件と対照条件のTra筋厚はそれぞれ、安静座位: 4.6±0.6mm, 4.0±0.6mm, 右前方: 5.1±2.0mm, 3.2±1.1mm, 右45度前側方: 5.9±0.9mm, 4.0±1.2mm, 右側方: 6.0±1.2mm, 4.2±1.4mm, 左前方: 6.2±1.1mm, 3.8±0.5mm, 左45度前側方: 3.9±1.3mm, 2.8±1.1mm, 左側方: 4.2±1.1mm, 3.0±1.0mmであり、安静端坐位、全方向のリーチングで有意に増加した(p<0.05)。一方 IO と EO は有意差を認めなかった。

## 【考察】

通常のリーチングはターゲットと身体の位置情報を視覚や固有感覚からフィードバックしながら実施する。一方、カグラによる介入はVR上で自分の身体を視覚的に認知できない。さらにターゲットに対するリーチング中の身体位置を固有感覚でフィードバック制御するのではなく、予測して制御するフィードフォワード制御を促す。その結果、フィードフォワード制御において重要な役割を持つTraの筋厚に変化を及ぼしたと考えられる。

## 【結語】

カグラはTraの筋厚を増加させる効果を有することが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 2021-137)の承認を得て実施した。

## P-2-1-5

## ポスター発表2

## 歩行動作時における動的な運動モジュール構造の検討

○嶋崎 航次<sup>1)</sup>, 宇野 光平<sup>1)</sup>, 飯島 弘貴<sup>1,2)</sup>,  
野島 一平<sup>3)</sup>, 松井 佑介<sup>1,4)</sup>

- 1) 名古屋大学大学院 医学系研究科
- 2) 名古屋大学 高等研究院
- 3) 信州大学 医学部保健学科
- 4) 東海国立大学機構 糖鎖生命コア研究所

## 【目的】

人間の動作は多数の関節による膨大な組み合わせで制御されており、その中からなぜ脳が適切な関節動作を瞬時に判断できるのかという問いに対する仮説の一つが筋シナジーである。筋シナジーでは、今まで時間不変的な筋活性組成比およびモジュール構造の研究が進んでいる。しかし、歩行ではいくつかの相に分かれており、このような動作では各フェーズにおいてモジュール構造が徐々に変化していくと考えることができる。そのため、変化していくモジュール構造を推定するものとして時間変動筋シナジー(時変シナジー)が考えられている。しかし、時変シナジーはリーチ動作のような独立した運動ではその検討がなされているものの、歩行のような周期動作では検討されていない。そこで、本研究では歩行時における時変シナジーを推定し、時変シナジーの特性を明らかにするとともに、モジュール構造の漸次的変化を検証することを目的とした。

## 【方法】

健康大学生7名(男性4名、女性3名)を対象とした。対象者の4km/hでのトレッドミル歩行時の左右各5筋(外側広筋、半腱様筋、前脛骨筋、腓腹筋内側頭、腓腹筋外側頭)の下肢表面筋電図を2000Hzで測定し、前処理を行い、時間不変シナジーの標準的な推定手法である非負値行列分解を応用し、開始時間と持続時間を含む時変シナジーを推定した。推定した各時変シナジーの筋の重み係数を時間平均化して算出した筋活性組成比をもとに、シナジーごとのモジュール構造を比較し、モジュール構造の時間変動を検討した。

## 【結果】

歩行時における8つの時変シナジーを推定した。これらはいずれも異なる活性タイミングを有しており、このタイミングは歩行相分類と類似していた。隣接する活性タイミングであった時変シナジーでは組成比の構造が類似しているが、一部の筋の活性組成比のみ変化していた。また、異なる活性タイミングの時変シナジーの比較では、筋活性組成比が大きく異なっていた。

## 【考察】

推定された8つのシナジーは歩行相と類似した活性タイミングであり、シナジーが活性させる筋群はその歩行相において協調的に働く筋群である。歩行において、時変シナジーは徐々に変化していき、異なる歩行相では動作制御時のモジュール構造が異なることを示唆している。この歩行時の時変シナジーにおける漸次的変化の特徴は、全体的な変化ではなく、一部の筋の活性が変化であると示唆された。

## 【結語】

歩行では、時変シナジーを推定することにより、各相では異なるモジュール構造の存在が示唆され、このモジュール構造をダイナミックに変化させることにより動作を生み出していることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は本学の倫理審査委員会の承認を受けて実施された。また、本研究はヘルシンキ宣言に則っており、実験開始前に対象者に本研究内容を口頭と書面にて十分に説明し、同意を得た上で行われた。

## P-2-1-6

## ポスター発表2

## 三次元深度カメラに基づく歩行データに対するノイズロバストな解析方法の検討

○坂田 響<sup>1)</sup>, 宇野 光平<sup>1)</sup>, 飯島 弘貴<sup>1,2)</sup>,  
松井 佑介<sup>1,3)</sup>

- 1) 名古屋大学大学院 医学系研究科
- 2) 名古屋大学 高等研究院
- 3) 東海国立大学機構 糖鎖生命コア研究所

## 【目的】

歩行は、様々な筋骨格系・神経系疾患による障害のような影響を反映する。理学療法においても障害の評価・治療の判断材料の一つとして歩行解析が行われている。現在、時空間的な歩行パラメータを定量的に測定するため、多様なシステムを用いた歩行解析研究が進められている。Azure Kinectは、単一で三次元的骨格情報を低コストかつ簡便に取得することが可能であり、動作解析領域に於いて近年注目されている深度カメラである。しかし、この深度カメラに基づく骨格座標データには、カメラの設置場所に依じたカメラの反対側における骨格推定精度が大きく低下することが明らかとなった。すなわち、測定データを前処理せず解析に使用すると、動作解析の結果としての妥当性が不十分であることが考えられる。従って、堅牢なノイズ処理手法を検討する必要がある。そこで本研究では、三次元深度カメラを用いて取得した測定データに対し、ノイズロバストな解析手法を検討する。

## 【方法】

三次元深度カメラを用いて取得したトレッドミル歩行における左足関節座標から各歩行周期を区切るタイムポイントを特定した。ここから抽出した周期群に対し、Robust Principal Component Analysis (Robust PCA)を適用し、均一性の高い周期群から逸脱している周期をノイズとして除外処理を加えた。その後、残存した周期群を平均化し、要約周期として同定した。ノイズに対する堅牢性を評価するため、実データからシミュレーションデータを生成し、Robust PCA処理を加え、異常検出の正誤判定を行った。

## 【結果】

右膝関節に関する歩行周期群に対し、Robust PCA処理を適用した後の要約周期にランダムノイズを加え、シミュレーション“真”データを100個、Robust PCAによって除外された周期にランダムノイズを加え、シミュレーション“偽”データを10個作成した。これらの110個のシミュレーションデータに対し、Robust PCA処理を加えた。このサイクルを100回試行した結果として、感度はmean 0.87 (±0.037)、median 0.87 (0.84-0.89)であり、特異度はmean 0.77 (±0.22)、median 0.80 (0.70-1.00)となった。

## 【考察】

今回の判定から、特異度のIQR (Inter-Quartile Range)は、0.70-1.00であり、25%以上の試行において、全ての“偽”データを正しく判定していると言える。本研究の目的には、推定誤差の異常検出・除外を堅牢的に処理することがあったため、感度より特異度の方が重要であると考えられる。特異度は感度と比較してやや低いため、より判定精度が高い処理の検討が求められる。

## 【結語】

Robust PCAによるノイズ処理技術の有用性が示唆され、推定された骨格座標をより精度高く補正することが可能となった。他関節や他の運動課題時でのノイズ処理についても更に検討が必要である。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、実施した。

## P-2-1-7

## ポスター発表2

## 緑茶カテキン摂取と運動療法の併用が老化促進マウス (SAMP8) の骨格筋に及ぼす影響

○松崎 凌真<sup>1)</sup>, 中小川 智美<sup>1)</sup>, 松岡 輝樹<sup>1)</sup>, 谷 明<sup>1)</sup>, 則松 貢輔<sup>1)</sup>, 中西 和毅<sup>2)</sup>, 高田 聖也<sup>3)</sup>, 大塚 章太郎<sup>3)</sup>, 榎間 春利<sup>2)</sup>

- 1) 鹿児島大学大学院 保健学研究所
- 2) 鹿児島大学 医学部 保健学科 理学療法学専攻
- 3) 鹿児島大学 歯学総合研究所 システム血拴制御学講座

【目的】加齢に伴う骨格筋量低下・変性、運動機能低下はサルコペニアと呼ばれ、様々なメカニズムが関与している。緑茶カテキンには、抗酸化・抗炎症作用があり神経変性疾患や筋萎縮の予防効果が期待できると報告されている。そこで本研究は老化促進マウスを用いて、緑茶カテキンの摂取と運動の併用が、加齢による運動・認知機能、骨格筋変性に及ぼす影響を調べることを目的とした。

【方法】7週齢の雄性老化促進マウス (SAMP8) を、コントロール群 (9匹)、カテキン群 (9匹)、運動群 (5匹)、カテキン+運動群 (5匹) に無作為に分類した。カテキン群には THEA-FLAN90 (66% のカテキン含有) 混餌を、その他の群には通常食 (AIN-93M) を20週齢から32週齢 (3ヵ月間) 摂取させた。運動群は自走運動装置を用いて自発運動を行った。餌摂取量、体重、自走距離は定期的に測定した。介入前・後に Open field テスト、Rota-rod テスト、握力、物体認知テスト (Discrimination Index: DI 値) を実施した。屠殺後、両前肢筋、腓腹筋を採取し、前腕横断面積、腓腹筋の筋湿重量、筋線維横断面積、中心核線維数を測定した。統計解析には一元配置分散分析、Kruskal-Wallis 検定を用い、有意水準は5%とした。

【結果】餌の平均摂取量は3.5g/日であり、平均体重は各群間で有意差を認めなかった。自走距離は27週までに徐々に減少し、その後大きな変化は認められなかった。Open field テストにおいて、総移動距離は20週齢と比較して32週齢で有意に減少していた ( $p<0.05$ ) が、群間による違いは認められなかった。32週齢において、Rota-rod テストはカテキン+運動群が増加した。握力は、コントロール群と比較して有意に運動群、カテキン+運動群が増加していた ( $p<0.05$ )。DI 値はコントロール群と比較して有意にカテキン群が高値を示した。組織学的評価では、前肢横断面積、筋湿重量、タイプI線維横断面積は運動群、カテキン+運動群が増加していたが、群間に有意差は認めなかった。中心核線維数はコントロール群と比較して、カテキン群、カテキン+運動群で有意に減少していた ( $p<0.05$ )。

【考察】SAMP8 は早期にサルコペニア症状を示し、10ヶ月齢で典型的な症状を呈すると報告されている。今回、緑茶カテキンの摂取にて、認知機能改善、中心核線維数の減少が認められ、さらに運動を併用することで、筋力改善を示した。中心核線維の増加は、加齢によって消失した変性筋線維を補う再生筋線維の存在を反映していることを示唆している。今回の結果は、緑茶カテキンの摂取が加齢による認知機能低下や骨格筋変性を抑制し、さらに運動を併用することでサルコペニア予防に対する相乗効果が期待できることを示唆した。

【結語】緑茶カテキンの摂取と運動の併用は加齢に伴うサルコペニア予防に有効である可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】鹿児島大学動物実験倫理審査委員会の承認を得て行った。(承認番号: M20002)

## P-2-1-8

## ポスター発表2

## 骨格筋特異的な分子ネットワークに基づく遺伝子モジュールの同定および各運動様式に対する分子応答の推定

○兒玉 隼汰<sup>1)</sup>, 飯島 弘貴<sup>1,2)</sup>, 宇野 光平<sup>1)</sup>, 松井 佑介<sup>1,3)</sup>

- 1) 名古屋大学大学院 医学系研究科
- 2) 名古屋大学 高等研究院
- 3) 東海国立大学機構 糖鎖生命コア研究所

【目的】糖尿病に代表される代謝性疾患や加齢に伴う筋萎縮を特徴とするサルコペニアに対して、運動は有効な治療法の一つである。強度や時間によって、運動は有酸素運動とレジスタンス運動の2つの運動様式に大別される。各運動様式において筋肥大や代謝促進、血管新生等の生理学的応答が生じるが、その背景に存在する多様な分子間の相互作用である分子応答には未だ不明な点が多い。マイクロアレイデータ解析は、生体内における遺伝子発現を網羅的に解析することができるため、分子応答の理解において有効な解析方法の一つである。近年様々な運動様式について、運動前後の骨格筋のマイクロアレイデータセットを用いた発現変動遺伝子の抽出が行われたが、分子応答を反映する発現変動遺伝子間のネットワーク構造およびモジュール構造を検証する解析は行われていない。そこで本研究ではネットワーク構造に基づく遺伝子モジュールを検出し、各運動様式に対する分子応答を検討する。

## 【方法】

9研究由来の有酸素運動、レジスタンス運動の前後の骨格筋におけるマイクロアレイデータセットを対象とした。まず各データセットにおいて遺伝子発現変動解析を行い、各遺伝子の発現変動p値を算出した。その後Fisher法を用いて運動様式毎に共通する遺伝子のp値を統合し、Benjamini-Hochberg法による多重検定補正を行った。補正p値をもとに発現変動遺伝子を抽出し、ヒトの骨格筋特異的な遺伝子ネットワークを用いた遺伝子モジュールの検出およびその生物学的機能の推定を行った。

## 【結果】

有酸素運動において、523の遺伝子が有意な発現増加、142の遺伝子が有意な発現減少を示し、それぞれ6個および4個の遺伝子モジュールが検出された。同様にレジスタンス運動において、1372の遺伝子が有意な発現増加、614の遺伝子が有意な発現減少を示し、それぞれ6個および7個の遺伝子モジュールが検出された。遺伝子モジュールの機能解析の結果、有酸素運動において血管内皮細胞の移動やミトコンドリア機能など、レジスタンス運動において細胞外基質の構築や骨形成などの機能が推定された。

## 【考察】

モジュールの機能を検討したところ、有酸素運動、レジスタンス運動の両方において遺伝子モジュールの血管新生や筋肥大への関与が示唆された。また有酸素運動の遺伝子モジュールは代謝、レジスタンス運動の遺伝子モジュールは骨形成への関与がそれぞれ示唆された。したがって、これらの遺伝子モジュールは各運動様式に対する分子応答を示していることが考えられる。

## 【結語】

本研究により、有酸素運動、レジスタンス運動それぞれにおいて異なる発現変動遺伝子モジュールが検出された。また遺伝子モジュールの機能解析により、各運動様式に対する生理学的応答への直接的な関与が示唆される遺伝子モジュールが同定された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

既に公開されている論文のデータのみを用いた研究である。

## P-2-1-9

## ポスター発表2

## 骨格筋におけるマイオカインIL-15がオートファジー機構に及ぼす影響

○田中 稔<sup>1,2,3)</sup>, 赤坂 憲<sup>1)</sup>, 杉本 研<sup>4)</sup>, 高橋 利匡<sup>1)</sup>, 山本 浩一<sup>1)</sup>, 藤野 英己<sup>3)</sup>, 樂木 宏実<sup>1)</sup>

- 1) 大阪大学大学院医学系研究科 老年・総合内科学
- 2) 大阪保健医療大学 保健医療学部リハビリテーション学科 理学療法学専攻
- 3) 神戸大学大学院 保健学研究科
- 4) 川崎医科大学 総合老年医学

## 【目的】

Interleukin-15 (IL-15)は、骨格筋内で産生・分泌されるサイトカインであるマイオカインの一つである。IL-15は、マイオカインの中でも筋収縮により筋細胞外へ放出されるという特徴があり、骨格筋の運動効果の一端を担っている可能性がある。一方でIL-15は、エネルギーセンサーとして働くAMPKの活性化を介して、骨格筋内の糖代謝を向上させることが報告されている。AMPKの活性化は、オートファジーを促進させる。したがって、IL-15は骨格筋のオートファジー制御に関与し、質的管理に重要な役割を果たしていると考えられる。そこで本研究では、IL-15過剰発現 (IL-15TG)マウスを用いて、骨格筋におけるIL-15がオートファジー機構に及ぼす影響を検討した。

## 【方法】

我々は14週齢の雄性IL-15TGマウスを用いて、対照群としてC57BL/6Jマウス (WT)との比較を行った。全ての実験動物は自由行動下で通常餌を与えて飼育し、安楽死操作を行った後、筋サンプルとして腓腹筋を摘出した。オートファジー関連因子として、腓腹筋組織の免疫組織染色 (LC3B, LAMP1)を行い、その画像の解析と、組織のタンパク質発現量 (AMPK $\alpha$ , Ulk1, Beclin1, p62)の測定を行った。

## 【結果】

腓腹筋組織の免疫組織染色では、LC3B陽性顆粒数およびLC3BとLAMP1を共局在した顆粒数とともに増加しており、それぞれオートファゴソームとオートリソソームの増加を示していた。さらに、タンパク質発現量を測定したところ、リン酸化AMPK $\alpha$ , Ulk1、およびBeclin1の発現が上昇していた。一方で、オートファジーの選択的基質であるp62の発現には変化がみられなかった。

## 【考察】

本研究において、IL-15はオートファジーの促進、特にオートファゴソーム形成の促進に関連する可能性が示された。オートファゴソームの形成には分解標的タンパク質を包み込む隔離膜の伸長・成熟が必要であり、AMPKのリン酸化はUlk1及びBeclin1のリン酸化を介して隔離膜の伸長・成熟に関わることが知られている。本研究の結果から、IL-15はAMPKのリン酸化促進を介してオートファゴソーム形成を促進させ、オートファジー機能の促進に寄与するという機序が考えられる。骨格筋のオートファジー機能不全は、骨格筋の質的低下と関連することが知られているが、運動はIL-15の産生・分泌を促進し、オートファジー機能の改善を通じて骨格筋の質的改善につながる可能性がある。

## 【結語】

マイオカインIL-15は、骨格筋においてAMPKのリン酸化を介してオートファゴソーム形成を促進し、骨格筋の質的管理に関与していると考えられる。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

全ての実験は所属機関における動物実験に関する指針に従い、動物実験委員会の承認を得て実施した。

## P-2-1-10

## ポスター発表2

## 廃用性筋萎縮の病態および運動介入時における筋衛星細胞の活性化に関与するLIFとHGFの変動

○相原 正博<sup>1)</sup>, 三樹 あずさ<sup>2)</sup>, 萩原 宏毅<sup>1,2)</sup>

- 1) 帝京科学大学 医療科学部理学療法学科
- 2) 帝京科学大学大学院 医療科学研究科総合リハビリテーション学専攻

【はじめに】廃用性筋萎縮は不活動によって生じ、筋機能改善を目的に運動療法が実施される。骨格筋萎縮や肥大のメカニズムは完全に解明されていないが、筋衛星細胞が関わっていることが知られている。筋衛星細胞の活性化に関与する因子の一つにLeukemia inhibitory factor (以下：LIF)がある。LIFは白血球抑制因子とよばれ、白血球細胞の増殖を阻害する因子として発見されたが、近年では持久的運動後の骨格筋から傍分泌的に筋衛星細胞に作用し、骨格筋肥大や筋損傷後の再生にも関与することが報告されている。また、Hepatocyte growth factor (以下：HGF)も筋衛星細胞の活性化に関与しており、筋損傷や機械刺激等で遊離し、筋衛星細胞を増殖させる事が知られている。これまで、筋損傷後の再生における筋衛星細胞とLIFあるいはHGFの解析はなされているが、廃用性筋萎縮の病態や筋萎縮後の介入時における検討は少ない。そこで、廃用性筋萎縮およびそれに対する運動介入の過程における筋衛星細胞に関わるLIFとHGFの変動を検討することとした。

【方法】実験には9週齢のC57BL/6系マウスを使用した。実験群は、通常飼育した対照群 (Co群)、廃用性筋萎縮群 (CI群)、筋萎縮誘発後の再荷重1日群 (RL1群)、14日群 (RL14群)、筋萎縮誘発後の運動介入14日群 (Ex群)に分類した。筋萎縮誘発は一側肢を膝関節伸展、足関節底屈位にてギプス固定し、2週間不動化した。トレッドミル運動は、TREAT-NMDの標準作業手順書 (SOPs) (DMD\_M.2.1.003)に従って2週間 (1週/2回)実施した。全ての実験期間終了後に下腿三頭筋の摘出及び血液採取を行った。骨格筋中のLIF、HGFの遺伝子発現量はマイクロアレイ法、骨格筋中のタンパク質量はウェスタンブロット法にて解析した。

【結果】骨格筋中のLIFのmRNAの発現量はCo群と比較して、CI群で2.4倍、RL1群で1.8倍、RL14群で4.7倍、Ex群では1.4倍であり、筋萎縮誘発から再荷重期間を通して発現量が増加した。HGFはCI群で0.8倍、RL1群で1.8倍、RL14群で0.7倍、Ex群で0.8倍であり、RL1群で発現量が増加しその後低下した。ウェスタンブロット法によるLIF、HGF量は現在解析中である。

【考察・結論】骨格筋中のLIF遺伝子発現量は筋萎縮で増加し、再荷重の期間を通して増加を示した。一方で、HGFは再荷重1日では発現が増加したが、その後は減少した。LIFとHGFはいずれも筋衛星細胞の活性化に関与することが報告されているが、今回の結果から、両者は廃用性筋萎縮の病態および運動介入後において、異なるメカニズムで筋衛星細胞に関与している可能性が示唆された。今後それぞれのシグナル伝達に関わる分子などにも解析を拡げて、LIFとHGFが筋衛星細胞の活性化に働く機序を明らかにしたい。

【倫理的配慮、説明と同意】研究を実施するにあたり、帝京科学大学動物委員会の承認を得て動物実験を行った。また動物の扱いに際しては、動物実験のガイドラインに則して研究を実施した。

## P-2-1-11

## ポスター発表2

## 糖化ストレスはラット前脛骨筋におけるレジスタンス運動誘発性の筋タンパク質合成を減弱する

○田中 雅佑<sup>1)</sup>, 金指 美帆<sup>2)</sup>, 近藤 浩代<sup>3)</sup>, 藤野 英己<sup>4)</sup>

- 1) 岡山医療専門職大学 健康科学部理学療法学科
- 2) 県立広島大学 保健福祉学部理学療法学科
- 3) 名古屋女子大学 健康科学部健康栄養学科
- 4) 神戸大学大学院 保健学研究科

## 【目的】

糖化ストレスは、糖がタンパク質と結び付くことで生じる糖化産物に起因したストレスであり、血管障害や加齢性疾患の発症機序に関与する。骨格筋では、終末糖化産物の蓄積量が高齢者の骨格筋量と負の相関関係を示すことから、糖化ストレスがサルコペニアの発症機序にも関与することが考えられている。一方、糖化ストレスが骨格筋量の制御に関わる筋タンパク質合成シグナルに及ぼす影響は明らかにされていない。そこで、本研究では、終末糖化産物前駆体であるメチルグリオキサール(MG)の継続摂取による糖化ストレスが、レジスタンス運動(RE)による筋タンパク質合成に影響を及ぼすか明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

8週齢の雄性SD系ラットを、対照群と0.5%のMGを含む飲料水を自由摂取させた群の2群に区分した。10週間後、麻酔下で左側前脛骨筋にREを模した経皮的電気刺激による超最大等尺性収縮を施し、左側をRE側、右側を非RE側とした。最終刺激から6時間後に左右の前脛骨筋を採取した。また、SunSET法により筋タンパク質合成速度を測定するために、両側の前脛骨筋を採取する15分前にPuromycin (0.04 μM)を腹腔内投与した。解析は筋タンパク質合成に関わるタンパク質発現量をウエスタンブロッティング法で測定した。

## 【結果】

前脛骨筋の湿重量は2群間で有意差を認めなかった。非RE側に対するRE側の筋タンパク質合成速度は、MGの摂取により有意に減少した。さらにRE側におけるAkt/mTORC1経路の下流因子p70S6K、rpS6のリン酸化タンパク質発現量は、MGの摂取により有意に低値を示した。一方、RE側におけるAkt、AMPK、e-IF2αのリン酸化タンパク質発現量は、2群間で有意な差を認めなかった。

## 【考察】

終末糖化産物前駆体MGの摂取による糖化ストレスが、REにより誘発される筋タンパク質合成シグナルの活性化を減弱し、筋タンパク質合成を低下させたことが考えられる。AMPKやe-IF2αの活性化は、筋タンパク質合成を負に制御することで知られているが、MG摂取による筋タンパク質合成の減弱効果には関与しなかったと考えられる。

## 【結語】

終末糖化産物前駆体であるMGの摂取は、前脛骨筋に対する経皮的電気刺激誘発性の等尺性収縮による筋タンパク質合成シグナルの活性化、及び筋タンパク質合成を減弱することが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

全ての実験は大阪人間科学大学(筆頭演者前所属先)における動物実験に関する指針に従い、動物実験委員会の承認を得たうえで実施した。

## P-2-1-12

## ポスター発表2

## エストロゲンの添加が軟骨細胞の同化因子発現に及ぼす影響

小島 拓真<sup>1,2)</sup>, 寺田 秀伸<sup>1,3)</sup>, 高須 千晴<sup>1,3)</sup>, 川端 空<sup>1,2)</sup>, 峯岸 雄基<sup>1)</sup>, 加納 拓馬<sup>1,2,3)</sup>, 金村 尚彦<sup>4)</sup>, ○村田 健児<sup>4)</sup>

- 1) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科
- 2) 医療法人東西医会 草加整形外科内科 リハビリテーション科
- 3) 医療法人やつか整形外科内科 リハビリテーション科
- 4) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

## 【目的】

女性は男性よりも変形性膝関節症(KOA)を好発することが報告されている。この性差は中高年期の女性ホルモンの減弱との関連が疑われるものの、その解明には至っていない。エストロゲンは肝細胞においてNF-κβに結合するIκβのリン酸化を阻害することで抗炎症効果を示すと同時に、下顎軟骨のCOL2発現に影響を与えることが報告されている。これらからエストロゲンはコラーゲンの合成に影響しKOAのトリガーとなる可能性があるかと仮説立て、本研究では軟骨細胞にエストロゲンの直接的な作用を調査するために軟骨同化因子及び炎症因子の変化を遺伝子発現量から比較検討することを目的とした。

## 【方法】

4週齢のWistar系雄性ラット4匹の大腿骨軟骨と脛骨軟骨を0.25%トリプシンEDTA及びコラゲナーゼIIを使用した分散法で初代軟骨細胞を採取した。軟骨細胞は10%FBSを含むD-MEM培地で、5%CO<sub>2</sub>、37°C、飽和湿度環境下で培養、第1継代(p1)軟骨細胞を解析に使用した。p1軟骨細胞が70%コンフルエントに達した時点で、エストロゲンを0 (Vehicle)、1、10、100ng/ml添加し、48時間後の軟骨細胞からRNA採取、クローンDNA合成後にリアルタイム定量PCRにより遺伝子発現量を解析した。ターゲット遺伝子は、COL2a1、Has2、IL-6とし、内因性コントロールであるβ-actinで補正したΔCT値について、Kruskal-Wallis検定、Bonferroni補正を採用し有意水準は5%とした。

## 【結果】

Vehicleと比較してエストロゲン添加群ではCOL2a1のmRNA発現量が漸増し(1ng/ml: 1.15倍, 10ng/ml: 1.19倍, 100ng/ml: 1.34倍)、10ng/ml添加群及び100ng/ml添加群で有意に増加した(10ng/ml: p=0.016, 100ng/ml: p<0.001)。一方、Has2及びIL-6のmRNA発現量はVehicleと比較してエストロゲン添加群で有意差を認めなかった(IL-6: p=0.169, Has2: p=0.181)。

## 【考察】

身体へのエストロゲン補充療法がKOAを抑制する報告(Heart,1999)や卵巣除去術を行ったラットで軟骨の変性が進行するという報告(Sniker,2008)から軟骨の同化に女性ホルモンが関与する可能性が提示されている。本研究においても、エストロゲンの添加はCOL2a1を増加させ、軟骨の同化にエストロゲンの関与が示唆された。一方、本研究でのIL-6に変化がなかった。先行研究では臍帯内皮細胞に対するエストロゲン添加実験では、IL-1β添加環境下にてエストロゲンの抗炎症効果が示されており(Curtis,2002)、本研究では軟骨細胞が炎症条件下でない条件でエストロゲンを添加したためとも考えられる。今後、直接的な軟骨細胞への影響について、IL-1βを添加し炎症環境を模倣した状態でのエストロゲン投与実験による軟骨細胞に対するエストロゲンの抗炎症作用について検証を進めていく。

## 【結語】

エストロゲンは軟骨細胞に対してCOL2a1のmRNA発現量を有意に増加させた。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会(承認番号: 2021-2)の承認を得て実施した。

## P-2-2-1

## ポスター発表2

## 歩行速度に影響を与える因子の検討 —Trailing Limb Angle と腓腹筋内側頭の筋活動に着目して—

○中玉利一輝<sup>1)</sup>, 二宮省悟<sup>2)</sup>, 大池貴行<sup>1)</sup>

- 1) 九州看護福祉大学大学院 身体機能支援科学分野  
2) 東京国際大学 医療健康学部

## 【目的】

歩行の推進力には大転子と第5中足骨頭を結ぶ線と垂直軸のなす角とされている **Trailing Limb Angle**(以下, **TLA**)が足関節モーメントの約2倍寄与するとの報告があり, **TLA**は重要な因子である。一方で, 歩行時の加速において腓腹筋は外側頭よりも内側頭の筋活動が増大するとの報告もあり, 歩行の推進力には腓腹筋内側頭(以下, **MG**)の筋活動も重要な因子であることが考えられる。以上のことから, **TLA**と**MG**の筋活動はどちらも歩行速度に影響を与える因子であることが予測されるが, 歩行速度に対してどちらの因子が強く影響を与えるかは不明である。そこで, 本研究は, **MG**の筋活動と**TLA**のどちらが歩行速度に強く影響を与える因子であるか検討することを目的とした。

## 【方法】

対象は健康男性29名(年齢 $26.4 \pm 4.8$ 歳, 身長 $171.4 \pm 4.9$ cm, 体重 $67.5 \pm 8.7$ kg)であった。対象者には「普段の速さで歩いて下さい」と口頭指示を行い, 加速路と減速路を2mずつ確保した計14mの快適歩行を実施した。歩行の様子を矢状面からウェブカメラ(Logicool社製, C920)を使用し, 撮影した。

歩行時の**MG**の筋活動は, 表面筋電計(NORAXON社製, テレマイオDTS)を使用して測定した。得られたデータの処理はmyoresearch3.10.64を使用し, 20~500Hzのバンドパスフィルタにかけた後に, 1歩行周期を100%に正規化し, 積分筋電図(以下, **iEMG**)を算出した。**TLA**は, 歪曲収差による測定誤差を少なくするため, 対象者が画面の中央付近に写った際の角度とし, 解析ソフトmyoresearch3.10.64のビデオ解析機能を使用して算出した。

統計処理はR version 4.1.1を使用し, Shapiro-Wilk検定, 重回帰分析を行った。有意水準は5%とした。

## 【結果】

対象者の快適歩行速度は $84.6 \pm 10.9$ m/minであった。重回帰分析結果より, 予測式 $y(\text{歩行速度}) = 0.054065 \times (\text{TLA}) - 0.002908 \times (\text{iEMG}) + 0.588740$ が得られた。決定係数は $R^2 = 0.55$ であった( $p < 0.05$ )。標準回帰係数は, **TLA**, **iEMG**の順に $\beta = 0.784$ ,  $\beta = -0.22$ であった。

## 【考察】

**TLA**は**iEMG**よりも歩行速度に対して影響を与える結果となった。辻下らは75m/minから100m/minの間の歩行速度で最もエネルギー効率が高い至適速度の存在を明らかにし, 至適速度では至適速度以外の速度と比較すると単位距離あたりの積分筋電活動量は低くなると報告している。本研究の対象者は歩行速度が $84.6 \pm 10.9$ m/minであり, 至適速度の範囲となることから, **iEMG**の寄与が低くなったと考えられる。

## 【結語】

本研究では健康男性の快適歩行時において**MG**の筋活動よりも**TLA**の方が歩行速度に影響を与える因子であることが明らかとなった。今後は最大歩行時など異なる歩行条件下でも同様の結果が得られるか検討していく必要がある。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は, 発表者が所属する施設の研究倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号: 02-016)。

## P-2-2-2

## ポスター発表2

## 異なる二重課題条件が歩行に及ぼす影響

○古手川 萌<sup>1)</sup>, 橋立 博幸<sup>2)</sup>, 蓮川 起輝<sup>3)</sup>, 稲垣 いくみ<sup>4)</sup>, 柴田 大夢<sup>5)</sup>

- 1) 医療法人社団博慈会青葉さわい病院 リハビリテーション科  
2) 杏林大学 保健学部理学療法学科  
3) 町田市民病院 リハビリテーション科  
4) 医療法人五星会菊名記念病院 リハビリテーション科  
5) 医療法人啓仁会所沢ロイヤル病院 リハビリテーション科

【目的】歩行中に認知的な副課題を課すことによって歩行パフォーマンスが低下することが知られているが, 認知課題の種類や難易度による影響の違いについては十分に検証されていない。本研究では健康な若年成人において通常歩行と異なる認知課題を用いた二重課題(DT)歩行を実施し, 歩行と認知課題の成績に及ぼす影響を検証することを目的とした。

【方法】健康な若年成人43人(平均年齢21.0歳)を対象に, 通常歩行速度による20m歩行とし, 副課題を設けない通常条件, 口頭でじゃんけんをしながら歩くDT条件1, 7の数値を減算しながら歩くDT条件2, 13の数値を減算しながら歩くDT条件3, の合計4条件にて実施した。DT条件は実施順序を無作為化するとともに, DT条件で提示する数値やじゃんけんの選択肢も無作為に出題することとし, 出題は歩行課題の開始から終了まで続けた。各条件の歩行において, ストップウォッチおよびG-WALK(BTS Bioengineering社製)を用いて歩行速度, 歩行率, 歩幅を計測した。副課題は歩行中の回答問題数, 正解問題数を調べた。

【結果】歩行速度は, 通常条件( $1.50 \pm 0.17$ m/s)と比較してDT条件1( $1.43 \pm 0.21$ m/s), DT条件2( $1.38 \pm 0.17$ m/s), DT条件3( $1.37 \pm 0.17$ m/s)で有意に低い値を示し, DT条件1と比べてDT条件2または3では有意に低い値を示した。歩行率は通常条件( $124.60 \pm 6.32$ 歩/分)と比較して, DT条件2( $122.21 \pm 6.28$ 歩/分), DT条件3( $121.34 \pm 5.73$ 歩/分)で有意に低い値を示した。歩幅は通常条件( $0.72 \pm 0.06$ m/s)と比較して, DT条件1( $0.69 \pm 0.07$ m), DT条件2( $0.68 \pm 0.06$ m), DT条件3( $0.67 \pm 0.06$ m)で有意に低い値を示した。認知課題の正答率は, DT条件1( $97.5 \pm 5.4\%$ )と比較して, DT条件2( $89.7 \pm 16.1\%$ ), DT条件3( $82.9 \pm 18.1\%$ )で有意に低い値を示した。

【考察】通常条件と比べてDT条件では, 歩行課題とともに認知課題を遂行するために, 各課題に要する注意を分配し, 立脚期の増加とともに歩幅と歩行率を減少させ, 歩行中の姿勢動揺を最小限に留めた安定した歩行を確保し, 歩行速度が低下したと考えた。また, DT条件1で用いたじゃんけん課題は回答の選択肢が3つであり, DT条件2および3で用いた減算課題と比較して選択肢が少ないため, 回答の想起と正確な決定がしやすく, 難易度が低いと推察された。とくに, DT条件2および3では, 繰り下がりの発生により認知課題への注意量の分配が多くなり, 7を減算するDT条件2と比較して13を減算するDT条件3で歩行速度, 歩幅, 歩行率の平均値が低値を示したと考えた。

【結語】健康な若年成人において, 認知課題を付加したDT歩行における歩行と認知課題の成績は, 認知課題の難易度の高さによってさらなる低下を示す可能性があることが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】研究実施にあたり, 対象者全員に本研究の主旨と倫理的配慮について説明し同意を得た。なお, 本研究は杏林大学保健学部倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号29-89)。

## P-2-2-3

## ポスター発表2

## ラバー負荷立位時の身体動揺に文字流暢性課題が与える外乱効果

○岩月 宏泰<sup>1, 2)</sup>, 羽場 俊広<sup>1, 2)</sup>, 高橋 優基<sup>2)</sup>, 漆畑 俊哉<sup>1)</sup>

1) 青森県立保健大学 健康科学部  
2) 青森県立保健大学大学院 健康科学研究科

【目的】ラバー負荷重心動揺検査(以下、本検査)はフォームラバー上で閉眼立位を取らせた際の身体動揺から前庭障害を検出する。本検査のように視覚の遮断及び体性感覚を攪乱させた立位を保持するためには前庭感覚情報が重要である。前庭皮質領域には前帯状回、下前頭回などがあるが、特に前帯状回は思考や創造性を担う最高中枢である前頭前野からの入力がある。これまで本検査に認知課題を負荷した際の身体動揺についての報告はない。本検査の意義を考え得る上で、認知課題の影響を検討することは重要である。今回、本検査時に前頭葉機能検査の一つである文字流暢性課題(LFT)を負荷した際の重心動揺と近赤外分光法を用いた脳血流変化から、認知課題が本検査に及ぼす影響について検討した。

【方法】対象は健康青年11名で全員右利きであった。静かで明るい部屋で被験者の前頭部にヘッドモジュール(OEG-16、スペクトラテック社)を装着させて重心動揺計(GP-7、アニマ社)上で両踵内側を接し足尖を30°開いた立位を60秒間保持させた。立位条件は1. 開眼、2. フォームラバー上開眼、3. フォームラバー上閉眼、4. 2にLFT負荷、5. 3にLFT負荷の5条件であった。開眼時には前方2m離れた固視標を注視させた。LFTは語頭音に関連する単語を想起させ、検査後口頭で報告させた。試行は休憩を挟み各1回ランダムに実施し、単語数、総軌跡長および酸素化ヘモグロビン(oxy-Hb)濃度を同時記録し、歩行条件1を対照として各測定値の比率を算出した。なお、oxy-Hb濃度の分析には左右の前側部と中央部の3部位に分けて行った。統計学的検討は繰り返しのある二元配置分散分析を行った。

【結果】4条件の総軌跡長はLFTと開閉眼で主効果を認めたが、交互作用は見られなかった[LFT:  $F(1,20)=7.29, p=0.01$ , 開閉眼:  $F(1,20)=54.31, p=0.00$ ]。また、4条件の左前側部のoxy-HbはLFTのみ主効果を認めた[F(1,20)=35.40,  $p=0.00$ ]。LFTの単語数は開閉眼による差を認めなかった。

【考察】総軌跡長では歩行条件3と5で高値を示し、特に後者が最も高値を示した。このことは本検査が主に前庭感覚情報で立位保持しており二重課題となるLFTを同時に行うと情報処理量が過多となり、身体動揺の増大を引き起こしたと考えられる。一方、中央部と右前側部のoxy-Hb濃度は歩行条件による差を認めなかったが、LFTを課した歩行条件4と5で増加したことから単語想起のための認知処理を反映したものと考えられる。

【結語】本検査は末梢前庭障害の判定に有効であるが、認知課題により成績に変動が生じるため、測定環境の整備及び他の検査の併用が必要と考えられる。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言に基づき被験者に書面及び口頭にて研究の目的と趣旨を説明し、全員から署名による同意が得られた。

## P-2-2-4

## ポスター発表2

## 異なるexternal focus of attentionが歩行に及ぼす影響

○蓮川 起輝<sup>1)</sup>, 橋立 博幸<sup>2)</sup>, 古手川 萌<sup>3)</sup>, 稲垣 いくみ<sup>4)</sup>, 柴田 大夢<sup>5)</sup>

1) 町田市民病院 リハビリテーション科  
2) 杏林大学 保健学部理学療法学科  
3) 一般法人社団博慈会青葉さわい病院 リハビリテーション科  
4) 医療法人五星会菊名記念病院 リハビリテーション科  
5) 一般法人啓仁会所沢ロイヤル病院 リハビリテーション科

## 【目的】

理学療法士は最適な動作や姿勢制御を指導する際に言語教示を頻繁に用いており、歩行で使用される言語教示では歩行率が示すリズムのような時間的要因に働きかける教示や歩幅のような空間的要因に影響を与える教示が挙げられる。本研究では、健康な若年成人において下肢に向けた異なるexternal focus of attention(EFA)が通常速度歩行に及ぼす影響を検証することを目的とした。

## 【方法】

健康な若年成人43人(男性20人、女性23人、平均年齢21歳)を対象に20m歩行課題を異なる言語教示を付加した3つの教示条件で測定した。各教示条件とその教示内容は、通常の20m歩行課題を実施する通常条件「普段歩いている速さで歩いてください」とともに、EFA条件1「メトロノームの調子に合わせて歩いてください」、EFA条件2「地面を後ろに蹴るイメージで、普段歩いている速さで歩いてください」の合計3条件に設定した。各教示条件の順序効果を除外するために、各教示条件の実施順序を無作為化した。各条件において、歩行速度、歩行率、歩幅、歩行周期時間、立脚時間割合、および遊脚時間割合をG-WALK(BTS Bioengineering社製)にて計測した。

## 【結果】

歩行速度は通常条件( $1.5 \pm 0.2 \text{m/s}$ )と比較して、EFA条件1( $1.6 \pm 0.2 \text{m/s}$ )、EFA条件2( $1.7 \pm 0.2 \text{m/s}$ )で有意に高い値を示し、EFA条件間の比較では有意差を認めなかった。歩行率は通常条件( $124.6 \pm 6.2 \text{bpm}$ )またはEFA条件2( $125.4 \pm 27.6 \text{bpm}$ )と比較して、EFA条件1( $134.6 \pm 8.8 \text{bpm}$ )で有意に高い値を示した。歩幅は通常条件( $0.7 \pm 0.1 \text{m}$ )またはEFA条件1( $0.7 \pm 0.1 \text{m}$ )と比較して、EFA条件2( $0.8 \pm 0.1 \text{m}$ )で有意に高い値を示した。歩行周期時間は通常条件( $1.0 \pm 0.1 \text{s}$ )またはEFA条件2( $1.0 \pm 0.1 \text{s}$ )と比較して、EFA条件1( $0.9 \pm 0.1 \text{s}$ )では有意に低い値を示した。立脚時間割合は通常条件( $59.0 \pm 1.5\%$ )と比較して、EFA条件1( $60.0 \pm 2.3\%$ )では有意に高い値を示し、EFA条件2( $59.1 \pm 2.3\%$ )では有意差が認められなかった。遊脚時間割合は通常条件( $41.0 \pm 1.5\%$ )と比較して、EFA条件1( $40.0 \pm 2.3\%$ )で有意に低い値を示し、EFA条件2( $40.9 \pm 2.3\%$ )とは有意差が認められなかった。

## 【考察】

歩行率を増加させるリズム音に合わせて歩行するEFA条件1の教示では歩幅を変えずに歩行率の増加が促され、EFA条件2の教示では歩行率や歩行周期の明らかな変化を伴わずに歩幅の増加が促進され、それぞれ歩行速度が増加したと考えた。

## 【結語】

健康な若年成人において、本研究で用いたEFAに基づく言語教示は、歩幅、歩行率を変化させ、即時的に歩行速度を増加させる可能性があることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

研究を実施するにあたり、対象者全員に本研究の主旨と倫理的配慮について説明し同意を得た。なお、本研究は杏林大学保健学部倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号29-89)。

## P-2-2-5

## ポスター発表2

## ウェアラブルセンサーによるリアルタイムフィードバックを用いた歩行練習の即時効果: 若年健常成人と入院患者における検討

○宮崎 宣丞<sup>1)</sup>, 竹下 康文<sup>2,3)</sup>, 下世 大治<sup>3)</sup>, 柿元 翔吾<sup>2)</sup>, 中島 将武<sup>2)</sup>, 荒木 草太<sup>4)</sup>, 松澤 雄太<sup>2)</sup>, 中井 雄貴<sup>4)</sup>, 川田 将之<sup>4)</sup>, 木山 良二<sup>4)</sup>

- 1) 鹿児島大学大学院 医歯学総合研究科 整形外科学
- 2) 鹿児島大学大学院 保健学研究科
- 3) 垂水市立医療センター垂水中央病院 リハビリテーション室
- 4) 鹿児島大学 医学部保健学科

## 【目的】

歩行に直接的に介入する方法の1つとして、リアルタイムフィードバックを用いた歩行練習が挙げられるが、臨床現場における検討は少ない。本研究の目的は、ウェアラブルセンサーによるリアルタイムフィードバックを用いた歩行練習の即時効果を検討することである。

## 【方法】

対象は健常成人12名(21.5±1.2歳, 女性3名)および入院中の虚弱高齢者1名(71歳, 女性)とした。フィードバックによる歩行練習の前後に実施した10m歩行テスト時の歩容を比較し、歩容の即時的变化を分析した。練習前の歩行テストでは通常通り歩行させ、練習後のテストではフィードバックで練習した歩容を順守させた。歩行テストは各2回実施し、仙骨後面、両側の大腿と下腿の前面、足背部に固定した慣性センサー(Mtw Awinda)を用いて計測した。

フィードバック下での歩行練習は30mの歩行路で1分間実施した。歩行条件は、通常歩行、推進力に関連する要因と考えられる立脚後期の足関節底屈と下肢全体の伸展角度をそれぞれ強調した計3条件の歩行とした。快適歩行時の関節角度を20%増した角度を目標値とし、目標値に達した際に音声でフィードバックした。足関節条件では「音が鳴るように足で蹴って歩いてください」、下肢伸展条件では「音が鳴るように脚全体を後ろに伸ばして歩いてください」と指示した。

歩行テストのデータは各歩行の中央5歩行周期を解析し、歩行速度、立脚後期における足関節底屈角度、下肢伸展角(矢状面における大転子と外果を結ぶ線と、垂直線のなす角度)を算出した。2試行の平均値を代表値とし、歩行練習前後の各指標の変化量Δを比較した。有意水準は5%未満とした。

## 【結果】

健常成人では、足関節条件と下肢伸展条件において歩行速度が即時的に増加し(Δ0.15-0.19 m/s,  $p < .01$ )、足関節底屈角度(Δ14.8 ± 13.7°, 45%増)と下肢伸展角(Δ4.8 ± 4.0°, 19%増)は目標値と同等度以上の増加を認めた。一方、虚弱高齢者の歩行速度の増加はわずかであったが(Δ0.01-0.04 m/s)、足関節底屈角度(Δ6.5°, 20%増)と下肢伸展角(Δ4.8 ± 4.0°, 32%増)は増加し、下肢伸展条件での増加が顕著であった。

## 【考察】

健常成人では、フィードバックの指標に応じて歩容の特異的な変化に伴って、歩行速度が増加した。本研究プロトコルは臨床現場における実現可能性を示した。虚弱高齢者でもフィードバックによる歩容変化は認めたものの、歩行速度の変化はわずかであり、若年者とは効果が異なることが示唆された。今後も継続して症例を蓄積し、加齢に伴う身体機能低下などを考慮した適切な指標や閾値の設定に向けて検討を行っていきたい。

## 【結語】

ウェアラブルセンサーを用いた歩行のリアルタイムフィードバックにより、指標に応じた歩容の変化を認めた。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者の所属施設における倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号: 倫委第20-8号)。

## P-2-2-6

## ポスター発表2

## 局所振動刺激による運動錯覚性の重心位置変化に対する筋反応

○阿久澤 弘<sup>1,2)</sup>, 森戸 剛史<sup>3)</sup>, 押川 智貴<sup>4)</sup>, 大久保 雄<sup>5)</sup>, 金岡 恒治<sup>4)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部 理学療法学科
- 2) 新潟医療福祉大学 運動機能医学研究所
- 3) 早稲田大学 スポーツ科学研究科
- 4) 早稲田大学 スポーツ科学学術院
- 5) 埼玉医科大学 保健医療学部 理学療法学科

## 【目的】

筋、腱に対する局所への振動刺激は筋紡錘の興奮を惹起し、その筋が伸長されているという運動錯覚を起こす。閉眼両脚立位で下腿三頭筋筋腱移行部に振動刺激を加えることで、下腿三頭筋が伸長され、重心が前方に移動しているという錯覚を起こす。この錯覚に対して重心を後方に移動させて姿勢調整を行う反応がみられるが、この反応時の体幹深部筋を含む筋活動は明らかにされていない。本研究の目的は、下腿三頭筋筋腱移行部に対する局所的な振動刺激により引き起こされる身体後方偏位時の体幹、下肢筋活動を明らかにすることとした。

## 【方法】

健常成人男性15名を対象とした。筋活動解析の被験筋は腹横筋、内腹斜筋、多裂筋、大殿筋、中殿筋、大腿直筋、大腿二頭筋、半腱筋、腓腹筋内側頭、前脛骨筋の10筋とした。全筋右側を計測した。腹横筋の筋活動計測にはワイヤ電極を使用し、それ以外の筋活動計測には表面電極を使用した。振動刺激による身体の後方偏位量を定量化するため、胸骨剣状突起に反射マーカーを貼付し、赤外線カメラ8台で撮影した。被験者には閉眼両脚立位姿勢を30秒保持するように指示した。前半15秒は振動刺激なし、後半15秒は振動刺激を加える条件設定とした。計測回数は3回とした。振動装置の振動周波数は50Hzとして、両側の下腿三頭筋筋腱移行部に振動刺激を加えた。それぞれの条件において10秒間の各筋の平均筋活動量(%MVIC)と反射マーカーの前後方向の平均空間位置を算出し、3回の平均値を代表値とした。条件間の比較には対応のあるt検定、もしくはWilcoxonの符号順位検定を用いた。有意水準は5%とした。

## 【結果】

振動刺激条件では、反射マーカー位置が有意に後方に変位した(1.86±0.81cm)。また、振動刺激条件において腹横筋(振動あり8.1±5.2%, 振動なし6.8±4.9%)と大殿直筋(振動あり3.0±2.5%, 振動なし2.0±2.2%)の筋活動量は有意に増加し、多裂筋(振動あり4.3±3.4%, 振動なし5.0±3.6%)と大腿二頭筋(振動あり2.9±2.1%, 振動なし4.4±3.3%)の筋活動量は有意に低下した。

## 【考察】

振動刺激による運動錯覚のため、身体が一定の位置まで後方に偏位すると、中枢神経は前庭などからの情報をもとに身体の後方偏位を認知し、偏位を止めるように運動制御を行うと考える。このような微細な重心変化に伴う姿勢制御には、体幹、骨盤運動の力産生に有利な表層の内腹斜筋ではなく、脊椎の分節的なコントロール機能を持つ腹横筋が関わる可能性が示唆された。また、腹横筋とともに股関節屈筋である大腿直筋が重心後方移動を制動する一方、体幹と股関節の伸展に関わる多裂筋、大腿二頭筋の活動は抑制されたと考える。

## 【結語】

わずかな身体後方偏位を制御するために、体幹深部筋である腹横筋が関わる可能性が示された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は発表者が所属する大学の研究倫理委員会(承認番号: 2021-042)の承認を得て実施した。

## P-2-2-7

## ポスター発表2

## 若年健常の階段昇降動作における運動学・運動学的特徴

○川井 柚葉<sup>1)</sup>, 浮城 健吾<sup>1)</sup>, 三上 達也<sup>1)</sup>,  
大森 啓司<sup>1)</sup>, 三浦 浩太<sup>1)</sup>, 館山 唯<sup>1)</sup>, 高橋 大河<sup>1)</sup>,  
川上 健作<sup>2)</sup>, 鈴木 昭二<sup>3)</sup>, 大越 康充<sup>4)</sup>

- 1) 悠康会 函館整形外科クリニック リハビリテーション部
- 2) 函館工業高等専門学校 生産システム工学科
- 3) 公立はこだて未来大学 システム情報科複雑知能学科
- 4) 悠康会 函館整形外科クリニック 整形外科

【目的】日常生活において階段昇降動作の困難感が増加するほど患者満足度が低下することが報告されている。当院において術後3ヶ月に評価し得たTKA症例のうち25%が1足1段での階段昇降、特に降段が不可能であった。階段昇降では大きな可動域と大腿四頭筋筋力、特に降段では遠心性筋力が要求されることが知られているが、この膝関節機能を代償する戦略に関与する知見は不十分である。本研究の目的は健常者における階段昇降動作における矢状面上の運動学的・運動学的特徴から降段が困難である要因を明らかにすることである。

【方法】当院検診に参加した若年健常10例20膝(年齢29.5±4.7歳,身長164.0±8.6cm,体重58.1±8.9kg)を対象とした。光学的モーションキャプチャ技術を用い、自由速度の階段昇段および降段を3次元計測した。階段の寸法は蹴上18cm, 踏面30cmの4段であった。赤外線カメラ8台,床反力計2枚を用い、ポイントクラスタ法に準じ膝キネマティクスを解析、逆動力学計算により外的膝関節モーメントを算出した。体幹前傾角度は、両肩峰の中心と両大転子マーカーの中心を結ぶ線分と鉛直線がなす角度とした。左右3テイクを施行し、平均値を算出した。歩行周期を100%に規格化した。統計解析には対応のあるt検定を用い、有意水準を5%とした。

【結果】膝屈曲角度のピーク値は昇段と降段で有意差は認められなかった。体幹前傾角度は一周期を通して昇段動作が有意に高値であり、降段動作は直立に近かった(昇段: 11.3±3.8°, 降段: 0.1±2.3°)。床反力は昇段降段ともに2峰性を示しており、1stピークで降段が有意に高値であった。外的膝屈曲モーメントのピーク値は昇段と降段で有意差は認められなかった。

【考察】本研究結果より降段動作における体幹前傾角度は昇段動作に比べ、一周期を通して有意に低値であった。昇段動作において体幹前傾が増加することは体重を荷重側の膝関節中心に近づけることによって、矢状面におけるレバーアームを短くし、膝関節の身体を前上方に運ぶ役割を補助していると考えられる。一方、降段動作において大きな遠心性収縮が求められるにも関わらず、体幹前傾角度はほぼ直立位であった。降段動作では膝関節の筋力を補うために体幹を前傾させると、健常若年者といえども転倒の危険性が高まるため、体幹を前傾させることができないものと考えられる。降段動作では、筋の収縮様式が遠心性であるのに加えて、体幹前傾による調節戦略の自由度が低いことが動作をより困難なものにしていると考えられた。

【結語】降段動作では体幹前傾角度による調整戦略の自由度が低いことが動作をより困難にする要因と考えられた。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は当院の生命倫理委員会(承認番号: HOC-CO2-5)の承認を受け、ヘルシンキ宣言に準拠し実施された。またすべての対象者に対して本研究に関する説明を口頭および文書で十分に行ったうえで、署名同意を得た。

## P-2-2-8

## ポスター発表2

## 高齢健常者における階段1段目昇段の外的膝内転モーメントの変化とその要因 -若年健常者と比較して-

○三上 達也<sup>1)</sup>, 浮城 健吾<sup>1)</sup>, 大森 啓司<sup>1)</sup>,  
千田 周也<sup>1)</sup>, 吉田 俊教<sup>1)</sup>, 川上 健作<sup>2)</sup>,  
鈴木 昭二<sup>3)</sup>, 前田 龍智<sup>4)</sup>, 大越 康充<sup>4)</sup>

- 1) 悠康会 函館整形外科クリニック リハビリテーション部
- 2) 函館工業高等専門学校 生産システム工学科
- 3) 公立はこだて未来大学 システム情報科学部 複雑系知能学科
- 4) 悠康会 函館整形外科クリニック 整形外科

## 【目的】

外的膝内転モーメント(Knee Adduction Moment; KAM)は、膝関節内側面への負荷の指標の1つであると知られている。昇段動作の加齢によるKAMの変化は明らかではなく、この要因を知ることはKAMを減じるための理学療法において有用と考えられる。本研究の目的は、高齢健常者と若年健常者の階段1段目昇段動作におけるKAMを比較することで、加齢によるKAMの変化とその要因を明らかにすることである。

## 【方法】

当院健診に参加した高齢健常者10例20膝(高齢群, 男性5例女性5例, 年齢69.0±2.5歳, Femoro-Tibial Angle; FTA 178.3±2.3°)を対象とした。高齢群に性別、FTAをマッチさせた若年健常者10例20膝(若年群, 男性5例女性5例, 年齢29.5±4.7歳, FTA 176.9±3.0°)を比較対照とした。これらの対象に対し、光学的モーションキャプチャ技術を用い、快適速度での階段昇段を左右3テイク施行した。赤外線カメラ8台, 床反力計2枚を用い、計測周波数は各々120Hzとした。階段の寸法は蹴上18cm, 踏面30cmの4段であり、1段目直下に床反力計が設置された。ポイントクラスタ法に準じた膝キネマティクス、逆動力学計算によりKAMを算出した。マーカー情報よりグローバル座標系に対する大腿骨、脛骨セグメント角度、体幹側屈角度、歩隔および膝関節中心から前額面上に投影した床反力作用線までの垂直距離を膝レバーアーム(Lever Arm; LA)として算出した。セグメント重心法により身体重心位置(Center of Gravity; COG)を算出し、前額面におけるCOGと足圧中心(Center of Pressure; COP)の側方距離(COG-COP距離)を算出した。解析区間は1段目の立脚期とし、第一両脚支持期(0-20%)、単脚支持期(SS, 21-79%)、第二両脚支持期(80-100%)に相分けした。統計解析は、両群の比較に対応のないt検定を用いて検討し、有意水準は5%とした。

## 【結果】

KAMは、両群ともに二峰性のグラフを示したが、高齢群では単脚支持期である35-75%立脚期で高値を示した。膝LAは、39-100%立脚期において、高齢群で有意に長く、脛骨のセグメント角度は、47-76%立脚期において、高齢群で有意に外傾していた。大腿骨セグメント角度、膝内反・体幹側屈角度、歩隔、床反力の大きさ、COG-COP距離では有意差はなかった。

## 【考察】

KAMは、床反力の大きさと膝LAの積で表すことができる。本研究結果から、加齢に伴うKAMの増加は膝LAの変化が影響しており、その要因は脛骨の外傾と考えられた。体幹や重心位置等は加齢による変化を認めなかったが、脛骨の運動は若年者と異なっており、これが階段昇段に伴うKAM増加の一因である可能性が考えられた。

## 【倫理的配慮】

本研究は当院の生命倫理委員会の承認を受け、ヘルシンキ宣言に準拠し実施された。またすべての対象者に対して本研究に関する説明を口頭および文書で十分に行ったうえで、署名同意を得た。

## P-2-2-9

## ポスター発表2

## 降段動作の速度低下が身体重心及び遊脚足部の制御に及ぼす影響

○中村 純<sup>1)</sup>, 居倉 怜央<sup>2)</sup>, 阿南 雅也<sup>1,2)</sup>

- 1) 大分大学 福祉健康科学部理学療法コース
- 2) 大分大学 福祉健康科学研究科健康医科学コース

## 【目的】

階段昇降動作は、60歳以上の高齢者が日常生活活動上で困難と訴える動作の上位5つに数えられる。特に降段動作は、身体重心(以下、COM)を前下方に移動させることと、遊脚足部を適切に踏面に接地させることの2つのタスクが要求される。このため、高齢者や膝関節疾患患者にとって困難な動作となりやすい。また、高齢者や膝関節疾患患者では、降段速度が低下する傾向がある。降段速度が異なれば、COMや遊脚足部の制御に影響があることが予測される。そこで本研究では、健常若年者を対象として降段動作の速度低下によるCOM及び遊脚足部の変動を調べることにより、降段動作の制御に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

対象は健常者5人(年齢21.6±1.6歳)であった。対象者の身体ランドマークに60個の赤外線反射マーカを貼付した。赤外線カメラ10台からなる三次元動作解析システムを用い、サンプリング周波数100Hzで計測し、マーカ座標を取得した。課題動作は、4段構成の階段を用いた右足からの1足1段での降段動作とし、被験者の快適速度で行う条件(以下、条件N)とそれよりも遅い60beat/minに設定したメトロームに合わせた速度で行う条件(以下、条件S)の2条件で行った。計測は各条件10回ずつとした。1回の試行で2回の左足遊脚期を取得し、解析区間とした。データ演算ソフトウェアを用いて、マーカ座標を基にCOMと左第5MP関節の試行間の分散を算出した。統計学的解析には統計ソフトウェアを用いて正規性のある場合には2標本t検定、正規性が認められない場合にはMann-Whitneyの検定を行った。なお、有意水準は5%未満とした。

## 【結果】

前後方向COMの分散は、2条件間で有意差は認められなかった。鉛直方向COMの分散は遊脚期の13-42%において、条件Sが条件Nと比較して有意な低値を示した( $p < 0.05$ )。左第5MP関節の前後方向の分散は、2条件間で有意差は認められなかった。左第5MP関節の鉛直方向の分散は遊脚期の5-7%、53-66%において、条件Sが条件Nと比較して有意な低値を示した( $p < 0.05$ )。

## 【考察】

速度を低下させた降段動作ではCOM及び遊脚足部の鉛直方向の変動が小さくなった。これらのことから、高齢者や膝関節疾患患者にみられる速度を低下させた慎重な降段動作は、COM及び遊脚足部の鉛直方向への動きを安定化させる働きがある可能性が示唆された。これらのタスクの制御には関節の運動も関係してくるため、今後は関節角度の変動や協調性の観点からも検討する必要がある。

## 【結語】

本研究より、降段動作の速度を低下させることは、COM及び遊脚足部の鉛直方向への移動を安定化させる働きがあることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に則った研究であり、発表者が所属する施設の倫理委員会の承認(承認番号:F210033)を得て実施した。なお、対象者には本研究の目的と趣旨を十分に説明し、口頭及び文書による同意を得た。

## P-2-2-10

## ポスター発表2

## 段差跨ぎ動作時における身体協調性の加齢変化 : Uncontrolled manifold 解析による検討

○須田 祐貴<sup>1,2)</sup>, 児玉 謙太郎<sup>3)</sup>, 中村 高仁<sup>1,4)</sup>, 坂崎 純太郎<sup>1,2)</sup>, 樋口 貴広<sup>1)</sup>

- 1) 東京都立大学 人間健康科学研究科
- 2) 東京湾岸リハビリテーション病院 リハビリテーション部
- 3) 東京都立大学 大学教育センター
- 4) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部

【目的】高齢者が状況に応じた柔軟な歩行調整を苦手とする問題は、転倒の要因として注目される。この背景には、高齢者が身体の持つ冗長性を十分に利用できず単調な動きを繰り返すことが原因として考えられている。このような単調な動きは、段差跨ぎ場面における高齢者の特徴である。「必要以上に足を挙げて回避する保守的な回避行動」にも共通してみられる。保守的戦略は、確実な衝突回避に寄与するものの、どんな高さの障害物でも同じ動作パターンでの回避を誘導する。すなわち、高齢者は保守的な戦略の結果、動作の多様性が減少し、単調な動きが誘導されている可能性がある。こうした動作の多様性はUncontrolled manifold (UCM)解析により、制御目標(タスク変数)を安定させる冗長な身体各要素の協調性の観点で評価できる。したがって本研究では、足尖挙上位置をタスク変数と仮定したUCM解析により、段差跨ぎ動作時における協調性の加齢変化、ならびに跨ぎ脚による影響を検証した。さらに、保守的な戦略と協調性の関連も検討した。

【方法】26名の高齢者(70.9 ± 7.4歳)と21名の若齢者(25.4 ± 5.0歳)を対象とした。参加者は、3m前方にある高さ8cmの段差を歩行しながら跨いだ。先導脚、後続脚それぞれが障害物を跨ぐ瞬間において、UCM解析を実施した。UCM解析で得られる $\Delta Vz$ が高い場合、足尖挙上を一定に維持する各関節の協調パターンが多いことを示す。統計解析として、年齢(高齢者、若齢者)×跨ぎ脚(先導脚、後続脚)の2要因分散分析を $\Delta Vz$ に対して実施した。さらに、クリアランスと $\Delta Vz$ の関連をスピアマンの相関分析を用いて評価した。

【結果】 $\Delta Vz$ に対する分散分析の結果、交互作用及び年齢による主効果はみられなかった。跨ぎ脚での主効果のみ有意であり、先導脚の方が後続脚よりも有意に高かった。さらに相関分析の結果、クリアランスと $\Delta Vz$ の間に有意な負の相関が得られた。

【考察】本研究の結果から、段差跨ぎ動作時の身体協調性は、年齢による有意な違いが見られなかったものの、跨ぎ脚間の制御の違いや足を高く上げる人ほど、協調性が低下することが明らかとなった。跨ぎ脚間の比較から、年齢に関わらず、先導脚の方が足尖を安定させるために多様な関節協調パターンを利用していることがわかった。また、相関分析の結果から年齢に関わらず、足を高く挙上する人、すなわち保守的な戦略をとる人ほど、協調性が低下している可能性が示された。

【結語】段差跨ぎ動作における身体協調性の加齢変化は確認されなかったものの、保守的な回避戦略をとる人は、柔軟な歩行調整能力が低下している可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:H3-129)の承認を得て実施した。参加者には研究の趣旨と内容、得られたデータは研究目的以外に使用しないこと、個人情報管理について説明し、同意を得た上で協力を得た。

## P-2-2-11

## ポスター発表2

## 昇段動作における空気圧ゲル人工筋肉を用いた効果的なアシストタイミングの検討

○豊田 裕大<sup>1)</sup>, 栗田 雄一<sup>2)</sup>, SWAGTA DAS<sup>2)</sup>, 来間 千晶<sup>3)</sup>, 岩本 義隆<sup>2)</sup>, 石井 陽介<sup>1)</sup>, 高橋 真<sup>1)</sup>

- 1) 広島大学大学院 医系科学研究科
- 2) 広島大学大学院 先進理工系科学研究科
- 3) 広島大学 デジタルものづくり教育センター

## 【目的】

空気圧ゲル人工筋肉 (Pneumatic gel muscle : 以下, PGM) はアシストトルクを発生させ、動作時に必要な筋活動量を減少させることができる。一方で、PGMを使用する際には着用者の運動主体感も重要である。これらはアシストタイミングに影響を受けるとされているが、アシストタイミングを変化させた際の両者の関係については十分な検討がなされていない。そこで本研究では昇段動作で、PGMによるアシストタイミングを変化させた際の筋活動と運動主体感に着目し、効果的なアシストタイミングを検討することを目的とした。

## 【方法】

被験者は健常若年男性7名とした。課題動作は二足一段での昇段動作で、メトロノーム (60 bpm) に合わせて実施した。条件は、PGMによるアシストがないOFF条件と、アシストの時間遅れが0msのDelay0条件、300msのDelay300条件の3条件で行った。PGMは右大腿前面～右下腿前面に装着し、膝伸展をアシストした。また段差の端に設置した感圧センサーが踏まれることでPGM作動のトリガーが入り、その時点を基準にアシストタイミングを制御した。解析区間は、センサーが踏まれた瞬間を0msとし、その地点から-500ms～+1000msとした。運動学データは、3次元動作解析システムVICON MX (Vicon Motion System社) を用いて同定した。得られたデータを基に解析ソフトウェアNexus2.0 (Vicon Motion System社) を用い、股関節角度と膝関節角度を算出した。外側広筋 (Vastus lateralis : 以下, VL) と大殿筋 (Gluteus maximus : 以下, GM) の筋活動は、Delsys Trigno Wireless EMG System (Delsys社) を用いて、表面筋電図を導出した。運動主体感は質問紙を作成し、-3 (強く反対) ～+3 (強く賛成) で評価した。得られたデータに対し、各条件間に対応のあるt検定を行い、有意水準は5%とした。なお、Sequential Bonferroni法を用いてp値の調整を行った。

## 【結果】

VLの筋活動は、OFF条件と比較して、Delay条件で有意に低値を示した ( $p < 0.05$ )。運動主体感は、OFF条件に比べてDelay0条件で有意に低値を示した ( $p < 0.05$ )。関節角度は条件間で有意な差は認められなかった。

## 【考察】

VLの筋活動はPGMによるアシストで減少していたが、Delay条件間では有意な差は認められなかった。また、運動主体感はDelay0条件のみ平均評価が+1を下回っていた。先行研究では平均評価+1以上で運動主体感を感じている状態とされているため、Delay0では運動主体感が損なわれていると考えられる。これらのことから、PGMの作動タイミングは時間遅れを設定した方がより効果的なアシストとなることが示唆された。

## 【結語】

本研究において、運動主体感を考慮すると、PGMのアシストタイミングとしては時間遅れが効果的であることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。

## P-2-2-12

## ポスター発表2

## 変形性膝関節症患者における膝関節受動特性変化の同定

○横山 萌香<sup>1,2)</sup>, 横山 光<sup>3)</sup>, 久保田 圭祐<sup>4)</sup>, 平田 恵介<sup>5)</sup>, 埜 大樹<sup>6)</sup>, 藤野 努<sup>6)</sup>, 宮澤 拓<sup>6)</sup>, 鬼塚 勝哉<sup>2)</sup>, 金村 尚彦<sup>4)</sup>

- 1) 順天堂大学 大学院医学研究科
- 2) 埼玉県立大学 大学院保健医療福祉学研究所
- 3) 東京農工大学 大学院工学研究院
- 4) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部
- 5) 東京家政大学 健康科学部
- 6) 人間総合科学大学 保健医療学部

## 【目的】

膝関節圧縮応力は筋活動による能動的な力だけでなく、靭帯などの軟部組織伸張による受動的な力も影響する (Sherburne, 2005)。力学的負荷増大が進行に関与する変形性膝関節症 (膝OA) は、進行とともに膝関節拘縮が生じるため、受動抵抗性増大が問題になることが予想される。しかし、膝OA患者の受動膝関節モーメントを健常高齢者と比較した唯一の研究では、単一の股関節肢位における膝伸展最終域でのみを検討し、差がなかったことを報告した (Reid, 2010)。一方で先行研究の方法は他の関節肢位を検討しないこと、実際に比較した膝関節角度が統制できていない問題があり、方法的問題を包含する可能性を有す。本研究では実測値をモデル化して比較することで、上述の問題を解決して膝OA患者の受動特性変化を検出することを目的とした。

## 【方法】

対象は膝OA患者7名、健常高齢者7名を対象とした。2関節筋の影響を考慮した受動関節モーメントの個人モデルを作成するために、股関節や足関節の角度を変えた際の膝受動運動を計測した。自作の力覚センサ付きアタッチメントを装着したBIODEXと3次元動作解析装置 Viconを組み合わせ、パッシブモード ( $10^\circ / \text{sec}$ ) で膝関節屈伸運動を3回実施した。力覚センサから得られた力情報と算出した下肢3関節の角度を使用して逆動力学解析を行い、受動膝関節モーメントを求めた。算出した受動膝関節モーメントはモデル化を目的に、先行研究のdouble exponential function (Riener, 1999) に対して最小二乗法でパラメーターを決定し、個人モデルを作成した。股関節0, 30, 60, 90度屈曲位での膝関節伸展運動 ( $0-150^\circ$ ) に足関節条件 ( $-20, 0, 20$ 度背屈位) を組み合わせた12条件における受動膝関節モーメントの予測値を算出した。波形の正規性検定後、Statistical non-Parametric Mappingで2群比較し、受動膝関節モーメントが増大が生じる条件を検討した。有意水準は  $p < 0.05$  とした。

## 【結果】

股関節中間位  $\sim 30^\circ$  屈曲位、かつ、足関節中間位  $\sim$  背屈位の条件において膝関節屈曲  $30^\circ$  以降の他動膝関節伸展運動時に膝OA患者群の受動膝関節屈曲モーメントが増大することが明らかになった。

## 【考察】

実測値をそのまま比較した先行研究が膝OA患者の受動膝関節モーメントの変化を検出できなかったのに対して、本研究では個人モデル作成後に角度条件を統一して算出した予測値を比較することで、特に足関節背屈角度が増大した際に膝OA群が受動膝関節モーメントを増大する特徴を持つことが明らかになった。

## 【結語】

本研究では個人モデルを作成して予測値を比較することで、膝OA患者は下腿三頭筋などの短縮の影響を受け、受動抵抗性が増大する可能性を示した。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は研究実施時の所属・埼玉県立大学倫理審査委員会の承認を得た (承認番号: 19510)。被験者には実験説明を研究に先立って行い、紙面を参照しながら口頭で説明を行った。その後、同意書に署名を得た。

## P-2-2-13

## ポスター発表2

## 立脚期の膝関節角度変化が筋活動や膝関節負荷に及ぼす影響

○居倉 怜央<sup>1)</sup>, 中村 純<sup>2)</sup>, 阿南 雅也<sup>1, 2)</sup>

- 1) 大分大学 福祉健康科学研究科健康医科学コース  
2) 大分大学 福祉健康科学部理学療法コース

## 【目的】

変形性膝関節症(以下、膝OA)は、関節軟骨の破壊や骨変化の進行により、膝関節に不安定性をもたらす。そのため、関節不安定性を代償するために膝関節周囲筋の共同収縮を増加させ関節不安定性を高める。このような膝関節への負荷を評価する指標として外部膝関節内転モーメント(以下、KAM)や外部膝関節屈曲モーメント(以下、KFM)が用いられる。KAMは内側型膝OAとの関連性があり、歩行時の前額面上の変化に着目した研究が多く報告されているが、矢状面上の膝関節動態の変化による膝関節周囲の筋活動やKAMへの影響は検討されていない。そこで本研究の目的は、立脚初期の膝関節角度変化が膝関節周囲の筋活動や膝関節負荷に対し、どのような影響を及ぼすか検討することとした。

## 【方法】

対象者は健常者5人(男性:4人, 女性:1人, 年齢:22.4±1.0歳)であった。60個の赤外線反射マーカーと片側下肢の膝関節周囲筋(半腱様筋, 大腿二頭筋, 内側腓腹筋, 外側腓腹筋, 内側広筋, 外側広筋)に筋電電極を貼付した。赤外線カメラや床反力計からなる三次元動作解析システムおよび筋電計を用い、Normal(N)歩行, 立脚初期の膝関節角度を増加させたMore Flexion(MF)歩行, 減少させたLess Flexion(LF)歩行の3条件の計測を行った。解析項目は、床反力, 関節角度, 関節モーメント, レバーアーム, 共同収縮指数(以下, CCI)を算出し, 条件間比較を行った。計測回数は各条件5回とし, 解析区間は右立脚期とした。統計学的解析には統計ソフトウェアを用いて, 正規性の確認後, 1元配置分散分析を行った。なお, 有意水準は5%未満とした。

## 【結果】

膝関節屈曲角度は, N歩行とMF歩行, MF歩行とLF歩行の間に有意差が認められた。KFM, KFM積分値, 矢状面上のレバーアームでは, MF歩行とLF歩行の間に有意差が認められた。その他の項目では3条件間に有意差が認められなかった。

## 【考察】

KFMとKFM積分値には有意差が認められたが, KAMとKAM積分値には有意差が認められなかった。このことは膝関節屈曲角度の変化により矢状面上のレバーアームは変化した。前額面上のレバーアームはほとんど変化がなかったためと考えられる。また, CCIにおいても有意差は認められなかった。このことは膝OA患者では膝関節屈曲角度の減少とCCIの増加により, 関節不安定性を高めるという報告とは異なる結果となった。そのため, 今後は膝OA患者における影響についても検討する必要がある。

## 【結語】

本研究より, 健常者の歩行時の膝関節屈曲角度の変化は, KFMには影響を及ぼすが, KAMやCCIには影響を与えないことが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に則った研究であり, 実験に先立ち, 発表者が所属する施設の研究倫理委員会の承認(承認番号:F200025)を得て実施した。なお, 対象者には本研究の目的と趣旨を十分に説明し, 口頭および文書による同意を得た。

## P-2-2-14

## ポスター発表2

## 若年健常者の膝関節伸展運動における内側広筋および外側広筋の運動単位活動特性に性差はあるか

○桑原 大輔<sup>1)</sup>, 梅原 拓也<sup>2)</sup>, 國木 壮大<sup>1)</sup>, 木藤 伸宏<sup>2)</sup>

- 1) 広島国際大学大学院 医療・福祉科学研究科  
2) 広島国際大学 総合リハビリテーション学部

【目的】本研究の目的は、若年健常者の膝関節伸展運動における内側広筋と外側広筋の運動単位活動特性の性差を検討することとした。

【方法】対象は、下肢および体幹に整形外科的疾患のない健常男性4名(年齢:25.0±2.5歳)と健常女性5名(年齢:21.0±0.0歳)とした。測定課題は、等尺性膝関節伸展の最大下随意筋収縮(% Maximum Voluntary Contraction:%MVC)とした。%MVCは、Biodex System III (Biodex,Japan)により20, 40, 60%の台形収縮課題を視覚フィードバック下で測定した。主な測定項目は、各%MVCでの内側広筋(Vastus Medialis:VM)と外側広筋(Vastus Lateralis:VL)の運動単位活動特性とした。運動単位活動特性は、Trigno Galileo sensor (Delsys,Japan)により得られた生波形にDecompositionを実施して(Deluca 2015)、各運動単位の平均発火頻度(Mean Firing Rates:MFRs)/動員閾値(Recruitment Threshold:RT)および平均振幅(Motor Unit Action Potential Amplitudes:MUAPAMPS)/RTをプロットした近似直線の傾きと切片について算出した。統計解析は、傾きと切片に対して、筋(VM, VL)と性別(男女)を要因とした二元配置分散分析を課題ごと(20,40,60%MVC)に実施した。また、実質的な差の程度を効果量の偏 $\eta^2$ で算出した。

【結果】二元配置分散分析の結果、性別要因において、MUAPAMPS/RTの切片に40%MVCで有意な主効果と大の効果量を認めた( $p=0.02$ ,  $\eta^2=0.34$ )。またMUAPAMPS/RTの切片は、男性で高かった(VM:男性 $0.01 \pm 0.01$  mV, 女性 $-0.01 \pm 0.02$  mV; VL:男性 $0.02 \pm 0.01$  mV, 女性 $-0.01 \pm 0.02$  mV)。MFRs/RTの切片は、40,60%MVCで性別要因に有意な主効果と大の効果量を認めた(40%MVC: $p=0.02$ ,  $\eta^2=0.34$ ; 60%MVC: $p=0.01$ ,  $\eta^2=0.41$ )。また、MFRs/RTの切片は40%MVCでも女性で高く(VM:男性 $19.26 \pm 4.38$  pps, 女性 $23.79 \pm 4.42$  pps; VL:男性 $19.75 \pm 5.30$  pps, 女性 $26.34 \pm 3.57$  pps)、60%MVCでも女性で高かった(VM:男性 $25.21 \pm 4.88$  pps, 女性 $32.12 \pm 5.37$  pps; VL:男性 $23.45 \pm 1.28$  pps, 女性 $30.02 \pm 4.70$  pps)。

【考察】MUAPAMPS/RTの切片は、40%MVCにおいて男性で高かった。MUAPAMPSは、Type II線維比と筋断面積に関連すると言われている。Type II線維比と筋断面積は、男性で高いと言われている。実際に、本研究でもMUAPAMPS/RTの切片は男性で高かった。また、MFRs/RTの切片は、40,60%MVCにおいて女性で高かった。MFRsとの関連因子は明らかでないものの、女性で高いと言われている。つまり、女性では、MUAPAMPSの低さをMFRsの高さで代償する可能性がある。

【結語】MUAPAMPS/RTの切片は、40%MVCにおいて男性で高く、MFRs/RTの切片は、40,60%MVCにおいて女性で高かった。つまり、男性ではMUAPAMPS、女性ではMFRsを高めることで、要求されたより強い力を発揮する可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:C21-012)の承認を得て実施した。

## P-2-2-15

## ポスター発表2

## 膝関節周囲の軟部組織の張力が膝蓋骨アライメントに及ぼす影響

○浅山 章大<sup>1,2)</sup>, 谷口 匡史<sup>1)</sup>, 八木 優英<sup>1)</sup>,  
廣野 哲也<sup>1,3,4)</sup>, 加藤 丈博<sup>1)</sup>, 築瀬 康<sup>1,5)</sup>,  
市橋 則明<sup>1)</sup>

- 1) 京都大学大学院 医学研究科人間健康科学系専攻
- 2) 長浜赤十字病院 リハビリテーション科
- 3) 中京大学 スポーツ科学部
- 4) 日本学術振興会 特別研究員PD
- 5) 同志社大学 スポーツ健康科学部

【目的】膝蓋大腿関節痛 (PFP)は膝関節前面痛を特徴とし、膝関節スポーツ障害で最も頻繁にみられる症状である。膝蓋骨外側変位 (Shift)と外側傾斜角 (Tilt)の増加といった膝蓋骨アライメント異常がPFPの主要原因の一つであり、特に、膝関節伸展位における膝伸展筋力発揮時の膝蓋骨アライメント異常が最もPFPの有無と関連すると報告されている。しかし、生体における膝蓋骨アライメントと膝関節周囲軟部組織の張力との関連は十分に明らかではない。本研究の目的は、膝関節伸展位における膝伸展筋力発揮時の膝蓋骨アライメントと軟部組織の張力との関連を明らかにすることである。

【方法】対象はPFP患者12名 (女性7名、年齢 $22.5 \pm 3.7$ 歳)と健康若年者20名 (女性12名、年齢 $24.1 \pm 3.4$ 歳)とした。測定肢位は膝関節 $5^\circ$  屈曲位の仰臥位とし、安静条件および $1.5\text{Nm}$ 等尺性膝伸展筋力発揮条件の2条件で計測を行った。ShiftおよびTiltは超音波診断装置 (US)を用いて計測した。対象の軟部組織は、大腿直筋、外側広筋 (VL)、内側広筋、外側膝蓋支帯、内側膝蓋支帯、腸脛靭帯 (ITB)とした。USを用いて、これら軟部組織の断面積または厚みを計測した。また、せん断波エラストグラフィ機能を用いて、安静条件および力発揮条件での弾性率を計測した。先行研究に基づき、弾性率と断面積または厚みの積を張力の指標とした。従属変数をShiftまたはTilt、独立変数を各軟部組織の張力、調整変数をPFP有無とした重回帰分析を安静条件および力発揮条件のそれぞれで行った。なお、力発揮条件での分析においては、受動組織である膝蓋支帯は安静条件の値を投入し、安静条件の膝蓋骨アライメントも独立変数へ投入した。有意水準は5%とした。

【結果】重回帰分析の結果、力発揮条件でのShiftには、力発揮条件でのVL ( $\beta = 0.45$ )およびITBの張力 ( $\beta = 0.35$ )、安静条件でのShift ( $\beta = 0.39$ )が有意に関連し、Tiltには、安静条件でのTilt ( $\beta = 0.59$ )が有意に関連した。そして、安静条件でのShiftおよびTiltにはITBの張力が有意に関連した ( $\beta = 0.65$ ,  $\beta = 0.54$ )。

【考察】解剖学的に、VLとITBはShiftとTiltを助長する作用を有すると報告されている。これまでに、生体において膝関節伸展位におけるVLおよびITBの張力と膝蓋骨アライメントの関連を調査した研究はなく、遺体を用いた研究においてもこれらの関連に一貫したエビデンスは得られていない。本研究の結果、膝関節伸展位においてVLおよびITBの張力が増加することで、ShiftおよびTiltが増加する可能性が示唆された。

【結語】膝伸展筋力発揮中のShiftには、力発揮中のVLおよびITBの張力と安静時のShiftが影響し、膝伸展筋力発揮中のTiltには、安静時のTiltが影響した。また、安静時のShiftおよびTiltには、安静時のITBの張力が影響した。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会 (承認番号: R2457)の承認を得て実施した。

## P-2-2-16

## ポスター発表2

## 膝関節屈曲角度が膝蓋下脂肪体の表層および深層の形状に及ぼす影響 -変形性膝関節症による検討-

○中山 昇平<sup>1,2)</sup>, 福元 喜啓<sup>2)</sup>, 小竹 俊郎<sup>3)</sup>

- 1) こたけ整形外科クリニック リハビリテーション科
- 2) 関西医科大学 リハビリテーション学部
- 3) こたけ整形外科クリニック 整形外科

## 【目的】

膝蓋下脂肪体 (IFP)は、膝蓋腱深層、膝蓋骨下、脛骨上に位置する滑膜によって表層と深層に分けられる組織である。超音波画像による観察では、膝関節の屈曲-伸展には特にIFP表層の動態が関与すると報告されている。IFPの病変は変形性膝関節症 (膝OA)と関係するとされるが、膝OAにおける屈曲伸展時の表層および深層の形状の変化は明らかでない。本研究の目的は、1)安静時における膝OAの炎症側と非炎症側のIFP面積および輝度の違いを明らかにし、2)同側の膝伸展と屈曲時のIFP面積の違いを調べることとした。

## 【方法】

対象は片側のみに症状を呈し膝OAと診断された20名 (女性15名、男性5名、身長 $156.4 \pm 8.8\text{cm}$ 、体重 $59.8 \pm 8.6\text{kg}$ 、年齢 $76.3 \pm 9.0$ 歳)炎症側20膝、非炎症側20膝とした。

Kellgren-Lawrence分類による重症度は、Grade I 2名Grade II 13名、Grade III 3名、Grade IV 2名であった。測定肢位は安静仰臥位で膝伸展 $0^\circ$  および屈曲 $90^\circ$  とし、超音波診断装置を用いて膝蓋腱と平行にプローブを接触させ、IFP長軸像を描出した。画像解析ソフトを用いて膝蓋腱、IFP表層、深層の面積を算出し、また輝度をグレースケールにて算出した。統計解析は、炎症側と非炎症側の面積と輝度の差 および同側の伸展と屈曲時の面積の差に関して、正規性の検定、Wilcoxon符号順位和検定および対応のあるT検定を用いて検討した。有意水準は5%とした。

## 【結果】

安静時における炎症側と非炎症側の違いについて、面積は膝蓋腱 ( $p=0.261$ )、IFP浅層 ( $p=0.571$ )、IFP深層 ( $p=0.231$ )、輝度は膝蓋腱 ( $p=0.676$ )、IFP浅層 ( $p=0.898$ )、IFP深層 ( $p=0.062$ )であり有意差は認められなかった。同側の面積の違いについて、膝蓋腱は、炎症側の伸展時に比較して屈曲時で有意に減少 ( $p=0.008$ )したが、非炎症側の有意差は認められなかった ( $p=0.311$ )。IFP浅層は、非炎症側の屈曲時に増大 ( $p=0.011$ )したが、炎症側の有意差は認められなかった ( $p=0.475$ )。IFP深層は両側とも有意差は認められなかった ( $p=0.123$ ,  $p=0.245$ )。

## 【考察】

面積に関して、炎症側は、膝屈曲によりIFP浅層は変化せず、膝蓋腱の面積が減少した。しかし、非炎症側はIFP浅層の面積が増大し、膝蓋腱は変化しなかった。非炎症側の変化は、膝関節屈曲時にIFP浅層組織の変化率が大きくなるとする健康者を対象とした先行研究を支持するものと考えられる。一方、炎症側は、IFPが膝蓋腱に付着するため周囲の組織病変に影響を受けて形態が変化する可能性が考えられた。

【結語】非炎症側のIFP浅層の面積は伸展時に比較し屈曲時に増大するが、炎症側では変化が認められなかった。膝OAは膝関節運動時のIFP形状の変化に影響を及ぼすことが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会 (承認番号: 2020107)の承認を得て実施した。対象者には書面および口頭にて研究内容の説明を十分に行い、研究参加の同意書に署名を得た。

## P-2-2-17

## ポスター発表2

## 等尺性膝関節伸展運動時の大腿四頭筋の膝関節角度の違いによる神経筋の性質について

○若木 雄太, 佐藤 洋一郎, 宮坂 智哉, 野村 知広  
北海道科学大学大学院 保健医療学研究科リハビリテーション科学専攻

## 【目的】

表面筋電図上で発生する筋活動と力の関係は骨格筋中の神経筋の性質を表すと言われ、これをEMG-force関係という。大腿四頭筋は人体において最も重要な筋の1つであり、共同筋間の活動を検証するのに最も適した筋である。これまで共同筋間での比較はされてはいるものの、異なる関節角度間での共同筋間や力発揮レベルでの比較は広く検証されていない。そこで本研究は関節角度の変化が大腿四頭筋のEMG-force関係にどう影響するのかを明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

対象者は健康な成人男性8名とした。課題は右膝関節30・60・90°屈曲時の最大随意収縮(maximal voluntary contraction、以下MVC)、および準最大下随意収縮での等尺性膝伸展運動とし、各条件3試行とした。MVC試行時にハンドヘルドダイナモメーターを右下腿遠位にあて、膝伸展最大筋力を計測した。最大筋力の25、50、75%の力を算出し、準最大下での力発揮レベルのターゲットの力とした。同時に右大腿四頭筋4筋の筋活動を表面筋電図で記録した。中間広筋の電極貼付位置は、先行研究を参考に超音波エコーを用いて筋の位置を同定した上で決定した。準最大下での課題は各力発揮レベルに相当する重錘を右下腿の遠位に垂らし、右下腿を床と平行に保持するよう指示した。股関節は三角枕などを利用して90°屈曲位で固定した。各力発揮時のroot mean square (以下、RMS)値を算出した。また、MVCのRMS値に対する各力発揮レベルでのRMS値の割合を求め、その値とターゲットの割合(25・50・75%)との差を求め、各条件における差分の合計を求めた。統計学的解析は各膝関節角度と各筋間および各力発揮レベル間でそれぞれ二元配置分散分析を行った。多重比較検定にはTukey-Kramer法を行った。有意水準は5%とした。

## 【結果】

各膝関節角度と各筋間、各力発揮レベルにおける差分の合計に有意な交互作用は見られなかった。また各膝関節角度間における差分の合計は60°条件と30・90°条件間で有意差が見られた( $p < 0.01$ )。

## 【考察】

膝関節60°屈曲位が他の膝関節角度と比較してターゲットの割合からのずれが有意に低かった。この知見は筋の力発揮が安定して実行可能であるのは膝屈曲角度60°付近であることを示唆し、このことは膝関節屈曲45~60°において膝伸展トルクが最大になることや力発揮に最も適した至適筋節長が膝関節屈曲60°付近であるという過去の知見によって支持されると考える。

## 【結語】

膝関節屈曲60°で最もターゲットとなる力発揮レベルからのずれが小さく、このことは運動時、膝関節角度屈曲60°において力を安定して出力できるということを示唆した。

## 【倫理的配慮・説明と同意】

被験者にはヘルシンキ宣言(2013年改訂版)に基づき実験前準備、実験時の負担に対して十分配慮した。また、研究内容の説明・同意は被験者に書面と口頭で説明し参加者の同意が得られた場合、同意書に署名を得た。

## P-2-3-1

## ポスター発表2

## 異なる難易度の認知負荷が予測的姿勢制御の適応結果に与える影響について

○榊 悠介<sup>1)</sup>, 長谷川 直哉<sup>2)</sup>, 大久保 結羽<sup>1)</sup>, 赤木 啓真<sup>1)</sup>, 川田 亜弥<sup>1)</sup>, 唐 申雷<sup>1)</sup>, 萬井 太規<sup>3)</sup>, 浅賀 忠義<sup>2)</sup>

- 1) 北海道大学 大学院保健科学院
- 2) 北海道大学 大学院保健科学研究所
- 3) 大分大学 福祉健康科学部

## 【目的】

転倒リスクを評価する指標として用いられる選択ステップ課題(CST)は、認知負荷によって不適切な予測的姿勢制御(APA)が観測される割合(APAエラー率)が増加する。CSTのAPAエラー率の増加と転倒リスクの増加は関連することが報告されている。日常生活は認知負荷の影響を受けることから、二重課題下でのCSTのAPAエラー率を減少させる介入は転倒リスクを減少させる可能性がある。二重課題を用いた介入を行うことで二重課題下の課題の成績が向上すると言われているが、課題の難易度による適応効果の違いについては検討されていない。従って、本研究の目的はCSTに用いる認知負荷の難易度の違いがAPAの適応効果に与える影響について検討することであった。

## 【方法】

健康若年者8名(22.4±0.7歳)を対象とした。本研究はクロスオーバーデザインで実施した。テスト課題において、対象者は床反力計の上に立ち、数字の一致の判断が要求されるCSTを練習課題の前後(Pre, Post)に各10施行実施した。練習課題は、認知負荷が異なる3つのCST:事前にステップ側を告知する(Control)、計算の正解を判断する(Easy)、色刺激に応じて計算の正解・不正解を判断する(Hard)のいずれかを40施行実施した。床反力計で計測された足圧中心(COP)の変位が不適切な施行をAPAエラー施行と定義し、テスト課題10施行中の割合をAPAエラー率とした。解析には条件(Control, Easy, Hard)とセッション(Pre, Post)の2要因による反復測定二元配置分散分析を用い、事後検定としてBonferroni法による多重比較を行った。

## 【結果】

主効果はセッションのみ認められ( $p < 0.05$ )、条件とセッションの間に交互作用が認められた( $p < 0.05$ )。ControlではPreとPostでAPAエラー率に有意差が認められなかったのに対し( $p = 1.0$ )、EasyとHardではPostはPreと比較して有意にAPAエラー率が減少した( $p < 0.05$ )。一方、EasyとHardの間には有意差が認められなかった( $p = 1.0$ )。

## 【考察】

認知負荷を有していないControlではPreとPostで有意差が認められなかったのに対し、二重課題練習であるEasyとHardでは有意にAPAエラー率が減少したことから、二重課題に取り組むことで二重課題下のCSTのAPAエラー率が減少することが示唆された。一方、EasyとHardの間で有意差が認められなかったため、用いる認知課題の難易度による効果の差はないことが示唆された。

## 【結語】

認知課題を用いたCSTを行うことで、認知負荷下でのCSTのパフォーマンスが向上する。加えて、その効果は認知課題の難易度が低くても同等に認められる。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

対象者に研究目的及び手順について十分に説明し、インフォームドコンセントを得てから、書面にて同意を得た。得られたデータは研究活動のみで使用し、公表する場合には、個人を特定できないように対処し、プライバシー保護に配慮した。本研究は発表者が所属する倫理委員会(承認番号:21-22)の承認を得て行った。

## P-2-3-2

## ポスター発表2

## 恐怖環境下での意図的な注意制御が立位バランスに及ぼす影響

○大谷 啓尊<sup>1)</sup>, 青木 修<sup>2)</sup>

- 1) 神戸国際大学 リハビリテーション学部  
2) 四條畷学園大学 リハビリテーション学部

## 【目的】

転倒恐怖感はバランスを不安定にさせる要因の1つである。転倒恐怖感によって身体に注意が向きやすくなる結果、運動の硬直化が生じパフォーマンスが低下することが報告されている。このような内的注意が過度になりやすい者に対し、注意の対象を変化させるような教示や環境を与えることはリハビリテーション上有用である可能性がある。本研究では内的注意と外的注意の異なる注意を意図的に制御することで、注意対象の変化が立位バランスに及ぼす影響について検証した。

## 【方法】

研究デザインはクロスオーバーデザイン(内的/外的注意 × I・II期)とした。対象者(健康若年者15名)はI期目に内的注意あるいは外的注意下で課題を実施する群にランダムに割り付けられた。実験課題について、被験者は重心動揺計上で両上肢体側下垂位とした両脚立位保持を保持しながら、前方1.5mに映写された画像を注視してもらった。課題条件として、中性画像(コントロール条件)と恐怖不快画像(Fear条件)の2条件を設定した。提示画像は、国際情動写真集から条件ごとに選別され、画像提示は各条件の提示画像セットからランダムに抽出された。注意対象の指示は、①左示指を動かさないようにする(内的注意)、②前方に提示された垂直線に身体を合わせ(外的注意)とした。I期とII期の間は2週間以上とし、注意条件を入れ替えて同様の課題を実施した。各課題において、情動惹起による交感神経活動度の指標には心拍間隔から算出されるLF/HFを用いて評価した。姿勢制御の指標は、重心動揺データから得られた実効値面積、前脛骨筋の筋電図活動から求めた中間周波数とした。姿勢制御指標は情動惹起による変化を評価するために、画像条件間の変化量( $\Delta$ : コントロール-Fear条件)を算出した。統計学的解析は反復測定二元配置分散分析を用い、有意水準は5%とした。

## 【結果】

LF/HFは主効果を認め、内的注意および外的注意ともにFear条件はコントロール条件に比べ有意に増加した( $p<0.05$ )。 $\Delta$ 実効値面積は交互作用を認め、内的注意は外的注意に比べ有意に増大した( $p<0.05$ )。 $\Delta$ 中間周波数は主効果を認め、内的注意は外的注意よりも有意に低かった( $p<0.05$ )。

## 【考察】

内的注意および外的注意ともに恐怖情動が惹起されたことによって交感神経活動が増加したものと考えられた。Fear条件はコントロール条件に比べて内的注意時に実効値面積が小さくなりやすく、下肢末梢の筋活動も変化することが示唆された。

## 【結語】

恐怖情動が惹起したときの立位バランスは、そのときに注意が向けられる対象の違い(内的あるいは外的)によって異なる変化を示した。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の倫理委員会の承認(G2019-100)を得て実施された。すべての被験者に対し書面を用いて本研究の趣旨および測定方法、結果の取り扱い等について十分な説明を行い同意を得た上で実施した。

## P-2-3-3

## ポスター発表2

## 内的・外的注意焦点は立位重心動揺と脳波活動を変化させる

○澤井 舜<sup>1,2)</sup>, 藤川 翔也<sup>3)</sup>, 村田 伸<sup>1,3)</sup>, 安彦 鉄平<sup>1,3)</sup>, 中野 英樹<sup>1,3)</sup>

- 1) 京都橘大学大学院 健康科学研究科  
2) 京都久野病院 リハビリテーション課  
3) 京都橘大学 健康科学部理学療法学科

【目的】注意焦点には身体内部に注意を向けるInternal focus (IF)と身体外部に注意を向けるExternal focus (EF)があり、パフォーマンスの向上にはEFが効果的であると報告されている。また近年、上肢追跡運動において最適な注意焦点には個人差があり、関与する脳領域が異なることも示されている(Sakurada, 2016)。しかし、立位姿勢制御における注意焦点の優位性とその神経基盤については十分に検討されていない。これを明らかにすることで、注意焦点の優位性を考慮した立位姿勢制御能力向上プログラムの開発が可能になると考える。そこで本研究は、立位姿勢制御における注意焦点の優位性とその脳波活動を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は健康若年者31名とし、A群16名とB群15名にランダム割り付けした。全ての対象者は、立位姿勢制御課題としてIF条件とEF条件における姿勢安定度評価指標(IPS)を測定した。まずA群にはIF条件、B群にはEF条件を実施した後、条件を入れ替えてA群にはEF条件、B群にはIF条件を実施した。IPSでは、前・後・右・左に最大に傾いた姿勢で重心動揺を10秒間測定した。その際、IF条件では対象者の足部、EF条件では画面上の重心点に注意を焦点化させた。脳波は、国際10-20法に準じた19chで測定した。脳波データはEEGLABで前処理を行った後、exact low-resolution brain electromagnetic tomography解析を用いて注意・認知と関連する $\theta$ 帯域(6.5-8Hz)の発生源同定を行った。EF条件よりIF条件のIPSが高値を示した者をIF優位群、IF条件よりEF条件のIPSが高値を示した者をEF優位群とし、各条件における脳波活動をvoxel毎に対応のないt検定で比較した。また、IF優位群とEF優位群のIPSを対応のないt検定で比較した。有意水準は5%未満とした。

【結果】IF条件におけるIPSはEF優位群と比較してIF優位群で有意に高く( $p<0.05$ )、EF条件におけるIPSはIF優位群と比較してEF優位群で高値を示した( $p=0.05$ )。また脳波活動に関しては、IF優位群はIF条件で左頭頂皮質、EF優位群はEF条件で左前頭皮質に $\theta$ 帯域の有意な高活動を認めた( $p<0.05$ )。

【考察】左頭頂皮質は固有感覚情報処理や注意制御に関与することから(Reichenbach, 2013; Huizeling, 2021)、IF優位群は足部感覚情報に基づく姿勢制御を行っている可能性を示唆した。また、左前頭皮質は視覚情報のエラー検知や認知制御に関与することから(Hülsdünker, 2015; Cavanagh, 2014)、EF優位群は視覚情報に基づく姿勢制御を行っている可能性を示唆した。

【結語】本研究は、健康若年者の立位姿勢制御における最適な注意焦点には個人差があり、それに関与する脳領域が異なることを明らかにした。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、ヘルシンキ宣言に示された倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。なお本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会の承認を得て実施した。

## P-2-3-4

## ポスター発表2

## バランスディスク上での左プリズム適応が立位重心の左右変位に与える影響

○北谷 亮輔<sup>1,2,3)</sup>, 本田 快和<sup>1)</sup>, 犬飼 康人<sup>1,2)</sup>, 大鶴 直史<sup>1,2)</sup>, 大西 秀明<sup>1,2)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部理学療法学科
- 2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所
- 3) 京都大学大学院 医学研究科人間健康科学系専攻

## 【目的】

半側空間無視 (USN) を呈する脳卒中後患者は運動麻痺や感覚障害を併発することが多く、USNが直接的に姿勢制御に与える影響は不明確である。基礎的な検討方法として、視野が左へ変位するプリズム眼鏡を装着して運動適応を行うと、健常者に左USN様の現象が生じることが報告されている。このUSN現象には課題間の転移効果も確認されており、静止立位時の重心が右へ変位することが報告されているが、重心変位が生じる機序は不明確である。また、バランスディスク上でプリズム適応を行うと転移効果が増加することが報告されているが、重心変位への影響は明らかにされていない。そこで、本研究の目的はバランスディスク上でのプリズム適応が立位時の重心変位に与える影響を検討することとした。

## 【方法】

若年健常者30名(年齢 $21.2 \pm 0.6$ 歳)を床面上での立位とバランスディスク上での立位の2群に分けてプリズム適応課題を実施した。プリズム適応は視野が左へ30ジオプター(約16.7度)変位するプリズムレンズ付きゴーグルを装着して10分間100回の目標点への上肢リーチを2セット実施した。プリズム適応前後において、閉眼での前方上肢リーチを6回ずつ行い、正中位からの左右変位距離を算出した。また、閉脚閉眼静止立位時の重心動揺を30秒ずつ測定した。バランスディスク上での十分な立位保持が困難であった1名を解析から除外し(床面群15名・バランス群14名)、混合計画二元配置分散分析と多重比較(Bonferroni補正)を行った。

## 【結果】

閉眼上肢リーチの左右変位距離には有意な時間の主効果が得られ、プリズム適応前と比較して適応後に上肢リーチは有意に右に変位していた。閉脚閉眼立位時の左右方向における足圧中心位置には有意な時間の主効果と交互作用が得られた。多重比較の結果、バランス群のみ適応後の足圧中心位置はプリズム適応前と比較して有意に右に変位しており、適応後においてバランス群の足圧中心位置は床面群と比較して有意に右に変位していた。

## 【考察】

プリズム適応には小脳-頭頂葉ネットワークの活動が重要であり、左右後頭頂葉の半球間活動差によりUSN現象が生じると考えられている。床面上と比較して不安定面上での立位は後頭頂葉の活動が増加することが報告されている。バランスディスク上での姿勢制御に必要な体性感覚情報の増加により、立位中の左右後頭頂葉間の活動差が増大した可能性が示唆され、上肢リーチの適応効果に群間差は生じなかったが、バランス群のみに立位重心が右へ変位する転移効果が生じたと考えられる。

## 【結語】

バランスディスク上での左プリズム適応により、姿勢制御における左USN現象として立位重心の右変位が増大した。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言と人を対象とする医学系研究に関する倫理指針に基づき、本学倫理委員会の承認を得た後に、各対象者に説明を行い、事前に書面にて同意を得て実施した。

## P-2-3-5

## ポスター発表2

## 姿勢保持課題と随意運動課題における外側広筋運動単位発火パターンの相違

○青山 敏之<sup>1)</sup>, 河野 豊<sup>2)</sup>

- 1) 茨城県立医療大学 理学療法学科
- 2) 茨城県立医療大学 医科学センター

【目的】運動単位の発火順序はサイズの原理に従うものの、その発火特性は運動課題に依存して変化する。一方、特定の筋に存在する運動単位の発火特性が、姿勢保持と随意運動による筋収縮で異なるかは明らかにされていない。よって、本研究の目的は、姿勢課題と随意運動課題とで運動単位の発火特性に差があるかを明らかにすることとした。

【方法】健常な11名が座位での左膝伸展による随意運動課題と立位での姿勢課題を実施した。課題時の膝屈曲角度は $30^\circ$ とし、Galileo sensorを用いて左外側広筋から筋活動を記録した。参加者には筋活動の目標値と整流平滑化波形を視覚的に提示した。目標値は最大随意収縮の15%(8秒間)とし、ランプアップ・ダウン時間はそれぞれ2.5秒とした。運動単位の抽出にはDe Lucaら(2015)によるdecomposition algorithmを用い、発火閾値、振幅、平均発火頻度を算出した。両課題で抽出された個々の運動単位の形状の相互相関と振幅の差に基づいて、両運動課題で同一の運動単位を特定した。両運動課題で異なると判定された運動単位について、発火閾値、発火頻度の分布に基づいて低・中・高閾値のようにそれぞれ3水準に分類した。上記項目について、統計学的解析により両課題間の差を検定した。

【結果】姿勢課題では、随意運動課題と比べ運動単位の発火閾値、振幅が有意に低く、発火頻度は有意に高かった。二つの運動課題で同一と判定された運動単位の発火閾値は姿勢課題で有意に低かったものの、振幅と発火頻度の有意差はなかった。二つの運動課題で独立して抽出された運動単位について、姿勢課題では高閾値の特性を有する運動単位の占める割合が有意に少なく、低閾値、高発火頻度の特性を有する運動単位の占める割合が有意に高かった。

【考察】本研究結果より、姿勢課題と随意運動課題とで、同じ筋活動レベルであっても運動単位の発火特性には明確な差異が存在した。この差異は、両課題で共通して動員された運動単位の発火閾値が姿勢課題で低値を示したことから、両者で異なる特性を有する運動単位が動員されたことに起因した。疲労耐性が高いと考えられる低閾値、高発火頻度の特性を有する運動単位が姿勢課題で優先的に動員されたことは、姿勢保持における持続的な筋活動の必要性の観点から合理的である。脊髄運動ニューロンに対する下降性入力や感覚入力の運動課題間における差が、運動課題に応じた合理的な運動単位の動員に関与すると考えられる。

【結語】本研究は、姿勢課題と随意運動課題で運動単位の発火パターンに明確な差異があることを初めて示した研究である。この知見は、二つの運動課題を運動療法として用いる際の重要な科学的根拠になり得る。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会の承認を得た上、ヘルシンキ宣言に沿って行われた。参加者に対して十分な説明に基づいて同意を得た。

## P-2-3-6

## ポスター発表2

## バーチャルリアリティによる視覚刺激が灼熱様の疼痛感覚に及ぼす影響

○竹尾 雄飛<sup>1,2)</sup>, 原 正之<sup>3)</sup>, 大平 岳<sup>4)</sup>, 菅田 陽恰<sup>2,4)</sup>

- 1) 大分大学医学部附属病院 リハビリテーション部
- 2) 大分大学大学院 医学系研究科博士課程医学専攻
- 3) 埼玉大学 理工学研究科
- 4) 大分大学 福祉健康科学部理学療法コース

## 【目的】

本研究では、仮想現実 (virtual reality ; VR)による身体化錯覚誘起後に、その部位への視覚刺激が疼痛に関わる感覚機能に及ぼす影響について明らかにする。

## 【方法】

右利きの健常者15名を対象とした。仮想の上肢に身体化錯覚を誘導するために、VR上で2分間のブロック操作課題を遂行した。次に、VR上の①火の中 (Fire条件)、②水の中 (Water条件)、③なにもない空間 (No-effect条件)、に手を置く3条件を実施した。各条件実施時には、温度刺激提示装置を用いて灼熱様の疼痛感覚を誘起できる Thermal grill illusion (TGI)にて右母指球に刺激を入力した。その際、64チャンネル脳波計を用いて刺激入力中の脳波を計測した。各条件の提示順は順序効果の影響を排除するために、被験者間でランダム化した。さらに、VRによる視覚刺激が主観情報に及ぼす影響を調べるために各条件終了後には主観的温度や痛みについての質問紙標を実施した。脳律動の解析区間はベースラインである32°CおよびTGI中とし、解析周波数帯域は痛みに関係があるとされる $\theta$ 並びに $\alpha$ 帯域とした。Minimum Norm Estimationによる電流源推定後に、ベースラインおよびTGI中の脳波に対して $\theta$ および $\alpha$ 帯域を対象としたパワースペクトル解析 (Welch)を行った。その後、ベースライン補正を行い、得られた結果を3条件で比較した。質問紙標に関する条件間比較にはKruskal-Wallis検定を用い、有意差を認められたものに対してMann-Whitney U検定ならびにBonferroni補正を行った。また、脳律動解析の条件間比較にはANOVA検定を用い、有意差を認められたものに対してTukey-Kramer検定による多重比較検定を行った。

## 【結果】

質問紙標では主観的温度においてFire条件がWater条件と比較して有意に高値を示した ( $p=0.0041$ )。また、脳律動解析の結果、Fire条件において左島皮質および上側頭回における $\theta$ 帯域のパワーがno-effect条件と比較して有意に上昇した ( $p < 0.05$ )。

## 【考察】

視覚刺激は他の感覚情報を変調させることが報告されている。本研究では、VR上に投影した仮想の上肢において視覚エフェクトが感覚変調を想起させた可能性が示唆された。神経生理学的観点からも、疼痛の認知に関連するとされる $\theta$ 帯域の脳律動に有意なパワー変化がみられた。 $\theta$ 帯域のパワー変化が認められた領域は、痛みの知覚や予測、痛みに関連する情動に関与するとされている島皮質、複雑な視覚的認知、多感覚の統合、情動の発現において重要な役割をもつ扁桃体とネットワークを構築している上側頭溝であった。したがって、身体化錯覚が生じた部位に対する視覚エフェクトは痛みや、痛みに関連する脳領域を変調するが可能性が考えられる。

## 【結論】

身体化錯覚が生じた部位に対する視覚エフェクトはTGIによって想起される疼痛様錯覚を変調する可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は大分大学医学部倫理審査委員会により、承認を得たうえで実施した。

## P-2-3-7

## ポスター発表2

## 車いす操行および松葉杖歩行に伴う運動イメージの正確性への影響

○渡邊 観世子, 谷 浩明

国際医療福祉大学 保健医療学部理学療法学科

【目的】 移動を支援する福祉用具は移動の円滑さや姿勢および歩行の安定性を高めるために有用であるが、その操作に困難さを感じることも多い。福祉用具の操作が困難なために思うような速度や方向に移動できないことにかえって危険な状況になることも考えられる。そこで車いす操行と松葉杖での免荷歩行における歩行速度の運動イメージの正確性を明らかにすることとした。本研究では福祉用具使用に伴うリスクを明らかにすることを目的として基礎的なデータを収集する。

【方法】 若年健常成人100名を対象に車いす操行課題を実施する群 (車いす群, 50名: 男性21名, 女性29名, 平均年齢19.8±0.8歳)と松葉杖歩行課題を実施する群 (松葉杖群, 50名: 男性27名, 女性23名, 平均年齢19.3±0.5歳)に割り付けた。車いす操行課題は普通型車いすの両手駆動とし、松葉杖歩行課題は両松葉杖を使用して利き足の完全免荷歩行とした。また両群において福祉用具を用いない通常歩行課題も実施した。いずれの課題も快適速度にて10m移動することとした。運動イメージの正確性には、心的時間測定法 (mental chronometry)を用いた。対象者はまずイメージ条件としてスタートラインに位置した状態で自身の移動速度をイメージし、その時間を計測した。次に実測条件として実際の移動時間を計測した。イメージ時間と実測時間はいずれも測定者がストップウォッチで2回計測した。運動イメージの正確性は2回の平均値の差分を実測時間で除した値の絶対値とした。解析は、各群において通常歩行と車いす操行もしくは松葉杖歩行の運動イメージの正確性を対応のあるt検定で比較した。またそれぞれの課題における過小評価と過大評価の人数からイメージの傾向を把握した。

【結果】 車いす群では歩行課題と車いす操行課題の間に有意差を認め、車いす操行課題においてイメージと実測の差が有意に大きかった ( $t = -3.4, p < 0.05$ )。車いす操行課題では過大評価が41名、過小評価が9名だった。松葉杖群では歩行課題と松葉杖歩行課題の有意差を認めなかった ( $p = 0.19$ )。松葉杖歩行課題では過大評価が24名、過小評価が26名だった。

【考察】 車いす操行では、通常の歩行に比べて運動イメージの正確性が低下していた。さらにその多くが過大評価をしていることも明らかとなり、実際の操行速度よりも早く移動できるとイメージしていることが示された。一方で松葉杖歩行では運動イメージの正確性は通常歩行と同等であったが、イメージの傾向として過大評価と過小評価に約半数ずつ分かれており、今後この傾向に関連する個人特性などを検討していく。

【結語】 自身の運動を過大評価することは日常生活上の危険が予想される。臨床現場では車いす使用に伴うリスクについても十分に指導する必要があると言える。

【倫理的配慮、説明と同意】 本研究は発表者の所属機関の研究倫理委員会 (承認番号: 21-10-36)の承認を得て実施した。

## P-2-3-8

## ポスター発表2

## 運動イメージ方法の違いが運動の正確さと脊髄神経機能の興奮性に及ぼす効果

○堀田 昂己<sup>1)</sup>, 福本 悠樹<sup>2)</sup>, 鈴木 俊明<sup>2)</sup>

- 1) 介護老人保健施設ローズリハビリテーション科  
2) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

【目的】運動イメージには、自ら運動を行っているような筋感覚的イメージと運動を観察しているような視覚的イメージがある。筋感覚的イメージは、運動技能向上に有効とされる一方、未経験の運動をイメージする際は視覚的イメージになりやすく、患者では実施困難となるケースが想定される。そこで、運動の様子を対象者視点で想起する点で、筋感覚的イメージに類似する一人称的視覚イメージに着目し、運動イメージ方法の違いによる運動の正確さの変化を、神経生理学的観点から解決することを目的とした。

【方法】対象は健常者13名とした。まず、最大随意収縮(MVC)を計測し、規定値の50%MVCに調節する練習を与えた。充分な休息後、安静背臥位にてF波を1分間計測し、視覚情報を遮断した状態で50%MVCへピンチ力を調節させ、規定値と実測値との誤差を算出した。順不同でそれぞれ別日に筋感覚的イメージ、一人称的視覚イメージ中のF波を測定した後、再度ピンチ課題を与えた。なお、筋感覚的イメージでは、「自分が実際に運動しているイメージをして下さい」、一人称的視覚イメージでは、「自分が運動している姿をイメージして下さい」と口頭指示を与えた。F波記録条件は、探查電極を左母指球筋腹上、基準電極を左第1中手骨頭背側、刺激電極を左手関節部正中神経上、接地電極を左前腕中央部とした。脊髄神経機能の興奮性と運動の正確さの指標はそれぞれ、安静を基準とした各イメージ間の振幅F/M比増加量と50%MVCからの絶対誤差改善度とした。

【結果】安静を基準とした各イメージ間の振幅F/M比増加量と50%MVCからの絶対誤差改善度は差を認めなかった。

【考察】筋感覚的イメージは運動関連領域を賦活させ、その活動は下行性線維を介して脊髄神経機能の興奮性を調節するとされている。本研究でも、筋感覚的イメージ時の運動関連領域の賦活が下行性線維を介して脊髄神経機能の興奮性を増大させたと考える。また、筋感覚的イメージと類似する一人称的視覚イメージを実施したことで、運動関連領域が賦活し、下行性線維を介して脊髄神経機能の興奮性を同程度に増大させたと考える。さらに、筋感覚的イメージ時は運動関連領域が賦活することから運動パフォーマンスと強い関連性があり、イメージ後に行ったタッピング課題にてその精度を維持したことが報告されている。今回、双方の運動イメージで、脊髄神経機能の興奮性が同程度に増大したことから、運動関連領域も同程度に賦活したと考える。これにより、双方の運動イメージ後のピンチ課題で運動の正確さを同程度に維持させたと考える。

【結語】運動イメージが運動の正確さと脊髄神経機能の興奮性に及ぼす効果について、一人称的視覚イメージを実施することで、筋感覚的イメージと同等の効果が得られる可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は所属施設の研究倫理委員会(承認番号 20-04)の承認を得て行った。

## P-2-3-9

## ポスター発表2

## 視覚フィードバックを用いた運動の運動イメージには、視覚イメージが過剰な脊髄運動神経機能の抑制と運動技能の向上が得られる

○溝口 綾人<sup>1)</sup>, 山地 紗希<sup>1)</sup>, 近藤 彩花<sup>1)</sup>, 福本 悠樹<sup>1,2)</sup>, 東藤 真理奈<sup>1,2)</sup>, 鈴木 俊明<sup>2)</sup>

- 1) 関西医療大学 保健医療学部 理学療法学科  
2) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

【目的】

運動イメージは運動技能の向上に有効とされており、我々の先行研究では、ピンチメーターと筋収縮程度のデジタル表示部の数字を見ながら50%収縮強度を学習した後実施した運動イメージでは、デジタル表示部の数字をイメージする数字イメージが含まれると過度な脊髄運動神経機能の興奮が抑えられるといった報告や明瞭なイメージが運動の正確性を高め、脊髄運動神経機能が過度に興奮しないことが報告されている。そこで今回、運動イメージの具体的な方法に関する内省調査より数字イメージを選択しなかった対象者に数字イメージを実施した際の脊髄運動神経機能の興奮性変化と正確な運動の実施に要する時間(運動の正確性)について検討した。【方法】

健常者16名(平均年齢20.8歳)に対し、ピンチメーターを用いた50%収縮強度の運動練習を実施した。具体的には、ピンチセンサーの筋収縮程度の出力表示部の数字をフィードバックしながら実施した。この運動を自由にイメージさせた。その後、先行研究を基に作成した質問指標によりイメージ内容を①筋収縮イメージ、②数字的イメージ、③感覚イメージの中から回答させ(複数回答可)、自身のイメージに用いなかった非自覚イメージに②数字的イメージが該当した被験者を本研究の対象とした。該当者は9名であり、まず安静背臥位にて5分間の安静を与えた後、非利き手側の正中神経刺激により母指球筋からF波を導出した。次に、50%収縮強度への到達課題を3回行い、5分間の安静を与え、その後非自覚イメージ中のF波を導出した。イメージ課題後、50%収縮強度への到達課題を3回実施した。

【結果】

振幅F/M比は安静とイメージの課題間で差を認めなかった。また、ピンチ課題間においてイメージ課題前後で絶対誤差は差を認めなかった。ただし、対象者の中で運動の正確性が低下した者は向上した者に比べて脊髄運動神経機能の興奮性が増加しているという特徴があった。

【考察】

過度な難易度のためにイメージ想起が難しい運動イメージは、脊髄運動神経機能の興奮性を増大させると報告されている。本研究では、イメージ想起の難易度の観点から、運動の正確性が低下した者は脊髄運動神経機能の興奮性が増大しやすかったと考えた。諸家からは明瞭なイメージが実施できた場合は、脊髄運動神経機能の興奮性が増大せずとも、運動技能は向上したと報告している。よって本研究では、明瞭なイメージ想起ができた者の運動の正確性は向上し、脊髄運動神経機能の興奮性増大の程度が少なかった可能性がある。

【結語】

指示した非自覚イメージは難易度の高いイメージであり、脊髄神経機能の興奮性は増加しやすく運動の正確性は向上しなかった可能性がある。運動イメージの際は、難易度の低いイメージが良い可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 21-34)の承認を得て実施した。

## P-2-3-10

## ポスター発表2

## ミラーセラピーにおける課題難易度とその効果

○木内 隆裕<sup>1)</sup>, 藤田 祐希<sup>2)</sup>, 長尾 彬生<sup>3)</sup>,  
川野 未来<sup>1)</sup>, 丸山 香<sup>4)</sup>

- 1) 森ノ宮医療大学 総合リハビリテーション学部 理学療法学科
- 2) 関西医科大学くずは病院 リハビリテーション科
- 3) 東朋八尾病院 リハビリテーション科
- 4) 星ヶ丘医療センター リハビリテーション部

## 【目的】

ミラーセラピーは運動麻痺などに有効であることが繰り返し報告されており、健常者においても運動能力が高まることが報告されている。一方、適切に片側上肢・下肢のトレーニングを行えば、鏡がなくとも、反対側の上肢・下肢で運動能力が高まる事が知られている。よって、鏡があるとその現象は強まると考えられるが、ボール回転課題を用いた先行研究では相反する結果が報告されている。本研究では、これらの研究で用いられたボールの相違に着目して実験を行った。すなわち、ボールの相違が課題難易度に差をもたらし、その結果、ミラーセラピーの効果に差が生じた可能性を検討することを目的とした。

## 【方法】

対象は右利きの若年健常者56名とし、ボール要因(ゴルフボール・コルクボール)と視覚要因(鏡あり・鏡なし)を組み合わせた4群にランダムに割り付けた。実験姿勢は椅子座位とし、実験開始前に手長や主観的難易度などを測定した。ボール回転課題は、手のひらの上で2個のボールをできるだけ速く、かつ、落とさないように回す課題とした。課題中は常に、左側に見える手(実物、あるいは鏡像)に視線を向けるよう指示した。課題は30秒間を1セットとし、初めに左手で1セット、次に右手で10セット、最後に左手で1セットの課題を行わせた。統計学的解析では、課題難易度の差、及び手長と課題難易度の相関を調べた。ボール回転数については、初期値の群間差、及び各群内の前後比較を行った。さらに、回転数の変化率に対する上記2要因の効果分散分析で調べた。有意水準は $p < 0.05$ とした。

## 【結果】

主観的難易度は、ゴルフボールを用いた2群よりもコルクボールを用いた2群のほうが有意に高く、ゴルフボールを用いた群のみが手長と有意な逆相関を示した。ボール回転数の初期値は、左右とも、4群間で有意な差はなかった。また、どの群においても、右手で10セットの練習を行った結果、右手によるボール回転数は有意に増加し、練習をしていない左手によるボール回転数も有意に増加した。回転数の変化率に対するボール要因・視覚要因の効果を検討した結果、主効果・交互作用とも有意ではなかった。

## 【考察】

異なるボールを用いることでボール回転課題に難易度の差が生じ、ゴルフボールの場合は被験者の手が小さいほど難易度の高い課題になっていたと言える。しかし、その課題難易度はボール回転数の変化率に影響を与えておらず、ミラーセラピーの効果修飾する因子にはなっていないと考えられる。また、鏡の有無もボール回転数の変化率に影響を与えていないことが示され、Reissig et al.(2015)の結果が再現されたと言える。

## 【結語】

ボールの相違はミラーセラピーにおける課題難易度に影響を与えたが、その効果には影響を与えなかった。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 2018-074)の承認を得て実施した。

## P-2-3-11

## ポスター発表2

慢性腰痛における心理社会的要因と脳機能計測  
—機械学習による予測分析の試行—

○田邊 素子<sup>1)</sup>, 庭野 賀津子<sup>2)</sup>

- 1) 東北福祉大学 健康科学部リハビリテーション学科
- 2) 東北福祉大学 教育学部教育学科

【目的】慢性腰痛は3カ月以上継続するとされ、長期化因子に心理社会的要因がある。我々は大学生を対象に腰痛症状、心理指標と脳機能計測の検討を行ってきたが、腰痛の長期化予防のために早期の予後予測が重要である。機械学習は疾病の予後予測に導入されている。コーディングや習熟に時間がかかるが、最近ビジネスや研究向けにソフトウェアが提供されている。そこで既存のソフトウェアを使用し、腰痛有無の予測について機械学習を試行し、実施可能性を検討した。

【方法】対象は大学生50名のPFC領域のfNIRS計測データと心理指標を用い、機械学習はPrediction one (Sony Network Communications Inc.)を使用した。表データから二値分類・多値分類・数値予測が可能で、予測精度、寄与率が出力されるソフトである。今回は腰痛症状の有無の二値分類を検討するため、40名の心理指標、NIRS計測データで機械学習を行い、他の10名の予測分析を行った。心理指標はBig fiveの5因子得点(神経症傾向、外向性、開放性、協調性、誠実性)、NIRSデータは腰痛刺激時のoxyHb値(腰痛無害条件、腰痛有害条件)とした。予測精度を比較するため、1)全パラメータ:心理・NIRSの全ての項目、2)腰痛有害パラメータ:心理データ・腰痛有害条件時のNIRSデータ項目、3)相関パラメータ:心理データと腰痛有害者で有意な相関があったNIRSデータ項目の3モデルで学習を行った。次に10名の予測を行い、既知の腰痛有無との合致率を確認した。

【結果】予測精度について、1)全パラメータ:45.11%、2)腰痛有害パラメータ:38.85%、3)相関パラメータ:57.11%であった。また3つのモデルで10名の予測を行ったが、3モデルとも10名全員が腰痛有に分類され、既知の腰痛有無との合致率は50%であった。

【考察】腰痛症状の有無について、心理指標のBig five得点と、腰痛刺激時のNIRSデータにて機械学習を既存のソフトウェアで行った。予測精度は、全パラメータ、腰痛有害パラメータでは精度が低いとされ、相関パラメータでは中等度の精度であった。学習に使用するパラメータは精査する必要があり選択に課題がある。3つのモデルで予測では、腰痛無が5名いたにも関わらず、全てのモデルで10名の判定は腰痛有で、合致率は50%であった。モデルの精度向上が重要であり、学習するデータ数、パラメータ数の追加が必要である。既存のソフトウェアを使用する利点は、初学者にわかりやすいインターフェースで、短時間で解析できることであるが、機械学習アルゴリズムが既定されている点には考慮が必要である。

【結語】腰痛有無の予測のため機械学習を行い、予測精度は中等度であった。高精度なモデルのため学習パラメータの設定が重要である。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:RS-170201)の承認を得て実施した。

## P-2-3-12

## ポスター発表2

## 運動イメージとニューロフィードバックの併用は立位姿勢制御能力を向上させる

○藤川 翔也<sup>1)</sup>, 大角 知央<sup>1)</sup>, 牛尾 龍<sup>1)</sup>, 田村 宏佑<sup>1)</sup>, 澤井 舜<sup>2,3)</sup>, 甲斐 義浩<sup>1,2)</sup>, 村田 伸<sup>1,2)</sup>, 島 圭介<sup>4)</sup>, 中野 英樹<sup>1,2)</sup>

- 1) 京都橘大学 健康科学部理学療法学科
- 2) 京都橘大学 大学院健康科学研究科
- 3) 京都久野病院 リハビリテーション課
- 4) 横浜国立大学 大学院環境情報研究院

【目的】脳卒中後の立位姿勢制御能力の低下は、日常生活動作に影響を及ぼし、家族や介護者の負担を増大させることから、解決すべき重要な課題の一つである。脳内で運動をシミュレートする運動イメージ (Motor imagery: MI) は、立位姿勢制御能力の向上に効果的であることが明らかにされている。しかし、MIで得られる効果には個人差が生じることが報告されており、それを解決する手法として、近年、ニューロフィードバック (Neurofeedback: NF) が注目されている。MIとNFの併用は脳卒中後の上肢運動制御に効果的であることが明らかにされているが、立位姿勢制御に及ぼす効果は十分に検証されていない。これを検証することで立位姿勢制御能力を向上させるリハビリテーション手法の開発に貢献できると考える。そこで本研究は、健常者を対象とした基礎的研究として、MIとNFの併用が立位姿勢制御に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は健常成人16名とし、MI群8名とMI+NF群8名にランダム割り付けした。両群ともに立位にて不安定板を水平に保持する姿勢制御課題を30秒間、10試行実施した。また各試行間に姿勢制御課題のMIを30秒間実施した。その際、MI+NF群ではMI中の脳波活動を測定し、補足運動野に相当する脳領域の $\mu$ 帯域 (8-13Hz) の事象関連脱同期を聴覚刺激にてフィードバックした。介入効果の評価として、介入前後に同様の姿勢制御課題を実施し、不安定板に設置した圧センサーと加速度センサーから不安定板の床への接触回数、最大水平保持時間、Root mean square (RMS) を算出した。介入前後における各測定項目の比較には二要因反復測定分散分析を用いた。また、各測定項目の変化量の比較にはMann-Whitney検定を用いた。有意水準は5%未満とした。

【結果】床への接触回数、最大水平保持時間、RMSは両群ともに介入後に有意な向上を示した ( $F = 35.60, p < 0.05$ ;  $F = 33.16, p < 0.01$ ;  $F = 76.41, p < 0.01$ )。各測定項目の変化量はRMSのみに群間の有意差を認め、MI+NF群で高値を示した ( $p < 0.05$ )。

【考察】左右方向の姿勢制御には補足運動野が重要な役割を担っている。また、学習段階における反復的なフィードバック情報はその運動パフォーマンスを向上させることが報告されている。以上のことから、本研究では左右方向の姿勢制御に関与する補足運動野の活動を反復的にフィードバックさせた結果、姿勢制御課題におけるRMSがMI+NF群において有意に向上したことが示唆された。

【結語】本研究により、MIとNFの併用は立位姿勢制御能力を向上させることが明らかにされた。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、ヘルシンキ宣言に示された倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。なお本研究は、発表者が所属する施設の倫理委員会承認を得て実施した。

## P-2-3-13

## ポスター発表2

## 認知負荷による有効視野の狭窄が姿勢安定性に与える影響について

○大久保 結羽<sup>1)</sup>, 長谷川 直哉<sup>2)</sup>, 榎 悠介<sup>1)</sup>, 赤木 啓真<sup>1)</sup>, 川田 亜弥<sup>1)</sup>, Tang Shenlei<sup>1)</sup>, 萬井 大規<sup>3)</sup>, 浅賀 忠義<sup>2)</sup>

- 1) 北海道大学 大学院保健科学院
- 2) 北海道大学 大学院保健科学研究院
- 3) 大分大学 福祉健康科学部

## 【目的】

高齢者は姿勢安定性において視覚に依存し、中でも最も転倒と関連を持つ因子は視野である。視野には有効視野が存在し「注視点の周囲で情報を瞬時に貯蔵し読みだすことの出来る範囲」と定義される。有効視野の範囲は変動し、とくに認知・運動課題の遂行時に狭窄し、また課題難易度の上昇に伴い大きく狭窄する。有効視野狭窄では周辺視野情報を十分に獲得出来ないため、眼疾患による物理的な視野狭窄と同様に姿勢不安定性をもたらす可能性がある。そこで、本研究の目的は認知負荷による有効視野狭窄が姿勢不安定性を誘発するかを検討することであった。

## 【方法】

健常若年者13名 (23.5±1.2歳) を対象とした。対象者は床反力計に載せたフォームパッド上で閉脚立位、両上肢下垂位を保持した。90cm前方のスクリーンに同時に提示される認知課題と視覚刺激に、左右に把持したタッチセンサーでそれぞれ反応した。認知課題は画面中心部に提示し、黒点の出現に反応する課題 (Control)、ストループ課題 (Task) の2条件とした。視覚刺激は3.0秒毎に画面左右9か所 (視角0°, 20°, 30°, 40°, 50°) にランダムに提示した。1試行60秒間とし、休憩を挟み各認知課題条件 (Condition) 3試行、6試行を実施した。視覚刺激への反応率および反応時間を算出し、床反力データから足圧中心位置の95%信頼域楕円面積および平均移動速度を算出した。解析には、反応率、反応時間に対して視角とConditionの二要因を用いた反復測定二元配置分散分析、95%信頼域楕円面積および平均移動速度に対してCondition間で反復測定一元配置分散分析を用いた。有意水準は5%未満とした。

## 【結果】

視覚刺激への反応率はConditionおよび視角の有意な主効果は認められず96-100%の範囲であった。視覚刺激への反応時間において、Conditionおよび視角の有意な主効果が認められた ( $p < 0.05$ ) 一方で、要因間の交互作用は認められなかった ( $p = 0.41$ )。Task条件は、視角20°, 30°, 40°においてControl条件より有意に視覚刺激への反応時間が遅延していた ( $p < 0.05$ )。一方、95%信頼域楕円面積および平均移動速度にはCondition間の有意差が認められなかった ( $p = 0.40, 0.15$ )。

## 【考察】

本研究の認知負荷により有効視野狭窄が誘発されたものの、この影響は姿勢不安定性をもたらすほどではなかったと考えられる。有効視野狭窄状態では、有効視野外の情報も姿勢制御に取り込むことが出来るためだと示唆される。

## 【結語】

物理的な視野狭窄と異なり、認知負荷による有効視野狭窄は姿勢不安定性を誘発しない。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

対象者に研究目的及び手順について十分に説明し、インフォームドコンセントを得てから、書面にて同意を得た。得られたデータは研究活動のみで使用し、公表する場合には、個人を特定できないように対処し、プライバシー保護に配慮した。本研究は発表者が所属する倫理委員会 (承認番号: 21-21) の承認を得て行った。

## P-2-3-14

## ポスター発表2

## 静的立位保持中の足圧中心速度の分解 -ゆらぎ成分とふるえ成分

○宮澤 拓<sup>1,2)</sup>, 埜 大樹<sup>1)</sup>, 平田 恵介<sup>3)</sup>, 藤野 努<sup>1,2)</sup>, 久保田 圭祐<sup>4)</sup>, 横山 萌香<sup>5)</sup>, 鬼塚 勝哉<sup>2,6)</sup>

- 1) 人間総合科学大学 理学療法専攻
- 2) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科

【目的】足圧中心(COP)解析には多くの手法が用いられる。再現性が比較的高く、かつ姿勢不安定性を反映する指標としてCOP速度が増大するかについては十分に解明されていない。本研究ではCOPをゆらぎ成分とふるえ成分に分解することで、COP速度に対してそれぞれの成分が与える影響と加齢による速度増大の要因を探索した。

【方法】健康成人18名、高齢者9名を対象とし、床反力計の上で静的立位を30秒間保持させ1000Hzにて計測した。COP軌跡は4Hzのlow pass filterにかけ、前後方向の解析を実施した。まず健康成人を対象とし、COP動揺をゆらぎ成分とふるえ成分に分解した後、それぞれを時間微分し速度を算出した。ゆらぎはCOPと身体重心が一致する瞬間的な平衡点を結んで算出される低周波の大きな波、ふるえはゆらぎ成分とCOPの差分から算出される高周波の小さな波である。次にCOP速度とゆらぎ速度及びふるえ速度のPearsonの相関係数を求め、関係性を検証した。それぞれの速度成分をDetrended fluctuation analysis(DFA)にかけ短期間・長期間スケールの自己相関性を調べた。最後に健康成人と高齢者の比較として、COP・ゆらぎ成分・ふるえ成分の振幅(二乗平均平方根)と速度の平均を求め、対応のないt検定で群間比較を行った。

## 【結果】

COP速度とふるえ速度は極めて強い相関性を示した( $r=0.98$ )。ゆらぎ速度では0.72であった。DFAの結果、COP速度とふるえ速度には持続性相関から反持続性相関に移行するクロスオーバーが確認されたが、ゆらぎ速度では認めなかった。群間比較ではCOP速度平均は健康成人6.6mm/s、高齢者7.9mm/sと高齢者が有意に増大した( $p=0.006$ )。ふるえ速度も健康成人6.0mm/s、高齢者で7.3mm/sと高齢者が有意に高値であったが( $p=0.005$ )、ゆらぎ振幅、ゆらぎ速度、ふるえ振幅に関しては、群間で差を認めなかった。

## 【考察】

立位制御ではCOPの位置でなく速度が制御されることが知られている。本研究ではCOP速度のみでなくふるえ速度においても長期間スケールで反持続性相関を示した。つまり過去の変動に対して未来には反対の変動が起こることを意味し、ふるえの速度を調整する機序が存在すると考えられる。さらにCOP速度とふるえ速度とは強い相関性を示し、高齢者ではふるえ速度のみが増大し、ゆらぎの振幅や速度は変わらなかった。これらのことから加齢によって増大する身体動揺は安定性の限界を探索するような大きな動揺(ゆらぎ成分)に由来するものよりも、平衡点周囲で速く細かい動揺(ふるえ成分)に由来する影響が大きいと考えられた。

【結語】COP速度はふるえ成分に強い影響を受け、加齢によって増大するCOP速度は、ふるえ成分の増大がその要因である可能性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:29502)の承認を得て実施した。

## P-2-3-15

## ポスター発表2

## 視野の下部領域のオプティカルフローは非視覚系の立位姿勢制御戦略に変容させる

○萬井 太規<sup>1)</sup>, 加藤 士雄<sup>2)</sup>, 浦野 雄飛<sup>3)</sup>, 黒木 堯稀<sup>1)</sup>, 愛甲 拓海<sup>1)</sup>, 長谷川 直哉<sup>4)</sup>, 浅賀 忠義<sup>4)</sup>

- 1) 大分大学大学院 福祉健康科学研究科 健康医科学コース
- 2) 北海道科学大学 保健医療学部 理学療法学科
- 3) 大分大学 福祉健康科学部 理学療法コース
- 4) 北海道大学大学院 保健科学研究院

## 【目的】

物体の運動に関する情報を伝える背側視覚経路の起源となる背側視覚野は、視野の下部領域の視覚情報に特に興奮しやすい(Kravitz, 2013)。ゆえに、視野の下部領域の視覚刺激は、上部領域の視覚刺激よりも自己の身体運動の知覚や視覚運動制御に優れた効果を及ぼす(Graco, 2011)。感覚の再重み付けは、信頼性の高い感覚情報に依存して調整されることから、視野の下部領域に、身体動揺を惹起させるオプティカルフローを付与すれば、非視覚系の感覚へと調整されることが示唆される。本研究の目的は、異なる視野領域のオプティカルフローに伴う立位姿勢制御戦略の特性について検証することであった。

## 【方法】

29名の健康成人(21.0 ± 0.8歳)を対象とした。Head mounted display (VIVE Pro)を用いて、視野の中心前方から後方へ放射状に白球が放出される刺激を提示した(毎秒1000個, 5cm/秒)。白球は、視野の中心を基準に上半分(Upper条件)、下半分(Lower条件)、および、全範囲(Full条件)に表示した。白球を表示しないControl条件も実施した。課題順はランダムとした。全条件において、60秒間の静止立位中、15m前方、視野の中心に設けられた赤い固視点を見続けるように指示した。立位は、足部が接地しない所まで足を閉じ、上肢は下垂位とした。床反力データから、COPの動揺面積と速度を算出した。さらに、周波数解析により、0~0.3Hzの周波数帯(LF)を視覚、0.3~1Hz(MF)を前庭感覚、1~3Hz(HF)を体性感覚による動揺と定義し(Kanekar, 2014)、それぞれの周波数帯のパワー値を総パワー値で正規化し算出した。条件間の比較に反復測定一元配置分散分析、多重比較にはBonferroni法を使用した。有意水準は5%未満とした。

## 【結果】

動揺面積に条件間の有意な主効果を認め( $p < 0.01$ )、Full条件とLower条件は、Upper条件よりも有意に動揺面積が小さかった( $p < 0.01$ )。また、Lower条件は、Control条件よりも有意に動揺面積が小さかった( $p = 0.042$ )。一方、動揺速度は条件間の主効果を認めなかった。前後方向のCOP動揺のLF、MF、およびHFのパワー値は、いずれも条件間に有意な主効果を認めた( $p < 0.01$ )。Full条件とLower条件は、Upper条件とControl条件と比較して、有意にLFのパワー値が低く、MFとHFのパワー値が高かった( $p < 0.01$ )。

## 【考察】

動揺を惹起させる視覚情報が視野の下部領域に提示された場合、姿勢動揺が縮小する。身体運動を知覚しやすい下部領域の視覚情報により、中枢神経系が視覚への依存度を効果的に抑制し、前庭感覚と体性感覚の依存度を高める制御戦略へと調整することができると示唆される。

## 【結語】

視野の下部領域に提示されたオプティカルフローは、立位姿勢制御の視覚依存度を低下させ、姿勢動揺を縮小する制御戦略へと変容させる。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、大分大学福祉健康科学部倫理委員会の承認を得て実施した(F200019)。

## P-2-3-16

## ポスター発表2

## 安静時立位バランスにおける足部への温熱効果に関する研究

○丸谷 暁子<sup>1,2)</sup>, 長谷川 直哉<sup>3)</sup>, 唐 申雷<sup>1)</sup>,  
丸谷 孝史<sup>1,4)</sup>, 浅賀 忠義<sup>3)</sup>

- 1) 北海道大学 大学院保健科学院
- 2) 花川病院 リハビリテーション部
- 3) 北海道大学 保健科学研究所
- 4) 北都病院 リハビリテーション課

【目的】姿勢安定性を維持するためには、主に視覚、前庭感覚、体性感覚からの統合によるフィードバック制御が必須である。加齢に伴い視覚への依存が強まり、そのために暗がりといった環境下では姿勢不安定性が増大する。よって、視覚依存を軽減し体性感覚・前庭感覚への依存を増加させるためのアプローチが望まれる。一方、皮膚への温熱は感覚受容器閾値の低下を引き起こすため、体性感覚への依存を増加させることが期待される。従って、本研究は安静時立位バランスにおける足部への温熱効果について感覚依存に着目して調べることを目的とした。本研究の仮説は温熱によって、開眼時の視覚依存が軽減され、閉眼時の姿勢安定性が向上するとした。

【方法】健康若年者14名(男性9名, 女性5名)を対象とし、開眼と閉眼における60秒間の安静時立位の足圧中心(COP)を床反力計で温熱前後に計測した。姿勢安定性の指標として、COPの95%信頼楕円面積と平均移動速度を算出した。感覚依存の指標として、COPの前後と左右成分のパワースペクトル密度(PSD)から、低(0-0.3Hz)、中(0.3-1.0Hz)、および高(1.0-8.0Hz)の周波数帯域の積分値における全周波数帯域の積分値に対する比率を算出した。これらの周波数帯域は、それぞれ視覚、前庭・表在感覚、固有感覚の依存度が反映されると報告されている。さらに、温熱前後での視覚依存を定量化するためにロンベルグ比を楕円面積、平均移動速度および各帯域のPSD比率において算出した。有意水準は5%未満とした。

【結果】温熱後の足底皮膚温は温熱前と比べて有意な上昇が認められた。閉眼時におけるCOP楕円面積および平均移動速度は、温熱前後において有意差は認められなかった。温熱前の楕円面積のロンベルグ比は、温熱後と比べて有意な減少が認められた。楕円面積のロンベルグ比の差は、前後方向における高周波数帯域および中周波数帯域のPSDのロンベルグ比の差と有意な負の相関が認められた。

【考察】安静時立位バランスにおいて、足部の温熱により開眼時の視覚依存が軽減するという仮説が支持された。さらに、姿勢安定性にもたらす視覚依存の軽減は、前後方向における体性感覚への依存度の増加によるものと考えられる。温熱によって閉眼時における姿勢安定性には差が認められなかった。これは個別の感覚依存度の多様性によるものと、足部軟部組織の柔軟性の増加によるものと考えられる。

【結語】足部への温熱によって、安静時立位における開眼時の視覚への依存度が軽減され、これは体性感覚への再重みづけが促進されたためであると考えられる。

【倫理的配慮、説明と同意】全対象者に対し、口頭および書面にて実験手順及び主旨を十分に説明し、署名にて同意を得た。全ての実験プロトコルは所属する倫理審査委員会の承認を得て実施された(承認番号: 21-65)。

## P-2-4-1

## ポスター発表2

## 呼吸終末二酸化炭素分圧の低下が内頸動脈の血流依存性血管拡張反応に与える影響

○坂本 琳太郎<sup>1,2)</sup>, 鴨田 樹<sup>1)</sup>, 佐藤 晃平<sup>1)</sup>,  
片寄 正樹<sup>1,3)</sup>, 根木 亨<sup>3)</sup>, 岩本 えりか<sup>3)</sup>

- 1) 札幌医科大学大学院 保健医療学研究所
- 2) 日本学術振興会 特別研究員
- 3) 札幌医科大学 保健医療学部

【目的】脳血管内皮機能低下は、脳血管疾患の発症に繋がる。血管内皮機能は、血流刺激(SR)増加に依存した血管拡張率であるFMDで評価される。脳血管内皮機能は、30秒または3分の二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)負荷により脳血流およびSRを増加させ、脳へ繋がる内頸動脈(ICA)のFMDで示される。急性運動後のICAのFMD評価は、理学療法における運動が脳血管に与える影響を明らかにする上で重要であるが、運動後など換気増大による呼吸終末CO<sub>2</sub>分圧(P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>)低下時では、CO<sub>2</sub>増加に対する脳血流増加(脳CO<sub>2</sub>反応性)が減弱する。FMDはSR依存の血管拡張であるが、SRよりも脳CO<sub>2</sub>反応性が直接FMDに影響する場合、P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>低下に伴う脳CO<sub>2</sub>反応減弱時にはSRとFMDの関係が減弱し内皮機能評価に適さない可能性がある。本研究はP<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>の低下が、30秒および3分のCO<sub>2</sub>負荷を用いたICAのSRとFMDの関係性に与える影響を明らかにすることを目的とする。

【方法】健康若年男性12名を対象に、30秒または3分間のCO<sub>2</sub>負荷テストによるICAのFMD測定を別日に実施した。FMD測定は、5分間の安静呼吸後、CO<sub>2</sub>吸入(安静呼吸時のP<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>+10mmHg)を用いた。各測定日のFMD測定は、1)安静呼吸状態(Control試行)、2)安静呼吸の1.5倍の換気量でP<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>を低下させた状態(過換気試行)の2条件で実施した。超音波診断装置にてICAの血管径・血流速度を測定し、FMDは安静時径から最大拡張径までの拡張率とした。またSRの総和(SR<sub>AUC</sub>)を算出した。SR<sub>AUC</sub>とFMDの関係はピアソンの相関分析を用いて解析した。

【結果】Control試行では、両テストでFMDはSR<sub>AUC</sub>と正の相関を示した(30秒: r=0.80 P<0.01, 3分: r=0.68 P=0.02)。過換気試行にて、30秒テストではFMDとSR<sub>AUC</sub>の間に正の相関が維持されていたが(r=0.69 P=0.02)、3分テストでは有意な相関が認められなかった(r=-0.41 P=0.21)。

【考察】P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>を低下させ脳CO<sub>2</sub>反応性を減弱させた結果、3分テストにてFMDとSRの関係が消失し、3分CO<sub>2</sub>負荷によるFMDは、SRよりも脳CO<sub>2</sub>反応性自体の影響を受ける可能性を示した。30秒テストでは、過換気試行においてもFMDとSRの関係は保たれた。本結果より、30秒CO<sub>2</sub>負荷によるICAのFMDは、運動後など換気増加時においても脳血管内皮機能を評価できる可能性がある。

【結語】P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>低下状態においても30秒CO<sub>2</sub>負荷テストではSRとFMDの関係が保たれ、SRによる血管拡張である脳血管内皮機能を反映していると考えられる。一方、3分CO<sub>2</sub>負荷テストを用いたICAのFMDは、脳CO<sub>2</sub>反応性が変化する状態では脳血管内皮機能評価に適さない可能性が示された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言および厚生労働省の「人を対象とする医学系研究に係る倫理指針」に則り、対象者には事前に書面にて実験内容を十分に説明し、実験参加への同意を得た。本研究は所属施設の倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号: 1-2-3)。本研究に開示すべき利益相反はない。

## P-2-4-2

## ポスター発表2

## 複数胸壁振動刺激が健常者の換気量増加に与える効果

○小林 雅明<sup>1,3)</sup>, 河村 健太<sup>2)</sup>, 瀬高 裕佳子<sup>2,3)</sup>,  
藤沢 椋太<sup>3)</sup>, 富田 和秀<sup>2,3)</sup>

- 1) 筑波メディカルセンター病院 リハビリテーション療法科
- 2) 茨城県立医療大学 理学療法学科
- 3) 茨城県立医療大学 大学院保健医療科学研究科

【目的】 肋間筋には一定の条件下で振動刺激を与えると筋収縮する緊張性振動反射が存在する。上位肋間に振動刺激を与えると吸気運動を高め、下位肋間に振動刺激を与えると呼気運動を高め、換気量を増大させることを報告されている。しかしながら、これまでの研究では上位肋間と下位肋間にそれぞれ左右1肋間の部位にしか振動刺激が与えられておらず、複数箇所の肋間筋を刺激すると、さらに換気量の増加が誘発することができるかが不明である。本研究の目的は、呼吸に合わせた上位肋間と下位肋間の複数部位振動刺激が単数部位振動刺激と比較し、換気量が増加するかを検証することである。

【方法】 健常成人15名(平均年齢:  $23.1 \pm 2.6$ 歳)を対象とした。振動刺激方法は、4カ所刺激群(刺激部位: 吸息相に左右第2肋間・呼息相に左右第7肋間, 周波数: 100Hz)と8カ所刺激群(刺激部位: 吸息相に左右第2および第4肋間・呼息相に左右第7および第9肋間, 周波数: 100Hz)とした。コントロール群として、振動音のみを対象者に与えるSham刺激群を設定した。対象者に背臥位の姿勢をとらせ、振動刺激器と胸腹部運動を測定するRespiratory Inductance plethysmograph (RIP), 換気量を測定するフローセンサーを装着した。測定者が対象者の呼吸運動を観察し、呼吸に合わせて振動刺激器による振動および振動音を手動で操作して刺激を与えた。実験は、各群でそれぞれ安静呼吸1分後に呼吸に合わせた振動刺激1分間の組み合わせを3施行実施して測定した。測定項目は、1回換気量( $V_T$ ), 分時換気量( $V_E$ ), 呼吸数( $f_R$ ), 胸部変位量(Rib), 腹部変位量(Abd), 呼吸困難感の自覚症状としてVisual analogue scale(VAS)とした。統計学的処理として、各刺激群を独立変数に設定した線形混合モデルを使用し、各測定項目の変化を比較した。なお、有意水準は5%とした。

【結果】 4カ所刺激群と8カ所刺激群は、 $V_T$ および $V_E$ , RibでSham刺激群より有意に増加した。8カ所刺激群の $V_T$ および $V_E$ , Ribは、4カ所刺激群より有意に増加した。 $f_R$ およびAbd, VASは各群で有意な変化は認めなかった。

【考察】 8カ所刺激群の $V_T$ および $V_E$ , Ribは、Sham刺激群と4カ所刺激群より有意に増加した。振動刺激を与える部位を複数箇所にするすることで、より多くの肋間筋活動が認められ、胸部変位量が増大し、換気量が増加したと考えた。

【結語】 上位肋間と下位肋間への複数部位振動刺激は、単数部位振動刺激よりも多くの肋間筋活動により換気量が増加した。

【倫理的配慮、説明と同意】 本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 令和2年961号)の承認を得て実施した。

## P-2-4-3

## ポスター発表2

## ノギスとスマートフォンアプリケーションを用いた体表面からの仙骨傾斜角測定方法の信頼性の検討

○石井 成美<sup>1)</sup>, 荒井 沙織<sup>1)</sup>, 兎澤 良輔<sup>1)</sup>,  
終 幸伸<sup>2)</sup>, 加藤 宗規<sup>1)</sup>

- 1) 了徳寺大学 健康科学部理学療法学科
- 2) 福岡国際医療福祉大学 医療学部理学療法学科

【目的】 仙骨の傾斜角度は腰椎の前後弯との関連があり、姿勢アライメントを評価する上で重要な指標の一つである。我々はこれまでデジタル傾斜計を用いて仙骨傾斜角を体表から測定する方法について検討してきたが、曲線の仙骨を傾斜計の測定面で測定する限界があった。そこで、本研究では2点で測定できるノギスとスマートフォンアプリケーションを用いた仙骨傾斜角測定において検者内および検者間の信頼性を検討することを目的とした。

【方法】 対象は健常若年者42名(男性21名, 女性21名)とした。検者は測定に習熟した理学療法士2名, 測定値の盲検化のために測定値を読み取り記録する測定補助者を1名とした。寸法300mmのノギス(モノタロウ社)にiPhone 10(Apple社)を固定し、iPhoneに内蔵されている角度計測アプリの水準器(iTunes K. K. Apple社)を用いて測定し、測定値を測定補助者が記録した。矢状面における仙骨傾斜角度は、ノギスの外側ジョウの部分指標となる2点(仙骨で最も隆起している部分, 仙骨上縁)に当てて測定した。測定肢位は立位, 腹臥位, 座位の3つの肢位で実施した。検者は各肢位で2回連続測定を行った。また、2名の検者が測定する間、対象者は同一肢位を保持して測定した。統計は2回の測定値から検者内、2回目の測定値から検者間の信頼性について級内相関係数(ICC)を用いて検討した。統計ソフトはR2.8.1を用い、有意水準は5%とした。

【結果】 ICC(1, 1)は各肢位で0.97—0.98であった。ICC(2, 1)は、立位では0.91, 座位では0.31, 腹臥位では0.83となった。

【考察】 ICCの値は3姿勢の検者内、立位と腹臥位の検者間において0.8以上であり、ノギスを用いたこれらの仙骨傾斜角の測定は信頼性が高いと考えられた。よって、検者内と検者間の値の比較が可能であると考えられた。しかし、座位での検者間信頼性はICC値が0.31と低値を示した。座位での測定も骨指標は他の姿勢と同様であり、信頼性が低く止まった要因は不明である。座位の検者間信頼性に影響した要因について、検者、被検者、測定機器と方法の面から検討する必要がある。なお、用いた仙骨傾斜角の測定は体表からの測定であり、生体内の仙骨傾斜角との比較も必要であると考えられた。

【結語】 ノギスとスマートフォンアプリケーションを用いた腹臥位, 座位, 立位で行う仙骨傾斜角の測定は、座位における検者間再現性を除き、検者内と検者間信頼性が高いことが考えられた。(国際医療福祉大学大学院修士論文より抜粋)

【倫理的配慮、説明と同意】 本研究はヘルシンキ宣言に基づき、対象者の十分な理解と同意を得て実施した。また、研究実施施設の倫理審査委員会にて承認を得て実施した。

## P-2-4-4

## ポスター発表2

## 高齢変形性股関節症女性患者のTimed Up &amp; Go Test と下肢筋力、大腿四頭筋の筋厚、筋輝度との関連性

○二宮 一成<sup>1,2)</sup>, 高平 尚伸<sup>2,3)</sup>, 池田 崇<sup>1,4)</sup>, 鈴木 浩次<sup>1)</sup>, 佐藤 良治<sup>1)</sup>, 平川 和男<sup>5)</sup>

- 1) 湘南鎌倉人工関節センター リハビリテーション科
- 2) 北里大学大学院 リハビリテーション科学
- 3) 北里大学 医療衛生学部リハビリテーション学科
- 4) 昭和大学 保健医療学部
- 5) 湘南鎌倉人工関節センター 整形外科

## 【はじめに、目的】

近年、骨格筋の質的指標として超音波画像診断による筋輝度評価が重視されている。これまでに健康高齢者や疾病を有する患者の運動機能と下肢筋力、筋厚、筋輝度との関連性は数多く報告されているが、変形性股関節症(股OA)患者を対象とした報告はされていない。そこで、本研究では、股OA患者の運動機能と下肢筋力、大腿四頭筋の筋厚、筋輝度との関連性を明らかにすることを目的とした。

## 【対象と方法】

対象は、湘南鎌倉人工関節センターにて初回人工関節全置換術(THA)を予定している変形性股関節症(股OA)女性患者58例とした(平均年齢: 70.6歳)。取り込み基準は、評価時年齢が65歳以上85歳未満である者、他に重篤な内科的・整形外科的疾患がない者とした。運動機能はTimed Up & Go Test (TUG-t)とし、下肢筋力の評価は、ハンドヘルドダイナモメーターを使用し、股関節外転筋力(外転筋力)、膝関節伸筋力(膝伸筋力)を測定した。筋組織は、ワイヤレス超音波画像診断装置(富士フィルムメディカル株式会社:Viz air)を用いて、大腿四頭筋の筋厚(大腿直筋と中間広筋の和)、筋輝度(大腿直筋と中間広筋を解析対象筋とし、画像処理ソフトを使用)を測定した。統計学的分析は、TUG-tを従属変数、外転筋力、膝伸筋力、筋厚、筋輝度を独立変数としたステップワイズ重回帰分析を用いた。有意水準は5%とした。

## 【結果】

重回帰分析の結果、TUG-tには筋輝度( $\beta$ : 0.607,  $p<0.01$ )、外転筋力( $\beta$ : -0.364,  $p<0.01$ )が有意に関連し、膝伸筋力、筋厚は有意な関連を認めなかった。

## 【考察】

高齢股OA女性患者のTUG-tには外転筋力に加え、大腿四頭筋の筋輝度が関連することが示唆された。これまでに筋輝度は筋内非収縮組織量を反映し、高齢者の下肢筋力や運動機能、日常生活動作能力と強く関連することが報告されている。また、廃用性筋萎縮や疾病により筋内非収縮組織量が増加している高齢者では、筋厚が過大評価される可能性が示唆されている。従って、高齢股OA女性患者のTUG-tには、筋厚よりも筋輝度が強く関連したと考えた。

## 【結語】

高齢股OA女性患者のTUG-tには、外転筋力、大腿四頭筋の筋輝度が強く関連することが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に基づき実施した。研究対象者には本研究内容を説明し、口頭および書面にて同意を得て実施した。

## P-2-4-5

## ポスター発表2

## マウスの変形性関節症に対する昇り坂および降り坂トレッドミル運動の影響

○李 昌欣<sup>1)</sup>, 井上 翔太<sup>1,2)</sup>, 畠山 隼平<sup>1,2)</sup>, 脇本 祥夫<sup>1)</sup>, 姜 函林<sup>1)</sup>, 高村 大祐<sup>1,3)</sup>, 森山 英樹<sup>4)</sup>

- 1) 神戸大学大学院 保健学研究科
- 2) 日本学術振興会 特別研究員
- 3) 神戸市立医療センター中央市民病院 リハビリテーション技術部
- 4) 神戸大学 生命・医学系保健学域

【目的】変形性関節症(OA)は、非炎症性の慢性進行性関節疾患である。OA患者には、適度な運動が広く推奨されている。しかし、昇り坂や降り坂における走行運動が変形性関節症の軟骨の変化を予防・緩和できるかどうかは未だ明らかになっていない。本研究の目的は、昇り坂または降り坂のトレッドミル運動がマウス膝OA軟骨に及ぼす影響を評価し、トレーニングやOA予防の基礎とすることである。

【方法】雄性8週齢のC57BL/6Jマウスの右膝に、代表的なマウスOAモデルを作出する内側半月板の不安定化(DMM)手術、左膝に偽手術を行った。そしてDMM群(未走行)と3つの介入群(平地群、昇り坂群、降り坂群)の計4群に各8匹を割り当てた。DMM翌日より、速度12m/分、介入時間30分/日、毎日のトレッドミル運動を、傾斜0°、20°、-20°で行わせた。DMMまたは偽手術後4週目にマウスを安楽死させ、軟骨損傷の評価(OARSIスコア)、ADAMTS5・MMP13・II型コラーゲン・アグリカン・Sox9に対する免疫組織化学分析を行った。さらにマイクロCTで軟骨下骨の変化を分析した。

【結果】OARSIスコアは、DMM群と比較して、昇り坂群と平地群で有意に減少した。免疫組織化学染色では、昇り坂群と平地群のアグリカン、II型コラーゲン、SOX9が増加し、MMP13とADAMTS5が減少した。マイクロCTでは、DMM群と比較して、平地群と昇り坂群のBV/TVは高値を示した。

【考察】OAの発症と進行は、主に関節軟骨の細胞外基質(ECM)の合成と分解のアンバランスに起因する。本研究では、平地群と昇り坂群でECMの主たる構造タンパクであるII型コラーゲンとアグリカンが増加しており、ECMの合成が促進されることが示された。さらに平地群と昇り坂群では、ECMの主たる分解酵素であるMMP13とADAMTS5が有意に減少しており、ECMの分解が抑制されることが示された。加えて、平地群と昇り坂群では、軟骨下骨の骨量も増加していることが示された。

【結語】OAの進行予防には、平地もしくは昇り坂での運動が推奨されることが明らかとなった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は神戸大学動物実験委員からの承認を得た(承認番号:P210507)。

## P-2-5-1

## ポスター発表2

## 外側広筋からF波を記録する際の刺激頻度が痛みや検査値に与える影響

黒部 正孝<sup>1,2)</sup>, ○鈴木 俊明<sup>3)</sup>

- 1) 田辺中央病院 リハビリテーション科
- 2) 田辺中央病院 リハビリテーション臨床研究部
- 3) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

【目的】F波とは、 $\alpha$ 運動神経に電気刺激を与え発生した逆行性インパルスが脊髄前角細胞で再発火し、順行性インパルスとなって末梢の支配筋で記録された複合活動電位であり、神経伝導速度や脊髄前角細胞の興奮性を評価するために用いられる。従来、外側広筋からF波を記録する際は0.5Hzで大腿神経を電気刺激していたが、対象者が強い痛みを感じ検査を行えないことがあった。そのため、痛みなく検査を行える方法を明らかにしたいと考えた。そこで本研究は電気刺激の頻度に着目し、異なる刺激頻度で外側広筋からF波を記録した際の、痛みや検査値の変化について検討した。

【方法】健康男性12名、平均年齢26.2を対象とした。実験の手順は、0.5Hzで電気刺激し外側広筋からF波を記録する0.5Hz試行と、0.2Hzで電気刺激し外側広筋からF波を記録する0.2Hz試行をランダムに実施した。なお各試行の直後に、Visual analog scale (以下、VAS)を用いて痛みの程度を評価した。F波の記録には、誘発筋電計を用いた。F波刺激条件として、刺激電極は右外側広筋の内外側端に貼付し、刺激強度はM波の最大振幅が得られる強度の1.2倍、持続時間は0.2ミリ秒、刺激回数は30回とした。F波記録条件として、探査電極は右外側広筋遠位部、基準電極は右膝蓋骨上、接地電極は右下腿前面に貼付した。分析項目は各試行のVASの値、F波立ち上がり潜時、出現頻度、振幅F/M比とした。Shapiro-Wilk検定で各項目の正規性を認めなかったために、Wilcoxonの符号付順位検定で試行間の比較を行い、効果量 $r$ を算出した。

【結果】0.2Hz試行でのVASの値は、0.5Hz試行と比較して低下を認め、効果量は小であった( $p=0.02$ ,  $r=0.29$ )。また0.2Hz試行での出現頻度は、0.5Hz試行と比較して低下を認め、効果量は小であった( $p=0.01$ ,  $r=0.25$ )。

【考察】侵害反射が生じる1.1倍強度の電気刺激を0.33Hz以上の頻度で与えると、痛みの時間的加重が生じ、低頻度の電気刺激時と比較して痛みが増大すると報告されている。そのため0.5Hz試行では痛みの時間的加重が生じ、VASが高値となったと考えた。また痛み刺激により運動皮質の興奮性が増大すると報告されている。そのため0.5Hz試行では運動皮質の興奮性により増大し、皮質脊髄路を介して脊髄前角細胞の興奮性が促進され、出現頻度が高値を示したと考えた。

【結語】0.5Hzと比較して0.2Hzで電気刺激を行うと、外側広筋からF波を記録する際に対象者が感じる痛みを軽減できることが明らかになった。しかし刺激頻度を変えることで、検査値が変化することに留意する必要がある。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:R3-02)の承認を得て実施した。

## P-2-5-2

## ポスター発表2

## 超音波画像診断装置による脛骨回旋アライメント測定

○木下 敬詩<sup>1,2)</sup>, 北野 雅之<sup>1,3)</sup>, 宮下 敏紀<sup>4)</sup>, 池津 真大<sup>4,5)</sup>, 坂井 寛充<sup>2)</sup>, 工藤 慎太郎<sup>1,4,6)</sup>

- 1) 森ノ宮医療大学大学院 保健医療学研究科
- 2) 近畿大学病院 リハビリテーション部
- 3) 株式会社mediVR クリニカルマネジメント部門
- 4) 森ノ宮医療大学 インクルーシブ医学研究所
- 5) AR-Ex尾山台整形外科 リハビリテーション科
- 6) アレックス メディカルリサーチセンター

【目的】過度な脛骨の回旋運動は軟骨を変性させ、変形性膝関節症に繋がることが示唆されており(Stergiou N, 2007)、脛骨の回旋評価は重要である。先行研究では、脛骨の回旋はCTを用いた3D-to-2D registration technique(Ikuta F, 2020)による測定が行われているが、臨床現場で実施することは容易でない。そこで、我々は超音波画像診断装置(US)を用いた脛骨回旋アライメント(Tra)の測定方法を考案した。本研究の目的は、USと慣性センサー(IMU)を用いたTra測定の関係性を検証する事とした。

【方法】対象は健康成人36名(男性27名、女性9名、身長 $168.9 \pm 7.7$ cm、体重 $63.3 \pm 8.6$ kg、 $32.0 \pm 6.2$ 歳)とした。US(Canon社製, Xario)によるTra測定は、7.5MHzのリニアプローブを使用し、Bモードにて実施した。測定肢位は腹臥位(非荷重位)と立位(荷重位)とし、プローブ位置は膝後面を長軸走査にて大腿骨外側顆と脛骨外側顆、大腿骨内側顆と脛骨内側顆をそれぞれ描出した。体表から大腿骨・脛骨の各顆までの距離の差を算出し、その差をML gapと定義し、ML gapによりTraを測定した。更に大腿・下腿外側部にIMU(ATR-Promotions社製, TSND151)を貼付し、各センサーの回転角度から膝関節の回旋・屈曲・伸展の相対的角度を算出した。運動課題は非荷重位での膝関節完全伸展位までの座位膝伸展運動と荷重位での膝関節を完全伸展する起立動作を各3回実施した。課題運動時の膝最終伸展位での脛骨回旋角度を脛骨外旋角として算出した。非荷重・荷重位におけるUSを用いたML gapとIMUを用いた脛骨外旋角の関係をPearsonの積率相関係数を算出し、非荷重・荷重位における各変数の比較はt検定を用い、有意水準は5%未満とした。

【結果】非荷重位では、ML gap $-1.0 \pm 3.2$ mm、脛骨外旋角 $6.7 \pm 5.7^\circ$ 、荷重位では、ML gap $-1.0 \pm 2.9$ mm、脛骨外旋角 $12.0 \pm 4.2^\circ$ 、非荷重・荷重位のML gapの有意差は認めなかったが、脛骨外旋角は有意差( $p<0.001$ )を認めた。非荷重位におけるML gapとの間に有意な正の相関( $r=0.52$ ,  $p<0.01$ )、USを用いた荷重位におけるML gapとの間に有意な弱い正の相関( $r=0.45$ ,  $p<0.01$ )を認めた。

【考察】脛骨外旋位は、脛骨内側顆が前方偏位し、脛骨外側顆が後方偏位している。ML gapは脛骨内外側の偏位を体表までの距離で測定しているため、Traを反映し、脛骨外旋角と相関したと考えられた。CTを用いた先行研究では、非荷重・荷重位における膝関節最終伸展位のTraは一致し(Li P, 2022)、USを用いた本研究でも同様の結果が得られた。USを用いたTra測定はCTに比べ簡便であり、本法は臨床現場でも活用できる可能性がある。

【結語】USを用いたTra測定は臨床現場でも簡便に使用できることが示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:R03-296)の承認を得て実施した。

## P-2-5-3

## ポスター発表2

変形性股関節症の変形度合いを検出する非侵襲  
非接触計測方法の提案 第一報；レントゲン画  
像を用いた特徴点抽出

○増田 一太<sup>1,2)</sup>, 小出 卓哉<sup>3)</sup>, 長谷川 真紀<sup>4)</sup>,  
万野 真伸<sup>5)</sup>

- 1) 国際医学技術専門学校 理学療法学科
- 2) 立命館大学 立命館グローバル・イノベーション研究機構
- 3) 大阪電気通信大学 医療健康科学部
- 4) 東海学院大学 健康福祉学部
- 5) 立命館大学 理工学部

## 【目的】

寛骨臼形成不全症に起因した二次性変形性股関節症は、長期経過の後に運動機能障害が出現することから、受診時にOAグレードが進行していることが少なくない。この背景に、これらの疾患の初期症状が軽微なためADLに問題がなく、予防的な理学療法を継続的に実施する機会が少ないことがある。これらの問題を解決するためには、症状のない対象者にもレントゲン計測を実施し経過を観察する必要があるが、被ばくや経済性の観点から現実的に困難である。そのため、写真より得られる体表の指標を基に、股関節の変形度合いを推定することができれば、これらの問題を解決することができる。しかし、現在、レントゲン画像以外に股関節疾患を明らかにすることができる指標は存在しない。

そこで、本研究は、レントゲン画像上の骨指標を幾何学的に解析し、股関節疾患を推定し得る指標を検出することを目的とした。

## 【方法】

変形性股関節症と診断された13例(疾患群)と健常股関節4例(健常群)のレントゲン画像を用いて、変形性股関節症の診断に用いられる指標である、CE角とSharp角との関係を明らかにした。レントゲン画像の特徴点は、上前腸骨棘の左右2点と大腿骨大転子の左右2点の合計4点とした。レントゲン画像より得たこの4点のX、Y座標より、各点間の長さ、角度、3点で構成した三角形の面積を算出した。今回使用しているレントゲン画像は画素数に差があるため、左右の大転子間距離を基準として規格化を行った。

## 【結果】

算出したパラメータと診断指標であるCE角とSharp角を求めた。各点間の長さにおいて疾患群と健常群において差はなかった。各点間の角度では上前腸骨棘と大腿骨大転子間の角度において疾患群では正中線ズレ角度が大きくなり、健常群でズレ角度が小さくなる傾向が確認できた。

## 【考察】

変形性股関節症は、OAグレードの進行とともに、大腿骨頭の外上方偏位が進行する。本計測結果より、疾患群の正中線ズレ角度が大きくなったことは、大腿骨頭が外上方へ偏位する変形性股関節症の特徴を把握できる可能性を示唆している。この他の計測において、両群間に有意差がなかったのは、計測点を寛骨臼に求めなかったことが原因と考えられ、当初の大腿骨頭の変形や頸体角の変化が両群間に差をもたらすのではないかという仮説は否定された。今後は、健常群を増やし検証を重ね、レントゲン計測を行わなくとも、写真より得られた正中線ズレ角度により変形性股関節症の変形度合いを検出する手法を確立したい。

## 【結語】

今回、レントゲン画像より算出した正中線ズレ角度は、変形性股関節症と関連する可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し実施した。

## P-2-5-4

## ポスター発表2

## 高硬度の対象物に対するStrain ratio計測の信頼性

○山田 大智<sup>1,2)</sup>, 田中 則子<sup>3)</sup>, 小柳 磨毅<sup>3)</sup>

- 1) 大阪電気通信大学大学院 医療福祉工学研究科 医療福祉工学専攻 博士後期課程
- 2) 大阪大学医学部附属病院 リハビリテーション部
- 3) 大阪電気通信大学 医療健康科学部 理学療法学科

## 【目的】

超音波診断装置のStrain elastography機能を用いたStrain ratio(以下SR)計測は、音響カプラと対象物のひずみ値の比率から、生体組織の硬度を非侵襲的に計測できる。乳腺腫瘍の診断を目的に開発されたSR計測は、近年では運動器にも用いられている。しかし、アキレス腱のSR計測では、検者内信頼性に比べ検者間信頼性が劣ると報告され、腱などの硬い組織においては、SR計測の信頼性が課題になっている。そこで、本研究の目的を、硬度が既知の対象物を用いて、高硬度のSR計測の信頼性を確認することとした。

## 【方法】

計測対象は、弾性率15kPaのファントム内部に配置した弾性率の異なる内包物:ファントム1(25、50、75、100kPa)、ファントム2(100、200、300、400kPa)とした。SR計測には超音波診断装置Noblusと、L64プローブ(日立社)と音響カプラ(EZU-TECPL1:弾性率22.6kPa,日立社)を使用した。プローブの押圧は、Strain graph機能を用いて±0.7の範囲に制御した。音響カプラのひずみ値を各内包物のひずみ値で除してSRを算出した。検者はSR計測を初めて経験する学生7名とした。一連の計測を3日間練習し、その後1日3回、3日間計測を実施し、3回計測した平均値を代表値とした。なお、信頼性の検討には、級内相関係数(Intraclass correlation coefficient; 以下、ICC)を用い(有意水準5%)、あわせて計測値の線形性および誤差についても検討した。

## 【結果】

ファントム1ではICC(1,1)0.8以上が7名中6名であったが、ファントム2のICC(1,1)で0.8以上となった者は3名とファントム1に比べて少なかった。内包物の弾性率とSRの関係には線形性を確認できたが、300kPaと400kPaではSRのばらつきが大きかった。内包物のひずみ値が小さい場合にSRが上昇し、ICCが低下した。

## 【考察】

SR計測の計測原理では、計測対象の硬度が高くなるほどひずみ値は小さくなるとされる。本研究の結果より、高硬度の内包物は、ひずみ値が十分に検出されないことが信頼性を低下させている可能性が示唆された。今後、硬度が高い対象の計測において、安定したひずみ値を得るための手法の検討が必要と考えられた。

## 【結語】

既知の硬度の対象物を用いてSR計測の信頼性を検証した。低硬度に比較して、高硬度の対象物のSR計測の信頼性が低い傾向が確認された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

ファントムが対象であるため、該当する記載事項なし

## P-2-5-5

## ポスター発表2

## 実験動物における簡易的な活動量分析の検討

○後藤 淳<sup>1)</sup>, 西田 亮一<sup>2)</sup>, 寺山 燐悟<sup>3)</sup>, 森 拓也<sup>2,4)</sup>

- 1) 大阪公立大学 大学院医学研究科
- 2) 奈良県立医科大学 大学院医学研究科
- 3) 畿央大学 大学院健康科学研究科
- 4) 京都大学 医学部附属病院

## 【目的】

行動解析 (BA) や活動量解析 (AA) は、薬理学的効果やトレーニング効果の検証など用途は多岐に渡っている。しかし、これらは特定の機器やソフトウェアを必要とし高額な費用が求められ簡易的な測定が困難である。よって本研究の目的は、容易に入手可能な携帯型端末と固定器具を用いた活動量分析の検討とし、日中のラットの活動を定量化する方法を検討した。

## 【方法】

9週齢Wistar系雄性ラット10匹を用いた。使用器具は、スマートフォン、タブレット、ラット用ケージ(縦42.6cm/横26.5cm/高さ19.5cm)、撮影端末固定器具 (Viozon, AP-V6-2)、ノギスを用いた。撮影条件は、俯瞰と側方から撮影を実施し、実験動物の活動性を評価するため、光源は動画撮影器具のみとし暗帯となるよう配慮した。また、探索行動やグルーミング等を考慮し、ケージ内に配置後60秒間のアイドリングを実施した。撮影方向は俯瞰・側方の2方向とした。2方向ともに120秒間の撮影を実施し、解析用に60秒間にトリミングした。その後、15秒間ごとにGIF化によって得られたスライス画像を画像解析ソフトImage J (Ver. 1.53a) を用いて解析した。活動量解析の基準点は、ラットの両耳部を結んだ線の中央とした。基準点間の距離が1cm以上で活動、1cm未満で不活動と定義し移動距離(cm)、活動時間(sec)、不活動時間(sec)を算出した。算出した値は測定方法の信頼性検討のため、ICC 1.1およびICC 2.1を算出し統計解析ソフトはEZR Ver.1.54を用いた。

## 【結果】

俯瞰撮影から得られた移動距離、活動時間、不活動時間のICC1.1/ICC2.1は0.99/0.95、0.96/0.89、0.96/0.95となった。側方撮影から得られた移動距離、活動時間、不活動時間のICC1.1/ICC2.1は、0.99/0.96、0.95/0.90、0.96/0.94であった。これらから、俯瞰・側方撮影の2方向から得られる各項目の測定方法に一定の信頼性が得られた。

## 【考察】

BAやAAには、特定の機器やソフトウェアが必要とされており安価と言っても、近年の研究費獲得が激化する中でこれら一式を揃えるのは容易ではない。本実験では、入手が容易な機器・器具でBA、AAの測定を実施した。結果として、ICC 1.1とICC 2.1の結果より、本測定方法に一定の信頼性が担保され簡易的にBAやAAを行える可能性が示唆された。一方で、本検証では、限定的な機器と環境での検証であり、既存機器との比較検証は行っていない。本研究の限界点として、実験動物の正確な活動等を評価できているかは不明であり、既存機器との整合性や得られたデータの信頼性、妥当性の検証を今後実施していく必要がある。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本検証は、畿央大学動物実験委員会の承認を得て実施した。(承認番号: R02-10)

## P-2-6-1

## ポスター発表2

## 回復期病棟入棟時の股関節骨折患者の歩行自立に関する臨床予測ルール

○大山 輝, 生方 雅人, 齋藤 悠斗, 岩本 紘樹

日高リハビリテーション病院 リハビリテーションセンター

## 【目的】

股関節骨折後の歩行自立に関連する予測因子を明らかにすることは、的確な目標設定と適切なリハビリテーションを実施するうえで重要である。しかしながら、回復期病棟入棟時に知り得る情報を用いて、退院時の歩行自立の予測因子を検討した研究はわれわれが検索しえた範囲ではない。そのため、このような臨床予測ルールの開発は、回復期病棟入棟早期に退院時の歩行自立を予測する一助になると考えた。そこで本研究では、股関節骨折術後患者を対象に回復期病棟入棟時に知り得る情報を用いて、退院時の歩行自立に対する臨床予測ルールを開発し、その識別精度を評価することを目的とした。

## 【方法】

一施設の回復期病棟に2018年4月～2022年1月に入棟した、股関節骨折術後患者195名(年齢: 82.0±10.2歳)を対象に後ろ向き研究を実施した。多発骨折、病前の屋内歩行が自立でなかった患者、入棟時に既に歩行が自立していた患者は除外された。退院時の歩行自立の有無の予測には、年齢・性別・既往歴・入棟時のFunctional Independence Measureのmotor subscores (FIM-M)とcognitive subscores (以下、FIM-C)、病前の移動能力(屋内の歩行手段と屋外歩行の自立有無)、介護度、骨折の種類、手術方法、手術から入棟までの待機日数、受傷から手術までの間隔を予測因子とした決定木分析を用いた。最小親ノード数、子ノード数、最大深度は、それぞれ10、5、3とした。

## 【結果】

決定木分析では、回復期病棟入棟時のFIM-C≥26点を歩行自立の最良の単一識別因子として同定した。FIM-C≥26点の次に良い予測因子は、屋外歩行の自立の有無であった。FIM-C<26点では、次に良い予測因子は手術から入棟までの待機日数<18日であった。識別精度は、Area Under Receiver Operating Characteristic Curve (AUROC)で0.92であった。

## 【考察】

回復期病棟入棟時のFIM-C、病前の屋外歩行の自立、手術から入棟までの待機日数は退院時の歩行自立の予測因子であった。これらの予測因子は、回復期病棟入棟時に知り得る情報だと思われる。これらの情報を入棟早期から医師・コメディカルと共有することは、退院時の歩行自立を予測するうえでの一助となると考える。

## 【結語】

回復期病棟入棟時に知り得る情報を用いて、股関節骨折術後患者の退院時の歩行自立を特定するため高度の予測能力を有する臨床予測ルールが開発された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 220403)の承認を得て実施した。

## P-2-6-2

## ポスター発表2

### 患側下肢の最大荷重比は歩行時の初期接地から荷重応答期での力の変化を反映する -歩行時に大腿外側部痛を呈する大腿骨転子部骨折例における検討-

○河西 謙吾<sup>1,2)</sup>, 福田 大輔<sup>3,4)</sup>, 奥野 泰介<sup>1)</sup>, 丹羽 裕之<sup>1)</sup>, 宮下 敏紀<sup>2)</sup>, 北川 崇<sup>3)</sup>, 工藤 慎太郎<sup>2,4,5)</sup>

- 1) 加納総合病院 リハビリテーション科
- 2) 森ノ宮医療大学 インクルーシブ医科学研究
- 3) 東大阪病院 回復期リハビリテーション課
- 4) 森ノ宮医療大学 総合リハビリテーション学部 理学療法学科
- 5) アレックス メディカルリサーチセンター

## 【目的】

大腿骨転子部骨折後(TF)の大腿外側部の滑走性低下は同部の疼痛と関連(K Kawanishi et al.,2020)すること,歩行の初期接地から荷重応答期(IC-LR)に生じる力の変化を低下させ,歩行速度に影響を及ぼすことが知られている(K Kawanishi et al.,2022).しかし,臨床場面で歩行中の力の変化,つまり下肢へ荷重量を特別な機器を使用せずに簡便かつ定量的に評価することは難しい.下肢への荷重評価として,静的立位での最大荷重量の計測は歩行能力を反映するが(谷ら,2010/西森ら2010),歩行中の力の変化および荷重量を示すかは不明である.そこで,本研究は歩行のIC-LRにおける力の変化と患側下肢の最大荷重比との関係性を調査することを目的とする.

## 【方法】

対象は所属機関の2施設へ入院し,観血的骨接合術( $\gamma$ -nail法)を施行し,歩行中の大腿外側部痛を有するTF18名(年齢 $84.9 \pm 7.0$ 歳,術後 $34.1 \pm 15.3$ 日)とした.運動課題は最大努力下での歩行とし,3軸加速度計(マイクロストーン社,100Hz)を第3腰椎に貼付して,歩行中の加速度を計測した.加速度波形を時間微分し,前/後方,内/外側,垂直方向の3軸を合成したjerk合成ベクトルを算出した(Na A et al.,2019).歩行の6~10歩行周期から,各々のIC-LR jerk(% Gait Cycle:0-12%)のpeak値を抽出して平均値を求めた.患側下肢の最大荷重量(谷ら,2010)は,体重で除して患側下肢の最大荷重比(荷重比)とした.他に股外転や膝伸展の筋力を計測し,体重比トルク値を算出した(Y Fukumoto et al.,2014).歩行中の大腿外側部痛はNumerical Rating Scaleで調査した.統計学的検討は荷重比・IC-LR jerk・最大歩行速度・下肢筋力・大腿外側部痛の各々の関係性をSpearmanの相関係数を用いて検討し,有意水準は5%未満とした.

## 【結果】

荷重比 $64.5 \pm 18.7\%$ ,IC-LR jerk  $25.0 \pm 12.3$  m/s<sup>3</sup>,最大歩行速度  $0.56 \pm 0.19$  m/s,股外転筋力 $5.7 \pm 4.1$ kgF,膝伸展筋力  $8.3 \pm 4.1$ kgF,大腿外側部痛  $4.2 \pm 2.1$ であった.Spearmanの相関係数の結果,荷重比はIC-LR jerk( $r=0.49$ ),最大歩行速度( $r=0.58$ )および股関節外転筋力( $r=0.52$ )とIC-LR jerkは最大歩行速度( $r=0.68$ )と有意な正の相関関係( $p<0.05$ )を示した.

## 【考察】

TFの歩行は患側下肢の荷重量低下が問題になる(D Pfeufer,2019).しかしながら,歩行中の下肢荷重量を簡便に評価することは困難であった.本結果より,荷重比は立位での荷重のみならずIC-LRでの力の変化や股外転筋力と関連し,歩行速度に影響することが示された.下肢荷重量が増加することで中殿筋や大腿四頭筋の筋活動が高まる(兵頭,2008;村田ら,2006).TFでの荷重比では,股外転筋力と関連することから,これらの筋活動が高いとIC-LRでの荷重も行いやすく,歩行速度とも関連したと考えられた.

## 【結論】

TFのIC-LRの力の変化は,簡便な患側下肢への最大荷重比で評価することができることが示された.

## 【倫理的配慮,説明と同意】

本研究は所属機関の倫理審査委員会の承認を得て実施した(承認番号:2019-087).

## P-2-6-3

## ポスター発表2

### スマートフォンを用いた快適歩行速度計測の精度

○佐藤 健<sup>1)</sup>, 堀田 一樹<sup>2)</sup>, 橋田 浩一<sup>3)</sup>, 神谷 健太郎<sup>2)</sup>, 井上 達朗<sup>1)</sup>, 池上 諒<sup>1)</sup>, 田宮 創<sup>1)</sup>, 椿 淳裕<sup>1)</sup>, 窪田 杏奈<sup>4)</sup>, 宮田 裕章<sup>4)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部理学療法学科
- 2) 北里大学大学院 医療系研究科
- 3) 東京大学大学院 情報理工学系研究科
- 4) 慶応義塾大学 医学部医療・政策・管理学教室

【目的】本研究の目的は,スマートフォンを用いた歩行速度計測の精度を検証することである.【方法】スマートフォンを所有する健常大学生42名を対象に(21 $\pm$ 1歳, BMI 21.0 $\pm$ 2.4 kg/m<sup>2</sup>, iOS 34名, Android 8名),自身のスマートフォンにヘルスケアアプリ(Health CareあるいはGoogle Fit)およびPersonal Life Repositoryライブラリを取り込んだアプリ(Personary)をインストールし,歩行距離および歩行時間を記録,抽出した.研究参加者はスマートフォンを下衣のポケットに入れた状態で,信号,横断歩道および勾配のない609mの屋外歩行路を研究参加者の快適な速さで歩行した.同時に,検査者はストップウォッチを用いて歩行時間を記録した.歩行速度は歩行距離を歩行時間で除すことで算出された.また,実際の歩行距離609mをストップウォッチで計測された真の歩行時間で除すこと,真の歩行速度で算出した.真の歩行速度の平均値 $\pm$ 3SDを外れた値がスマートフォンで得られた場合,解析から除外した.スマートフォンを用いた歩行速度と真の歩行速度の差を誤差とし,誤差の平均値および標準偏差を解析した.真値とスマートフォンに差がないという帰無仮説を検証するために,対応のあるt検定を用いた.【結果】42名の研究参加者のうち,16名のスマートフォンから歩行データが記録されなかった.スマートフォンで歩行データが記録された26名のうち,除外対象となった研究参加者は7名であった.真の値と比較して除外対象となった研究参加者の歩行速度は前例低値を示した(誤差 $0.53 \pm 0.18$  m/s).7名を除いた19名のデータをみると,真の値と比較して全例のスマートフォンの歩行速度は低値を示した(1.37 $\pm$ 0.12 vs. 1.21 $\pm$ 0.15 m/s, 真値 vs. スマートフォン,  $p < 0.01$ , 誤差 $0.17 \pm 0.13$ ).スマートフォンと真の歩行速度の間に弱い正の相関関係を認めた( $R^2 = 0.28$ ,  $p = 0.02$ ).スマートフォンの歩行時間は真の歩行時間と差を認めなかったが(452 $\pm$ 42 vs. 453 $\pm$ 69 s, 真値 vs. スマートフォン),歩行距離は実際の歩行距離と比べて全例短かった(539 $\pm$ 51 m).【考察】スマートフォンで得られた歩行速度は真の歩行速度と正の相関関係を認めたが,より低値を示した.その原因として,スマートフォンによる歩行距離の精度の問題や,単回測定であったことなどが影響していると考えられた.【結語】スマートフォンで得られた歩行速度は真の値より0.17 m/sほど低く見積もられる可能性がある.【倫理的配慮,説明と同意】本研究は,発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:18768-211126)の承認を得て実施した.

## P-2-6-4

## ポスター発表2

## TKA後患者に対する膝蓋下脂肪体のへの即時介入効果の検証-超音波測定装置を用いて-

○川崎友祐希<sup>1)</sup>, 井尻 朋人<sup>1)</sup>, 鈴木 俊明<sup>2)</sup>

1) 医療法人寿山会 喜馬病院

2) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

【目的】人工膝関節全置換術 (Total Knee Arthroplasty以下:TKA)の術後では、膝関節屈曲可動域の改善は重要な目標である。我々は、屈曲可動域の制限因子となる膝蓋下脂肪体 (infrapatella fat pad以下: IFP)に着目し、膝関節屈曲に伴うIFPの動態を超音波測定装置で計測して、TKA後患者と健常者と比較した。結果、TKA後患者では健常者と比較し、膝関節屈曲に伴うIFPの深部への移動量が低下することが示唆された。本邦ではTKA後のIFPの硬度を治療前後で比較した報告はあるが、膝関節屈曲に伴うIFPの動態は検証されておらず、可動域への影響も明確でない。本研究の目的は、TKA後患者に対してIFPの治療を行い、その効果を検証することとした。

【方法】対象はTKA後患者5名(年齢75.6±5.3歳)とした。対象は全て健側と比較して患側で膝蓋骨後傾の制限を認め、IFPの柔軟性低下が予測された。治療は林の報告をもとに、膝蓋腱を両端から把持しIFPのストレッチを10分間行った。その前後でIFPの評価と膝関節屈曲可動域の測定を行った。正常は膝関節屈曲につれIFPが深部に移動し、膝蓋靭帯と脛骨前縁のなす角度が鋭角となる。この動態を超音波測定装置Prosound-α (アロカ社)を用い、和田らの報告をもとに膝蓋靭帯と脛骨前縁のなす角度を計測して評価した。計測は膝関節屈曲0°、15°、30°、45°、90°それぞれ膝蓋靭帯の線維に平行にプローブを当てIFPを描出し、各角度で3回ずつ撮影した。得た画像は画像解析ソフトImage Jを用い、膝蓋靭帯と脛骨前縁とのなす角度を計測し、3回の測定値の平均値を算出した。各角度の平均値の差を角度変化量と定義し、0°から15°、30°、45°、90°の角度変化量を算出した。算出した角度変化量及び膝関節屈曲可動域を治療前後で比較した。

【結果】角度変化量は治療後に全例で増大した。2例は膝関節0°から45°で角度変化量が改善するも、屈曲後半では変化せず、可動域も変化しなかった。3例では0°から45°で差異はなく、0°から90°での角度変化量が増大し、屈曲後半のIFPの動態に変化を認めたことが示唆された。屈曲可動域は平均で112.5°から120°と改善した。

【考察】TKA後患者への治療にて、IFPの動態は即時的に改善することが示唆された。可動域が変化しなかった2例は、膝関節屈曲後半でのIFPの動態に変化を認めず、即時治療のみではIFPの深層の移動が改善しなかった可能性がある。

【結語】TKA後患者に対する治療にて、IFPの動態は改善するも、可動域改善にはバラつきがあった。今後症例数を増やし検討する必要がある。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:2021003)の承認を得て実施した。

## P-2-6-5

## ポスター発表2

## 下肢伸展トルクと重心動揺との関係-女性における検討-

○吉澤 隆志<sup>1)</sup>, 吉田 修一<sup>2)</sup>, 北村 匡大<sup>1)</sup>

1) 令和健康科学大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

2) 八千代リハビリテーション学院 理学療法学科

## 【目的】

ヒトが立位動作を行う際の不安定性を示す指標として重心動揺があり、下肢の各関節における筋力との関係性が深い。立ち上がり動作などの閉鎖運動連鎖での運動形態では、股・膝・足関節が複合した下肢全体としての伸展トルクが必要とされる。下肢伸展トルクの増大に伴い重心動揺の減少が期待できるのであれば、下肢の各関節に対する筋力増強練習や立ち上がり練習といったアプローチの有用性を高めることとなる。我々は、昨年の本学会において男性における下肢伸展トルクと重心動揺との関係について発表したが、女性については検討できていなかった。よって、本研究の目的は、女性における下肢伸展トルクと重心動揺との関係性を調べることである。

## 【方法】

対象は、下肢に既往のない成人女性17名(平均年齢20.0±3.2歳)とした。

下肢伸展トルクは、StrengthErgo240「三菱電機エンジニアリング株式会社」を用いisokinetic modeにて50回転/分の回転速度で5回の連続駆動により行い、利き足の下肢伸展動作時の左右における体重比のピークトルクを測定した。ここで、測定肢位は座位とし、バックレストの角度は110°とした。また、シートの位置は左右のペダリングの変換点である下死点(下肢の最大伸展位)において膝関節30°屈曲位、足関節0°背屈位になるように設定した。下肢伸展トルクの測定は、3回試行しその平均値を算出した。

重心動揺は、Body Pressure Measurement System「ニッタ株式会社」を用いて、足圧中心分布データから利き足の総軌跡長と外周面積を算出した。測定肢位は開眼および裸足での片脚立位とし、股・膝関節は軽度屈曲位とした。また、両上肢は軽く体側に付け、2m前方の視線と同じ高さの点を注視させた。片脚立位保持時間は30秒とし、左右各々2回ずつ施行し動揺が少ない値を代表値とした。

統計解析として、下肢伸展トルクと重心動揺の関係についてスピアマンの順位相関係数を用いて調べた。なお、統計解析にはSPSS Statistics V26.0を使用し、有意水準は5%とした。

## 【結果】

下肢伸展トルク(Nm/kg)は、1.8±0.3であった。総軌跡長(cm)と外周面積(cm<sup>2</sup>)は、それぞれ64.3±16.8・2.3±1.2であった。統計解析の結果、下肢伸展トルクと総軌跡長および外周面積との間に負の相関が認められた(p<0.05)。

## 【考察】

下肢伸展トルクも重心動揺も下肢の各関節における筋力との関係が大きく、その結果として両者の相関が認められたと考える。

## 【結語】

理学療法士が重心動揺軽減目的にて、下肢の各関節に対する筋力増強練習や立ち上がり練習を積極的に行い、下肢伸展トルクの増大を図ることの意義が見出せた。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

事前に、研究趣旨、測定方法、結果の処理方法などについて十分な説明を行い、その後同意書に署名をした者を研究対象とした。本研究は、研究協力施設の倫理委員会の承認を得た上で実施した(承認番号FW-20-08)。

## P-3-1-1

## ポスター発表3

## 坐骨神経挫滅損傷モデルラットに対する超音波治療が脊髄後根神経節に与える影響の検討

○徐仕軒, 伊藤明良, 河合秀紀, 中原峻, 趙梓汐, 戴嘉, 青山朋樹, 黒木裕士  
京都大学大学院 医学研究科理学療法学講座

## 【目的】

末梢神経損傷は当該する感覚・運動機能障害が生じることで日常生活活動を制限する。末梢神経の修復プロセスは長い時間を要するため、軸索再生及び運動機能を促進させる方策を開発する必要がある。超音波治療による軸索再生効果が動物実験にて確認されてきた。これまで超音波を照射する軸索損傷部位における再生作用機序について検討がなされてきたが、軸索の本体であるニューロン自体における反応については不明である。本研究では、坐骨神経挫滅損傷モデルラットに対して超音波治療を実施した際の脊髄後根神経節(DRG)における反応を明らかにすることを目的として実験を行った。

## 【方法】

12週齢Lewis系雌性ラット72匹に対し、坐骨神経挫滅損傷モデルを作製し、超音波群と擬似照射群に無作為に分けた。術後翌日より超音波群の損傷部位に強度(空間平均時間平均)140 mW/cm<sup>2</sup>、5分間/日の超音波治療を毎日実施した。擬似照射群には強度を0とした擬似照射を実施した。損傷7日及び14日後、同側DRGを採取して遺伝子発現解析(各群各時点n=9)及び脳由来神経栄養因子(BDNF)タンパク質の半定量解析(各群各時点n=5)を免疫組織化学染色法にて実施した。損傷21日後、三次元動作解析装置にて運動機能解析を行った後、坐骨神経を採取して有髄線維の密度、直径、軸索の直径及び髄鞘厚を組織学的手法にて計測した。統計手法は超音波群と擬似照射群の2群間でStudent's t検定を行った。有意水準は5%とした。

## 【結果】

損傷後7日において、損傷により発現上昇したBDNF及びインターロイキン-6(IL-6)のmRNAは、擬似照射群と比較して超音波群で有意に減少した(p<0.05)。BDNFタンパクの解析では、損傷後14日の時点で超音波群におけるBDNFタンパクの染色性が擬似照射群と比較して有意に高かった(p<0.05)。運動機能解析では、超音波群のtoe off時足趾伸展角度が擬似照射群に比べて有意な改善が認められた(p<0.05)。さらに、超音波群での坐骨神経中の有髄線維密度は擬似照射群と比較して有意に増加し(p<0.01)、髄鞘厚も有意に増加した(p<0.01)。

## 【考察】

運動機能解析及び坐骨神経の組織学的解析結果より、超音波治療が神経再生促進効果を有することを再確認した。さらに、軸索損傷によって惹起されたDRGにおけるBDNF及びIL-6の遺伝子発現応答が、超音波治療によって減弱する反応が認められた。一方で、BDNFタンパクは超音波群でより長期的な染色性が認められた。これは、DRGにおけるBDNFの遺伝子レベルの発現とタンパクレベルでの動態が異なる可能性を示唆している。

## 【結語】

坐骨神経挫滅損傷モデルラットに対する超音波治療は、損傷によって惹起されたDRGにおけるBDNF及びIL-6の遺伝子発現を抑制し、BDNFタンパクの長期的な存在を誘導した。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会(承認番号: MedKyo21081)の承認を得て実施した。

## P-3-1-2

## ポスター発表3

## 有酸素運動が化学療法誘因性末梢神経障害モデルラットに及ぼす影響

○友田亮平<sup>1)</sup>, 中野治郎<sup>2)</sup>, 上村心<sup>3)</sup>, 神津玲<sup>4)</sup>, 橋田剛一<sup>1)</sup>

- 1) 大阪大学医学部附属病院 リハビリテーション部
- 2) 関西医科大学 リハビリテーション学部
- 3) 長崎みなとメディカルセンター リハビリテーション部
- 4) 長崎大学大学院 医歯薬学総合研究科

【目的】がん患者において、化学療法誘因性末梢神経障害(Chemotherapy-induced Peripheral Neuropathy: 以下, CIPN)は患者のQOLの低下を引き起こす重大な問題となっている。しかしながら、CIPNに対する効果的なりハビリテーションは確立されていない。類似した症状を呈する糖尿病性末梢神経障害は有酸素運動によって予防・治療が可能であることを考慮すると、CIPNに対しても有酸素運動が有効であり、症状を抑制することができると考えられる。そこで、本研究ではCIPNモデルラットに対する有酸素運動の予防効果を検討した。

【方法】実験動物には7週齢のSprague Dawley系雌性ラット32匹を用い、これらに無作為に通常飼育する対照群(n=11)、パクリタキセルを用いて末梢神経障害を惹起させた後、通常飼育する非運動群(n=11)、同様に末梢神経障害を誘発し、中強度の有酸素運動を負荷する運動群(n=10)の3群に振りわけた。運動群に関して、週5回、中強度(分速20m)の有酸素運動を計2週間実施した。なお、1回の運動時間は15分とした。行動学的解析として機械的刺激に対する痛覚閾値、熱痛覚閾値、活動量、摂食量、体重を経時的に評価した。組織学的解析として足底皮膚の表皮厚と表皮に存在する感覚神経密度、坐骨神経の軸索直径とその周囲の髄鞘厚、ヒラメ筋線維の短径を測定した。

【結果】運動群と非運動群との間に有意な差を認めたのは熱痛覚閾値と体重のみであった。熱痛覚閾値に関しては非運動群と比較して運動群は有意に高値であり、体重は有意に低値を示した。その他の行動学的、組織学的解析においては有意な差を認めなかった。

【考察】本研究において、CIPNモデルに対して有酸素運動を実施した結果、CIPNにおける組織学的変化を有酸素運動によって抑制することはできなかったが、熱痛覚閾値の低下だけは防ぐことができた。この変化は中枢神経系の作用が予想される。また、体重では運動群が他の2群に比べて有意に低値を示しているが、これは化学療法による食欲減衰が運動により助長された可能性が考えられる。以上のことから、化学療法を受けるがん患者に対しては運動量や強度、その時期等に注意していくことが重要であると考えられる。

【結語】本研究ではCIPNモデルに対する有酸素運動の予防効果を検討したが、今回設定した有酸素運動ではCIPNの組織学的変化の進行を抑制することができなかった。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属していた組織(平成28年~令和3年)の動物実験倫理委員会(承認番号: 1809051477)の承認を得て実施した。

## P-3-1-3

## ポスター発表3

## 高強度経皮的電気刺激は疼痛促進系を抑制しない

○瀧口 述弘<sup>1,2)</sup>, 徳田 光紀<sup>3)</sup>, 庄本 康治<sup>1,3)</sup>

- 1) 畿央大学 健康科学部
- 2) 学研都市病院 リハビリテーション科
- 3) 畿央大学大学院 健康科学研究科

## 【目的】

経皮的電気刺激(Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation: TENS)は鎮痛目的で実施する電気刺激療法であるが、慢性疼痛患者への効果は少ないと報告されている。慢性疼痛の病態の一つに疼痛促進系の亢進が挙げられるが、これに対する治療効果を検証した報告は少ない。高強度で短時間電気刺激することで鎮痛を図る高強度TENSは、鎮痛効果が高いと報告されており、疼痛促進系にも効果が生じる可能性がある。疼痛を神経生理学的に測定する実験的疼痛方法として侵害屈曲反射(Nociceptive Flexion Reflex: NFR)があり、この実験的疼痛の時間的加重を与えることで、疼痛促進系を測定するTemporal Summation - NFR (TS-NFR)がある。TS-NFRを用いて高強度TENSの効果を検証した報告はない。本研究の目的として、高強度TENSが疼痛促進系に与える影響をTS-NFRを用いて健常人で検証することとした。

## 【方法】

健常人29名を高強度TENS群とコントロール群の2群に分けた。高強度TENS群は高強度TENSを60秒間与え、コントロール群は60秒間安静とした。両群とも介入前後に、NFR閾値、TS-NFR閾値を測定した。NFR閾値は左腓腹神経に電気刺激をし、左大腿二頭筋の筋電図を測定し、NFRが出現した刺激強度をNFR閾値とした。TS-NFRはNFRを0.5秒間隔で3発与え3発目にNFRが出現した刺激強度をTS-NFR閾値として測定した。NFR閾値とTS-NFR閾値に対して、分割プロットデザインの分散分析とボンフェローニ法で解析し、有意水準は5%とした。

## 【結果】

NFR閾値は、高強度TENS群は実施前と比較して有意に上昇した( $p = 0.017$ )。しかし、TS-NFR閾値は各群とも実施前と比較して上昇しなかった(高強度TENS群 $p = 0.201$ , コントロール群 $p = 0.09$ )。

## 【考察】

NFR閾値が上昇したことから、高強度TENSは中枢神経系で侵害刺激を抑制する可能性が示唆された。しかし、TS-NFR閾値が変化しなかったことから、高強度TENSは疼痛促進系を抑制しない可能性が考えられた。

## 【結語】

高強度TENSは疼痛促進系を抑制しない可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は倫理委員会の承認(20-3)を得た後に、ヘルシンキ宣言に基づき、対象者に文書を用いて十分に説明を実施し、書面にて同意を得て実施した。

## P-3-1-4

## ポスター発表3

## 神経障害性疼痛モデルマウスに対する交代浴の試み～温浴40°Cと冷浴18°Cによる検討～

○猪俣 陽一, 伊藤 光, 奥村 仁, 川島 歩羽,  
佐久本 祐里, 佐々木 千智, 村野 美緒, 山谷 星花

東京医療学院大学 保健医療学部リハビリテーション学科理学療法学専攻

## 【目的】

神経障害性疼痛の症状を呈する患者は強い痛みにより日常生活が制限される。神経障害性疼痛は痛覚過敏やアロディニアなどの症状を呈するため、発痛部分に触れることが困難であり、理学療法の実施に難渋する。さらに、神経障害性疼痛に対する治療法は確立していないため、疼痛を軽減する方法を模索する必要がある。理学療法士が行う物理療法である交代浴は、神経障害性疼痛の治療法として紹介されているが、科学的根拠が不十分であり治療効果にも懐疑的である。

本研究は神経障害性疼痛モデルであるspared nerve injury (以下: SNI)モデルマウスに対して、交代浴が神経障害性疼痛に与える影響を検討する。

## 【方法】

マウスを交代浴群、SNI群、sham群に分けた。SNIモデルは坐骨神経の3本の枝のうち総腓骨神経と脛骨神経の結紮後にその遠位を切離した。行動観察は各群の術前と術後7日、8日の逃避反応閾値(paw withdrawal threshold: PWT)を測定した。交代浴群はSNIモデルマウスの作製術後7日目の行動観察前に交代浴を実施した。

## 【結果】

SNI群と交代浴群では、術前に比べて術後7日目、8日目においてPWTが有意に低下した。sham群では、術前に比べて術後7日目、8日目においてPWTは有意に低下しなかった。さらに、術後7日目、8日目ともに交代浴群とSNI群はsham群との間でPWTについて有意差が認められた。しかし、交代浴群とSNI群は術後7日目のPWTについて有意差が認められたが、術後8日目のPWTについて有意差は認められなかった。

## 【考察】

PWTの低下はアロディニアの症状を示している。本研究の結果より、sham群では、術前に対して術後7日目と8日目におけるPWTが有意に低下しなかったことから、アロディニアを発症していないことが考えられた。SNI群と交代浴群では、術前に対して術後7日目と8日目におけるPWTが有意に低下したことから、アロディニアを発症していると考えられた。さらに、各時点のPWTより、術後7日目と8日目において、SNI群と交代浴群はsham群の間のPWTに有意差が認められたことからアロディニアが発症していると考えられる。しかし、術後7日目においてSNI群と交代浴群のPWTの間にも有意差がみられたことから、疼痛が軽減されている可能性も考えられた。したがって、術後7日目では、交代浴群にアロディニアが発症していることと軽減されていることの両方の可能性が考えられた。また、術後8日目の交代浴群とSNI群のPWTの間に有意差がみられなかったことから、アロディニアを発症していたと考えられた。

## 【結語】

神経障害性疼痛モデルマウスに対する交代浴はアロディニアの軽減の可能性を示した。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会(承認番号: 21-02A)の承認を得て実施した。

## P-3-1-5

## ポスター発表3

## 脳内出血後の運動は損傷側大脳皮質におけるヒストンアセチル化を増強する

○西尾 太一<sup>1)</sup>、井上 貴博<sup>1,2)</sup>、高松 泰行<sup>3)</sup>、三島 大雅<sup>4)</sup>、高村 巴菜<sup>4)</sup>、相馬 希帆<sup>4)</sup>、前島 洋<sup>3)</sup>

- 1) 北海道大学 大学院保健科学院
- 2) 日本学術振興会 特別研究員DC
- 3) 北海道大学 大学院保健科学研究所リハビリテーション科学分野
- 4) 北海道大学 医学部保健学科

## 【目的】

脳卒中後の運動は脳の神経可塑性に関わる遺伝子発現を調整することが知られている。遺伝子発現の調整には、DNA塩基配列の変化を伴わない制御機構であるエピジェネティクスが関与している。中でもヒストンアセチル化はエピジェネティクス調整を担うヒストン修飾の主要なメカニズムであり、ヒストンアセチル化により遺伝子発現は活性化する。健常動物を用いた基礎研究において、運動が海馬におけるエピジェネティクスを調整し、神経可塑性を高めることが報告されている。しかし、脳卒中後の運動がエピジェネティクスに及ぼす影響は精査されておらず、とりわけ脳内出血 (intracerebral hemorrhage; ICH) 後の大脳皮質におけるヒストン修飾に関する報告は認められない。そこで本研究は、ICHモデルラットに対する運動が大脳皮質におけるヒストン修飾に及ぼす影響について検証することを目的とした。

## 【方法】

7週齢Wistar系雄性ラットを、偽手術 (SHAM) 群、ICH群、ICH後に運動を行うICHEX群の3群に分けた (各群 n = 6)。ICHは左線条体から内包領域にcollagenaseを注入して誘導した。SHAM群には同量の生理食塩水を注入した。ICHEX群は、術後3日からトレッドミル運動 (速度11 m/分、30分) を2週間行った。術後16日目に全脳を採取し、凍結保存した。両側大脳皮質感覚運動野におけるヒストンH3アセチル化およびヒストンH4アセチル化を生化学的に定量解析した。統計処理は一元配置分散分析を実施し、Tukey法による多重比較を行った。有意水準は5%とした。

## 【結果】

生化学解析の結果、損傷側では、ヒストンH3アセチル化量はSHAM群と比較してICHEX群で有意に高値を示し ( $p = 0.026$ ,  $F(2, 15) = 4.701$ )、ヒストンH4アセチル化量はSHAM群と比較してICHEX群で有意に高値を示した ( $p = 0.048$ ,  $F(2, 15) = 3.716$ )。非損傷側では、ヒストンH3アセチル化量はSHAM群と比較してICH群で有意に高値を示し ( $p = 0.008$ ,  $F(2, 15) = 6.482$ )、ヒストンH4アセチル化量における有意な群間差は認められなかった ( $p = 0.057$ ,  $F(2, 15) = 3.491$ )。

## 【考察】

ICH後の損傷側大脳皮質感覚運動野において、運動によるヒストンアセチル化量の増加が認められた。このことはICH後の運動が損傷側大脳皮質感覚運動野におけるヒストンアセチル化を伴うエピジェネティクス制御を通して可塑的遺伝子発現を活性化させる可能性を示唆している。一方、非損傷側においては運動に伴うヒストンアセチル化量の変化は認められなかったことから、このエピジェネティクス制御は損傷側と非損傷側でその動態が異なり、損傷側に特異的であることが示唆された。

## 【結語】

ICH後の運動は損傷側大脳皮質感覚運動野におけるヒストンアセチル化の促進を通して、可塑的遺伝子発現に寄与する可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会 (承認番号: 20-0071) の承認を得て実施した。

## P-3-1-6

## ポスター発表3

## 網羅的miRNA発現解析による適度な運動量の指標となる血中miRNAバイオマーカーの同定

○江口 大輔<sup>1)</sup>、井上 翔太<sup>1,2)</sup>、高村 大祐<sup>1,3)</sup>、島山 隼平<sup>1,2)</sup>、若山 将弘<sup>1)</sup>、小野 匡祐<sup>1,3)</sup>、森山 英樹<sup>4)</sup>

- 1) 神戸大学 保険学研究所
- 2) 日本学術振興会 特別研究員
- 3) 神戸市立医療センター中央市民病院 リハビリテーション技術部
- 4) 神戸大学 生命・医学系保健学域

## 【目的】

運動の好ましい効果を得るためには、運動量は適度である必要がある。しかしながら現時点では、適度な運動量を高感度かつ特異的に規定できる指標は存在しない。循環型マイクロRNA (miRNA) は、細胞外の体液中で安定して存在しており、全身状態を鋭敏に反映する。さらに、血中のmiRNA発現量は、身体機能や身体活動と関連することが分かっており、適度な運動量を規定するバイオマーカーの候補になり得ると考えた。本研究では、適度な量の運動後の血中miRNA発現プロファイルを明らかにし、適度な運動のバイオマーカーの候補となるmiRNAを同定することを目的とする前臨床試験を行った。

## 【方法】

8週齢の雄性C57BL/6マウスを対象とした。マウスを対照群、我々が既に見出している適度な運動量の20 m/分のトレッドミル走行を行う有酸素運動群、体重の120%の重錘負荷でラダー昇降運動を行う筋力増強運動群の3群に分けた。各運動は1回のみ実施し、運動終了3時間後に血液を採取した。miRNAアレイ解析により、血中miRNA発現量の変化を網羅的に解析した。さらに、miRNAアレイの解析結果から抽出した特定のmiRNAの発現量をqPCRにより確認した (各群n = 4)。

## 【結果】

miRNAアレイの結果、適度な運動量の単回運動で発現変化した血中miRNAは、有酸素運動群で188個、筋力増強運動群で167個であった ( $|\log_2FC| > 1$ )。このうち、96個のmiRNAは両群で共通して発現量に変化していた。発現変動miRNAの標的遺伝子を対象にKEGGパスウェイ解析を実施した結果、骨格筋の分子応答に関与するパスウェイが検出された。qPCRにより特定のmiRNA発現量を評価したところ、有酸素運動後にmiR-A、miR-B、miR-Cの発現量が増加し、両群でmiR-Dの発現量が増加した ( $P < 0.05$ ) (miRNAの具体名の公表は控える)。

## 【考察】

本研究のmiRNAアレイの結果から適度な運動後に発現変化したmiRNAの多くが運動後の骨格筋適応に関与することが示唆され、さらにその約50~60%は両群で共通していることが明らかとなった。共通して発現変化したmiRNAは、運動様式によらず適度な運動量を反映する可能性がある。さらに、miR-Dは両方の運動群で発現が増加していた。miR-Dは骨格筋肥大や運動誘発性血管新生に関与することが示唆されており、適度な運動量を規定するバイオマーカーの候補となり得る。

## 【結語】

本研究結果から、適度な運動後に多くの骨格筋適応関連miRNAが変動することが明らかとなり、特に、血中のmiR-Dは運動様式によらず適度な運動量を規定できるバイオマーカーである可能性が示された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、所属する施設の研究倫理委員会 (承認番号: P190814) の承認を得た。

## P-3-1-7

## ポスター発表3

## 若齢期の運動習慣と脱トレーニングがOLETFラットの耐糖能に及ぼす影響

○藤田 直人, Nguyen Son Tien, 西平 美鈴, 浦川 将

広島大学 大学院医系科学研究科

## 【目的】

小児肥満の多くは成人期における肥満へと移行し、将来的に、耐糖能障害などの肥満関連健康障害を引き起こす。よって、成人期以降の健康障害に対応するには、成人期だけでなく、小児期における病理も検討する必要がある。成人期における習慣的な運動は肥満や耐糖能障害を改善するが、運動習慣を中断した場合、脱トレーニング期間にその有効性は減弱していく。一方、小児期における習慣的な運動は、例えば運動習慣を中断したとしても、脱トレーニング期間中も運動の有効性が持ち越される場合がある。しかし、小児期の運動習慣が脱トレーニング期間における持ち越し効果に及ぼす影響についての報告は十分ではなく、基盤となるデータの蓄積が必要である。本研究では、若齢期の運動習慣と脱トレーニングが肥満に及ぼす影響を、耐糖能障害に着目して検証した。

## 【方法】

肥満のモデル動物として4週齢の雄性OLETFラットを用い、4週齢から8週齢にかけて運動を実施した後、8週齢から19週齢にかけて運動を実施しなかった短期間運動・長期間脱トレーニング群、4週齢から12週齢にかけて運動を実施した後、12週齢から19週齢にかけて運動を実施しなかった長期間運動・短期間脱トレーニング群、及び全飼育期間において運動を実施しなかった非運動群に区分した。なお、本研究では軽度な有酸素運動を採用し、運動期間中、毎日、1日12時間(20:00から翌8:00)、ランニングホイールにて自走運動を促した。

## 【結果】

非運動群は常に餌摂取量が多く、飼育期間を通じて体重が増加し続けた。一方、運動実施期間中は餌摂取量が少なくなり、体重の増加は緩やかになった。運動実施期間終了後、短期間運動・長期間脱トレーニング群は餌摂取量が増加し、体重は急増して非運動群と同等の値になった。一方、長期間運動・短期間脱トレーニング群は運動実施期間終了後も餌摂取量が少なく、脱トレーニング期間における急激な体重増加は認めなかった。19週齢の時点において、長期間運動・短期間脱トレーニング群の体重は非運動群と比べて有意に低値であった。また、19週齢の時点におけるブドウ糖負荷試験の曲線下面積に関して、短期間運動・長期間脱トレーニング群と非運動群の間には有意差を認めないものの、長期間運動・短期間脱トレーニング群は非運動群と比べて有意に低値であった。

## 【考察】

若齢期における運動習慣が脱トレーニング期間の肥満や耐糖能に及ぼす影響は、運動の継続期間に依存する可能性が示され、今後、小児肥満の運動処方開始および中断時期を含めた検討が必要である。

## 【結語】

若齢期に一定期間以上の運動習慣を有していれば、脱トレーニングによる過食が軽減され、肥満と食後高血糖が抑制された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

全ての実験は所属施設における動物実験に関する指針に従い、動物実験委員会の承認を受けた上で実施した(A19-163)。

## P-3-1-8

## ポスター発表3

## OLETFラットにおける褐色脂肪組織の白色化に対する食餌制限の効果

○西平 美鈴<sup>1)</sup>, グエン ティエン ソン<sup>1)</sup>, 永森 景太<sup>2)</sup>, 藤田 直人<sup>1)</sup>, 浦川 将<sup>1)</sup>

1) 広島大学大学院医系科学研究科 運動器機能医科学研究室  
2) 広島大学 医学部保健学科

【目的】肥満により、褐色脂肪組織における脂肪細胞の肥大が進行すると、脂肪滴の形態が多房性から白色脂肪細胞に類似した単房性へと移行する。この褐色脂肪組織の白色化によって肥満の褐色脂肪組織では熱産生機能が減弱し、肥満が助長される。褐色脂肪組織の白色化は食餌制限によって抑制されることが報告されている。本研究では、食餌制限が肥満に伴う褐色脂肪組織の白色化の進行に及ぼす影響を、肥満の初期過程における組織学的特徴に注目して検討した。

【方法】肥満モデル動物として4週齢の雄性Otsuka Long-Evans Tokushima Fatty (OLETF)ラット(n=15)、非肥満モデル動物として4週齢の雄性Long-Evans Tokushima Otsuka (LETO)ラット(n=5)を使用した。OLETFラットはコレリキニンA受容体が遺伝子変異による欠損がみられ、過食により、若齢期から顕著な体重増加を呈する肥満モデル動物である。OLETFラットは餌を自由に摂取させる群、及び同一週齢のLETOラットが消費する食餌量と同量を摂取させる食餌制限群の2群に分け、4週齢から20週齢まで飼育した。20週齢で肩甲骨間から褐色脂肪組織を摘出し、組織学的観察のためにヘマトキシリンエオジン染色標本を作製した。

【結果】20週齢時点において、OLETFラット自由摂取群の体重はLETOラットと比較して有意に高値を示した一方で、OLETFラット食餌制限群では体重増加が抑制され、LETOラットと同程度の体重に維持された。OLETFラット自由摂取群の褐色脂肪組織では、白色化を示唆する単房性脂肪細胞が脂肪小葉の中心部と周辺部の両部位に局在し、周辺部には肥大した単房性脂肪細胞も存在した。一方、OLETFラット食餌制限群では、OLETFラット自由摂取群と比較して、脂肪小葉中心部における単房性脂肪細胞の数は有意に低値を示し、小葉周辺部に存在する肥大した単房性脂肪細胞数はやや減少していた。

【考察】餌の自由摂取によって過食を呈した場合、褐色脂肪組織の白色化は脂肪小葉の周辺部だけでなく、中心部でも確認された。一方、食餌制限によって過食を抑制した場合、小葉中心部における白色化は軽減され、小葉周辺部における脂肪細胞の肥大にとどまった。以上より、肥満の初期過程における褐色脂肪組織の白色化では、毛細血管が多く分布する小葉の周辺部で先行して脂肪が蓄積し、次いで中心に蓄積するようになると考えられる。

【結語】OLETFラットの褐色脂肪組織において、食餌制限により小葉中心部の白色化は予防できるが、周辺部に対する予防効果は軽度であった。残存した周辺部の白色化は今後の白色化進行の原因となる可能性もあるため、褐色脂肪組織周辺部の白色化も併せて予防するためには、運動など、他の介入方法も検討する必要がある。

【倫理的配慮、説明と同意】全ての実験は、発表者が所属する組織の動物実験委員会の承認を受けた上で実施した(A19-163)。

## P-3-1-9

## ポスター発表3

## OLETFラットの各種臓器における脂肪蓄積の経時的变化

○坂倉 貫太, 西平 美鈴, 岩本 汐未, 山本 結生,  
藤田 直人, 浦川 将

広島大学大学院 医系科学研究科

【目的】過剰な脂肪蓄積は白色脂肪組織に慢性炎症を誘発し、この進行に伴って高遊離脂肪酸 (FFA)血症となり、肥満関連健康障害を引き起こす。また、高FFA血症は進行とともに慢性炎症を全身の各種臓器へと波及させ、慢性疾患発症のリスクファクターとなる。本研究では、高FFA血症初期における責任病巣を特定することを目的として、様々な臓器における脂肪蓄積の経時的变化と炎症所見を組織学的に確認した。

【方法】自然発症の肥満動物として、雄性のOtsuka Long-Evans Tokushima Fatty (OLETF)ラットを使用した。4~20週齢にかけて、2週間毎に、下大静脈血、精巣上体周囲脂肪組織 (eWAT)、後腹膜脂肪組織 (rWAT)、腸間膜脂肪組織 (mWAT)、鼠径部皮下脂肪組織 (iWAT)、肩甲骨間褐色脂肪組織 (BAT)、肝臓を採取した。採取した血漿からトリグリセリド (TG)及びFFA濃度を測定した。また、各組織の切片を作製し、組織学的観察を行った。

【結果】OLETFラットの体重は4~20週齢にかけて増加した。4~8週齢では肝臓のTG量が増加し、10週齢以降は肝小葉に中性脂肪の局在を認め、血漿TG濃度が上昇した。その後、18週齢以降、血漿FFA濃度が上昇した。10週齢以降、eWATの脂肪細胞は肥大していき、BATの白色化が確認され、これらは体重の増加と進行が類似していた。一方、iWATは体重増加の推移と異なり、10週齢以降、脂肪細胞のサイズがほぼ一定であった。また、体重増加に伴って脂肪細胞が肥大したeWATとrWATでは炎症性変化を示す冠状構造 (CLS)を認めたが、iWATとmWATでは脂肪細胞の肥大と体重増加の進行が一致せず、CLSを認めなかった。

【考察】本研究では、iWATとeWATの両者における脂肪細胞の肥大のしやすさの差異が明らかとなり、皮下脂肪には脂肪組織の拡大に対する抑制性環境が存在することから、iWATの脂肪細胞は肥大の臨界点に達し、以降はサイズの変化が少なくなったと考えられる。また、脂肪細胞の過度な肥大はマクロファージの誘導に関与しており、eWATとrWATでは体重の増加に伴い脂肪細胞が肥大し、後にCLSが観察されたことから、肥満の初期過程では易肥大性を持つ脂肪細胞に炎症所見が先行したと考えられる。さらに、20週齢前後のOLETFラットではインスリン抵抗性が報告されていることから、過度に肥大した脂肪細胞では中性脂肪の分解抑制が妨げられ、高FFA血症さらにはCLSが誘導された可能性がある。

【結語】若齢OLETFラットでは高FFA血症に至る過程でeWAT及びrWATへの脂肪蓄積が顕著であり、これらの組織ではCLSのような慢性炎症所見を呈した。よって肥満の初期過程では、これらを治療標的として優先する必要性が示唆された。

【倫理的配慮、説明と同意】すべての実験は発表者が所属する組織における動物実験に関する指針に従い、動物実験委員会の承認 (A19-163)を受けた上で実施した。

## P-3-1-10

## ポスター発表3

## 変形性関節症をドライブする「老化×メカニカルストレス」分子制御の探求—メタアナリシスとシステム生物学による統合的アプローチ—

○飯島 弘貴<sup>1,2)</sup>, 松井 佑介<sup>2,3)</sup>

1) 名古屋大学 高等研究院

2) 名古屋大学 医学系研究科

3) 東海国立大学機構 糖鎖生命コア研究所

【目的】変形性膝関節症 (KOA)の病態理解に向けた老化やメカニカルストレスに係る研究が加速しているが、両因子の相互作用に着目した研究はない。老化は軟骨細胞のメカニカルストレス応答を変容させ、KOAを誘発するとの見方があり、「老化×メカニカルストレス」相互作用の分子制御理解が、病態を踏まえた理学療法の実践における布石となる。本研究では、先行文献や公開データに対してメタアナリシスとシステム生物学の統合的手法を適用し、変形性関節症をドライブする老化×メカニカルストレス相互作用における分子制御を探索する。

【方法】若年ならびに老齢のC57BL/6マウスの膝関節におけるメカニカルストレス応答を組織学的や分子生物学的に、あるいはゲノムワイドに評価した先行研究6編を、PRISMAガイドラインに準じて同定した。メタアナリシスにはRevManを、バイオインフォマティクス解析には、RやHumanBase、GSEAを用いた。

【結果】膝関節組織所見のメタアナリシスの結果、老齢群は若年群よりも過度なメカニカルストレス (前十字靭帯断裂や半月板切除)に起因するKOAが重度化した。遺伝子発現プロファイルを評価すると、前十字靭帯断裂後1、2週時に老齢群と若年群で顕著な違いが見られた。そこで、断裂後1、2週時に老齢群において特異的に発現が増大した遺伝子群を軟骨特異的遺伝子ネットワークにマッピングすると、細胞外物質 (ECM)のリモデリングや免疫システムに関連した遺伝子モジュールが同定された。さらに、老齢群で特異的に発現が増大した遺伝子群は、ノックアウトマウス研究に基づき同定した関節軟骨ECM硬さ関連遺伝子群と関連した ( $p=0.060$ ; Fisher正確確率検定)。この傾向は、軟骨ECM硬さ関連遺伝子群に対する遺伝子セットエンリッチメント解析でも裏付けられた ( $p<0.001$ )。

【考察】遺伝子モジュールとして老齢群に特異的に同定されたECMの硬さ増大は、エピジェネティクス変化を介して軟骨細胞の機能を低下させることが知られている。このことから、老齢膝関節への過剰なメカニカルストレスは、若年膝関節よりもECMの硬さを増大させ、下流の分子応答を介してKOAを進行させると推測できる。興味深いことに、これらECMの変化において免疫システム関連のモジュールも変化しており、KOAの病態を考える上で、従来のようなWear and tear diseaseではなく免疫システムの干渉をモデルに入れた分子制御を考えていく必要がある。

【結語】膝関節のメカニカルストレスに対する分子応答は加齢とともに変容する。老齢膝関節に対する過度なメカニカルストレスは、ECMリモデリングや免疫システムによる干渉を介して、変形性関節症を重症化させる可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は公開データを使用しているため、該当しない。

## P-3-1-11

## ポスター発表3

## 異なるモデルにおける部位ごとの脛骨軟骨下骨の骨構造変化の違い

○荒川 航平<sup>1)</sup>, 高島 啓<sup>1,5)</sup>, 榎本 沙彩<sup>2)</sup>, 国分 貴徳<sup>3,4)</sup>

- 1) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科博士後期課程
- 2) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科博士前期課程
- 3) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科
- 4) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科
- 5) 日本学術振興会 特別研究員

## 【目的】

変形性膝関節症(膝OA)の発症メカニズムは未解明である。軟骨下骨は膝OA発症・進行に関与することが明らかになっている。また、我々は複数の膝OA動物モデルを用いた検証において軟骨下骨の変化が異なることを明らかにし、モデル間の軟骨下骨の変化は部位ごとに特徴的な変化を示すのではないかと仮説を立てた。本研究の目的は異なるモデル間の軟骨下骨の変化を脛骨の部位ごとに比較し、その特徴を明らかにすることとした。

## 【方法】

対象をICR系雄性マウス12週齢とし、前十字靭帯切断(ACL-T)群、内側半月板不安定性(DMM)群、ACL-T・DMM群で生じる関節不安定性を抑制するACL-T制動群、DMM制動群とSham群の5群に分類した(Sham群n=5, 他群n=6)。介入後6週時点でマイクロCTでのスキャンを実施した。解析領域を脛骨の内側前方(MA)領域、内側後方(MP)領域、外側前方(LA)領域、外側後方(LP)領域の4領域とし、骨体積比、骨梁幅を解析した。そして、同一モデル内での領域ごとの比較を実施した。

## 【結果】

Sham群は骨体積比、骨梁幅ともに領域ごとに差はなかった。ACL-T群では、骨体積比においては差がみられなかったものの、骨梁幅はMP領域がMA、LA領域と比較して有意に高値を示した(p<0.05)。ACL-T制動群では、骨体積比においてMP領域、LP領域がLA領域と比較して有意に高値を示した(p<0.05)。一方、骨梁幅はMP領域が他領域と比較して有意に高値を示した(p<0.05)。DMM群では、骨体積比においてMA・MP領域が、LA・LP領域と比較して有意に高値を示した(p<0.05)。一方、骨梁幅はMA・MP領域がLA領域と比較して有意に高値を示した(p<0.05)。MP領域はLP領域と比較して有意に高値を示した(p<0.05)。DMM制動群では、骨体積比においてMP領域がMA、LA領域と比較して有意に高値を示した(p<0.05)。一方、骨梁幅はMP領域がLA領域と比較して有意に高値を示した(p<0.05)。

## 【考察】

脛骨軟骨下骨の領域ごとに各モデルに異なる特徴があることが示唆された。特にACL-T群、ACL-T制動群ではMP領域の骨体積比、骨量幅の増大が特徴としてみられた。ACL-T群、ACL-T制動群ではSham群と比較して脛骨の前方移動が生じることが報告されており、脛骨と大腿骨の接触領域が後方に変異することが考えられる。よって接触領域の変化に伴い後方領域に負荷が集中したことが影響したと考えられる。一方、DMM群では内側領域の骨体積比が外側領域と比較して増大し、骨量幅も同様の特徴を示した。また、DMM制動群はDMM群と同様の傾向を示した。DMM群、DMM制動群は内側半月板の側方逸脱による半月板機能不全が生じる。よってそれに伴う内側領域へのメカニカルストレスの増大により骨体積比、骨量幅の増大が生じたことが考えられる。

## 【結語】

モデル間で軟骨下骨の変化、生じる部位が異なる可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

所属する組織の動物実験倫理委員会(承認番号:2020-1)の承認を得て実施した。

## P-3-1-12

## ポスター発表3

## 後十字靭帯損傷によるメカニカルストレスの変化が膝蓋大腿関節の軟骨及び軟骨下骨に与える影響の長期的観察

○榎本 沙彩<sup>1,2)</sup>, 荒川 航平<sup>1)</sup>, 高島 啓<sup>1,3)</sup>, 宇佐美 優奈<sup>1)</sup>, 野木 康陽<sup>1,2)</sup>, 斉藤 陸<sup>1)</sup>, 宮本 ひまり<sup>4)</sup>, 国分 貴徳<sup>1,4)</sup>

- 1) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科
- 2) えのもと整形外科クリニック リハビリテーション部
- 3) 日本学術振興会特別研究員 DC
- 4) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部理学療法学科

## 【目的】

膝蓋大腿(PF)関節は膝関節構成帯の1つで、大腿四頭筋の作用を効率化させる滑車の役割を持つ。膝蓋骨は動作時に体重の数倍の接触圧がかかるため、変形性関節症(OA)を生じやすいとされている。膝OAは一次性が多いとされてきたが、近年ではその大部分が何らかの器質的変化が先行するという見方が強まっている。後十字靭帯(PCL)損傷後の膝関節では、脛骨後方引き出しが生じ、接触圧が高まることが推測され、これはPF関節症の発症リスクの増大に関与すると仮説を立てた。本研究の目的は、マウスのPCLを徒手的に破断させたモデルを用いて、PCL損傷がPF関節の軟骨及び軟骨下骨に及ぼす影響を解明することとした。

## 【方法】

C57BL6雄性マウス8匹を対象とし、左後肢についてPCLを破断させたPCL-T群、右後肢について無介入のINTACT群とした。解析のタイムポイントは16週とし、各4サンプルずつを組織学的解析と軟骨下骨構造解析に使用した。解析部位は大腿骨側における膝蓋骨との接触領域を、遠位及び近位を内外側に分割した全4領域について対象とした。組織学的解析では軟骨変性について、Toluidine-Blue染色を行ったのち、OARSIスコアに基づいてスコアリングを行った。軟骨下骨解析は、マイクロCTを用いて骨梁幅及び骨体積比を算出した。統計学的解析は、shapiro-wilk testを実施し、正規性なしのためMann-Whitney U testを実施した。

## 【結果】

マイクロCT及び組織学的解析の結果、全領域において軟骨変性スコアや骨梁幅及び骨体積比に有意差は認められなかった。しかしながら、軟骨表層の変性については、OARSIスコアでINTACT群が全て0であったのに対し、PCL-T群では各領域3/4サンプルで0.5以上の軽度の変性が観察された。

## 【考察】

本研究の結果は、軟骨表層及び軟骨下骨変性共に2群間で有意な差は認められなかった。一方で、軟骨下骨については傾向としても両群に差は見られなかったが、軟骨表層については、全サンプルにおいて変性所見が認められなかったINTACTに対してPCL-T群では各領域3/4のサンプルで軽度変性が見られたことから、PCL損傷では16週時点では軟骨の方がより強く変性所見を生じる可能性が考えられる。軟骨下骨は圧縮応力、軟骨表層は剪断力の関与が大きいことが報告されている。このことを踏まえると、本研究結果は、PCL破断によるPF関節症は、膝蓋骨を大腿骨に押しつけることによる圧縮応力よりも、正常な副運動の破綻による剪断力増大の影響が大きい可能性が考えられる。今後は、サンプル数及び、より長期のタイムポイントを追加することで、PCL損傷がPF関節に与えるメカニカルストレスについての示唆を与える基礎的データとなると考える。

## 【結語】

PCL損傷後の膝蓋大腿関節では、剪断力増大による軟骨変性が生じることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、所属する組織の動物実験倫理委員会(承認番号:2020-11)の承認を得て実施した。

P-3-1-13

ポスター発表3

## 膝関節不安定性が脊髄神経機構に与える影響

○金村 尚彦<sup>1)</sup>, 峯岸 雄基<sup>2,3)</sup>, 小曾根 海知<sup>4)</sup>, 加納 拓馬<sup>2)</sup>, 黒尾 彩<sup>2)</sup>, 岡 優一郎<sup>3)</sup>, 村田 健児<sup>1)</sup>, 森下 佑里<sup>5)</sup>, 国分 貴徳<sup>1)</sup>, 今北 英高<sup>1)</sup>

- 1) 埼玉県立大学 保健医療福祉学部理学療法学科
- 2) 埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科
- 3) 日本学術振興会 特別研究員
- 4) 埼玉県立大学大学院 研究員
- 5) 東京家政大学健康科学部 リハビリテーション学科

## 【目的】

膝前十字靭帯 (ACL) 損傷は、再建術を行うことが、ゴールドスタンダードである。これは靭帯の治癒能力が低い事が原因とされるが、当研究室では、保存療法モデルを作成し、靭帯が治癒することを報告してきた。膝関節感覚機能の改善には、損傷靭帯が治癒する過程において組織修復がなされ、靭帯に存在する神経機能の回復や中枢神経ネットワークの再構築が重要な鍵を握っている。関節不安定性を制動すると、神経再生因子にどのような影響を及ぼすのか検討した。

## 【方法】

10週齢のWistar系雄性ラットに対し、前十字靭帯切断群 (ACLT群) 3匹、ACL切断後に関節制動を行った (CAM群) 群3匹を対象とした。実験介入後8週間経過後、L4-5レベルの脊髄を摘出し、全タンパク質を抽出した。タンパク質をプロテアーゼ消化した後、液体クロマトグラフ質量分析計 (LC-MS/MS) により、質量分析を行った。得られたデータからR (ver3.6.1) を用いてVenn diagramを作成した。その後出力された分子データをもとに、ウェブツールDAVID6.8 (<https://david.ncicrf.gov/home.jsp>) を用い、パスウェイ解析を行った。

## 【結果】

ACLT群では、Interleukin-12 signaling、Apoptotic phaseで特にcaspase mediated cleavag、PAK-2 p34の経路、Axonal growth inhibitionのパスウェイが活性化していた。一方CAM群では、Retrograde neurotrophin signalling、Axonal growth また signal Transductionでは特にERK/MAPKのシグナル伝達カスケードの活性化を認めた。

## 【考察】

ACLT群の脊髄神経ではアポトーシスを惹起するパスウェイが活性するが、CAM群では、神経可塑性にかかわる因子が活性化した。特にCAM群では、ERK/MAPKの活性化されたが、このシグナル伝達カスケードは、神経細胞においては、分化や生存、シナプス可塑性、脳では記憶学習に関与している。膝関節損傷後の不安定が損傷後の炎症や関節不安定性後の炎症が慢性化し、脊髄神経へ影響を与えている可能性がある。膝関節不安定性により、脊髄神経におけるアポトーシスを誘導する経路が活性化することから、膝関節機能の回復に影響を与えていることも示唆された。

## 【結語】

靭帯損傷による膝関節が不安定化すると、正常な関節運動から逸脱し、関節組織に対するメカニカルストレスの変化から、脊髄神経に影響を与える事が示唆された。関節運動と中枢神経の連関を考慮した理学療法の視点が必要である。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は所属大学動物実験倫理委員会(承認番号: 30-4号)の承認を得て実施した。

P-3-2-1

ポスター発表3

## 立ち上がり動作の殿部離床相における体幹と骨盤に關与する運動の検討

○井上 直人<sup>1,2)</sup>, 井尻 朋人<sup>1)</sup>, 鈴木 俊明<sup>2)</sup>

- 1) 医療法人寿山会 法人リハビリテーション部
- 2) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

## 【目的】

立ち上がり動作では屈曲相に着目されることが多いが、殿部離床相が円滑でない症例を経験することがある。そこで、殿部離床相における体幹と骨盤に關与する運動について検討した。この分析により、動作分析による評価の幅が広がることで理学療法に役立つのではないかと考える。

## 【方法】

対象は、健常成人男性15名 (25.6±3.4歳) とした。座位からの立ち上がりを2秒間で実施し、体表面上にマーカーを貼付してビデオカメラで動作を撮影した。また、座面に離殿スイッチを貼付し、坐骨結節下端の位置に合わせた。撮影した動画から、画像解析フリーソフトImageJ (アメリカ国立衛生研究所製) を用いて、体幹、頸椎、胸椎、胸腰椎移行部、腰椎、骨盤、股関節、膝関節、下腿傾斜の合計9つの角度を算出した。なお、体幹と骨盤の2つは空間的な角度を算出した。算出した各角度を、殿部離床相の位相ごとに分析し、離殿スイッチが離れた時点から体幹前傾最大時点までを殿部離床相初期、体幹前傾最大時点から体幹後傾開始時点までを殿部離床相後期とした。なお、体幹後傾開始時点は、体幹前傾最大時点から体幹が1° 後傾した時点とした。

## 【結果】

殿部離床相初期では、全例で体幹前傾、骨盤前傾、膝関節伸展、下腿前傾の運動が生じていた。体幹前傾するときに胸腰椎移行部屈曲は12例、股関節屈曲は10例で生じており、両方の運動が生じる例も存在していた。また、骨盤前傾するときに股関節屈曲は10例、腰椎伸展は6例で生じていた。殿部離床相後期では、全例で体幹後傾が生じていたが、多くで骨盤前傾 (14例) が生じていた。体幹後傾するときに股関節伸展は全例で生じており、胸腰椎移行部伸展は11例で生じていた。また、骨盤前傾するときに8例は腰椎伸展も股関節屈曲も生じていなかった。空間的な骨盤前傾に關与する膝関節伸展は全例で生じており、多くで下腿前傾 (12例) が生じていた。

## 【考察】

殿部離床相初期に胸腰椎移行部屈曲する例が股関節屈曲する例よりも多かったことから、体幹前傾には股関節屈曲よりも胸腰椎移行部屈曲の關与が大きいことが考えられる。また、骨盤前傾には腰椎伸展よりも股関節屈曲の關与が大きいことが考えられる。さらに、殿部離床相後期における体幹後傾には胸腰椎移行部伸展よりも股関節伸展の關与が大きいことが考えられる。そして、殿部離床相を通して骨盤前傾するときに股関節屈曲も腰椎伸展も生じていない例が存在していたことから、膝関節伸展、下腿前傾により空間的な骨盤前傾が生じていることが考えられる。

## 【結語】

殿部離床相における体幹と骨盤に關与する運動について検討した。胸腰椎移行部や股関節の運動のみでなく、他関節にも着目する必要があることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、対象者に説明と同意を得て実施した。また、発表者が所属する施設の研究倫理審査委員会 (承認番号: 21-21) の承認を得て実施した。

## P-3-2-2

## ポスター発表3

## 過度な体幹前傾を伴う起立動作の伸展型腰痛症における特徴

○岩垣 理紗子<sup>1)</sup>, 宮本 波瑠<sup>2)</sup>, 村井 琢磨<sup>2)</sup>, 阿南 雅也<sup>1, 2)</sup>

- 1) 大分大学 福祉健康科学研究科健康医科学コース  
2) 大分大学 福祉健康科学部理学療法コース

## 【目的】

原因が明確でない、かつ発症から3ヶ月以上持続する非特異的慢性腰痛(以下、NSCLBP)は、あらゆる要因が複合的に関連して発症する。O'Sullivan(2005)は腰痛者を症状、身体構造によって屈曲型(以下、FP)と伸展型(以下、AEP)に分類した。この分類に基づいて、座位姿勢や基本的動作を比較した研究では、腰椎はFPで屈曲傾向、AEPで伸展傾向にあったと報告しており、静的姿勢だけでなく、動的姿勢においても腰痛者を分類した上で検討する必要がある。腰痛者は起立動作が困難になることが多いという報告もあり、腰痛者の起立動作について調べることは重要である。起立動作は動作開始時に体幹前傾運動を生じるが、高齢者では若年者と比較して体幹を過前傾させて起立する動作戦略を用いるとされている。これらより、AEPに着目し、体幹の過前傾を促した起立動作での腰部への影響について検討した研究はほとんどない。そこで本研究は、AEPにおける体幹の過前傾を促した起立動作の腰部への影響との関連性を明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

対象は、腰椎が過伸展位、疼痛が腰椎伸展位で誘発、屈曲位で減少する者(AEP群)3人と健康成人(健康群)4人とし、赤外線カメラ(Vicon社)および床反力計(AMTI社)を含む三次元動作解析システムを用いて、通常の起立動作(条件N)、体幹過前傾を促す起立動作(条件E)をランダムに3回ずつ実施した。本研究で用いたマーカーセットは、脊柱を詳細に計測するため、先行研究を参考にして、T1、T6、L1、L3、L5にマーカーを貼付し、上位胸椎(T1~T6)、下位胸椎(T6~T12)、上位腰椎(L1~L3)、下位腰椎(L3~L5)のそれぞれのセグメント角度を算出した。体幹前傾の指標として、胸郭前後傾角度を算出した。

## 【結果】

胸郭前後傾角度は、各群で条件間では有意差が認められた( $p < 0.05$ )。一方、両条件とも群間の有意差が認められなかった。一連の起立動作中の平均角度では、条件Nで上位下位腰椎角度のみ有意差がみられた( $p < 0.05$ )。また、体幹最大前傾時においては、条件Nでは上位下位腰椎角度、条件Eでは下位胸椎上位腰椎角度で有意差が認められ、どちらもAEP群の方が伸展位であった( $p < 0.05$ )。

## 【考察】

AEP群では起立動作中の体幹前傾においても脊柱伸展位が持続された。しかし、通常の起立動作と体幹過前傾を促した起立動作では、その影響が反映される部位が異なると考えられる。過前傾では腰椎だけでなく、胸椎までより屈曲させる必要がある。しかし、AEP群では過前傾を促すことで腰椎屈曲が少ない起立動作となっていた。このことは、腰痛者の特徴である脊柱の柔軟性が低下していることにより、健康群に比べて腰椎が屈曲しなかったと示唆される。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は発表者が所属する施設の倫理委員会(承認番号:F200027)において承認を得て、対象者の同意を得た上で実施した。

## P-3-2-3

## ポスター発表3

## 着座動作における体幹、骨盤、股関節のアライメント変化について

○香味 大樹<sup>1)</sup>, 池田 匠<sup>1)</sup>, 石濱 崇史<sup>2)</sup>, 末廣 健児<sup>2)</sup>, 鈴木 俊明<sup>3)</sup>

- 1) 医療法人社団石鎚会京都田辺記念病院 リハビリテーション部  
2) 医療法人社団石鎚会 法人本部  
3) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

## 【目的】

着座とは、立位から後方にある座面へ向かって臀部を下降させ、着床に至るまでの動作である。動作中、後方への安定性を確保するために、足関節背屈や体幹前傾といった姿勢変化が生じるとした先行研究は多数見受けられる。これらの報告では、体幹前傾の解釈に肩峰と股関節を結ぶ線の傾きを体幹前傾角度変化として検討したものが多く、一方で体幹前傾を構成する胸椎、腰椎、骨盤、股関節のアライメント変化について個別に分析した報告は散見される程度である。本研究では着座動作における体幹前傾と、胸椎、腰椎、骨盤、股関節のアライメント変化がどのように関係して生じているかについて検討することとした。

## 【方法】

対象は、健康成人男性10名(年齢 $25.8 \pm 2.3$ 歳)とした。被検者には終了肢位が股関節屈曲90度、足関節背屈10度の座位姿勢となるよう座面の高さを設定し、静止立位姿勢から2秒間で着座動作をおこなわせた。課題試行中、肩峰、第1・6・12胸椎棘突起、第1・3・5腰椎棘突起、上前腸骨棘、上後腸骨棘、大腿骨大転子、大腿骨外側上顆にマーカーを貼付して、課題試行中における矢状面上の姿勢変化をビデオカメラにて記録した。ビデオ映像より、動作開始時を0%時点、座面に臀部が着床した時点を100%時点と設定し、その間を20%ごとに分割した。各時点でのマーカー位置を確認し、フリーソフトimageJを用いて体幹前傾角度、胸椎屈曲角度、腰椎屈曲角度、骨盤前傾角度、股関節屈曲角度を分析した。統計学的処理として、Tukey testを用い多重比較検定を実施し、開始肢位を含む各時点間の角度変化を比較した。有意水準は5%とした。

## 【結果】

体幹前傾角度は、開始肢位から漸増し40%時点以降で増大を認めた。胸椎屈曲角度は、開始肢位から漸減し60%時点以降で減少を認めた。腰椎屈曲角度は、開始肢位から漸増し60%時点以降で増大を認めた。骨盤前傾角度と股関節屈曲角度は、開始肢位から20%時点までは角度変化を認めず40%時点以降で増大を認めた。

## 【考察】

本課題の40%時点以降で体幹前傾角度は増大するが、胸椎屈曲角度は減少を認めたことから、着座動作における体幹前傾に胸椎は積極的に関与しない可能性を考えた。また、腰椎屈曲角度および骨盤前傾角度の増大傾向の違いから、体幹前傾には20%時点までは腰椎屈曲角度の増大が、40%時点以降では腰椎屈曲角度と骨盤前傾角度の増大が関与したと考えた。

## 【結語】

着座動作における体幹前傾は、腰椎屈曲運動より開始され、その後は腰椎屈曲運動と骨盤前傾によって構成されると考えられた。本結果より、臨床場面において着座動作をおこなう場合、特に動作開始時の腰椎屈曲運動に着目して誘導することが有用であると示唆される。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭で説明と書面にて同意を得て実施した。

## P-3-2-4

## ポスター発表3

## 着座動作における動作開始時の肢位変化について

山本 悠介<sup>1,2)</sup>, 小島 佑太<sup>1,2)</sup>, ○鈴木 俊明<sup>1)</sup>

- 1) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科  
2) 六地蔵総合病院 リハビリテーション科

## 【目的】

臨床場面において開始立位や着座動作開始直後の肢位変化によって、着座動作における関節運動のパターンが異なることを多く経験する。本研究では健常者の着座動作の動作開始前や直後の体幹、下肢の肢位変化に着目し、運動学的検討をおこなった。

## 【方法】

対象は健常成人男性10名(平均173.7cm±6.5)とした。測定課題は10秒間立位を保持した後に任意の速度でおこなう着座動作とした。着座動作における肢位変化を確認するために、対象者の側方から一眼レフカメラで動画を撮影した。着座動作の動作開始時点はいずれかの関節運動が1°以上生じた時点とした。着座動作における開始立位からの肢位変化を確認するために、撮影した動画を開始立位から体幹最大前傾時点(以下、100%)までの20%毎に分割した。対象者の体幹、下肢のマーカーに対して動作分析ソフトKinoveaを使用して、開始立位から100%までの20%毎の各部位の角度変化を分析した。統計学的処理は正規性が棄却されたため、Friedman検定を実施し、Bonferroni法を用いて各時間での多重比較検定を実施した。なお有意水準は5%未満とした。

## 【結果】

開始立位と比較して20%・40%・60%・80%・100%では体幹前傾角度が有意に増大、開始立位と比較して40%・60%・80%・100%では頭蓋脊椎角度、腰椎屈曲角度、股関節屈曲角度、膝関節屈曲角度が有意に増大、開始立位と比較して60%・80%・100%で骨盤前傾角度が有意に増大、開始立位と比較して80%・100%で下腿前傾角度が有意に増大を認めた。

## 【考察】

本研究における着座動作では、着座動作の20%時点で体幹前傾角度の増大を認め、腰椎部や股関節の屈曲に伴い体幹前傾が生じていた。40%以降では体幹前傾角度の増大に加えて、腰椎部、股関節の屈曲に伴う骨盤前傾角度の増大を認め、頭部と体幹の前方への移動が生じたと考える。同時に40%で膝関節屈曲に伴う大腿後傾に対して股関節屈曲を認めた。さらに80%以降では下腿前傾を認めた。

## 【結語】

着座動作の開始時には体幹前傾が生じたのちに膝関節屈曲が生じる傾向を認めた。その際の体幹前傾の要素としては腰椎もしくは股関節の屈曲が考えられる。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は発表者が所属する施設の研究倫理審査委員会の承認を得て実施した。

## P-3-2-5

## ポスター発表3

## 咬合強度・左右の咬合圧バランスが着地動作に及ぼす影響

○阿部 明日香<sup>1)</sup>, 平林 怜<sup>1,2)</sup>, 岡田 芳幸<sup>3)</sup>,  
山田 勇輝<sup>2)</sup>, 中島 早紀<sup>1)</sup>, 大河内 偉琉<sup>1)</sup>,  
横田 裕丈<sup>1,2)</sup>, 関根 千恵<sup>1,2)</sup>, 江玉 睦明<sup>1,2)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部理学療法学科  
2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所  
3) 広島大学大学院医歯薬保健学研究院 口腔健康発育歯科障害者歯科学

## 【目的】

咬合は、咬合圧の刺激による歯根膜受容体からの三叉神経入力や、咀嚼筋による筋紡錘からの求心性インパルスが、青斑核や脊髄前角細胞を活性化させ、遠隔促進効果が認められている。また、遠隔促進効果は、咬合強度や左右咬合圧バランスによって求心性入力の変調が報告されている。そこで、我々は左右の咬合圧バランスと着地時の左右の下肢の筋活動に着目して、本研究の目的は、咬合圧バランスの影響が着地動作のパフォーマンスに及ぼす影響を明らかにすることとした。

## 【方法】

対象は健常成人で正常咬合者20名とした。実験デザインは、3つの咬合条件で30cm台からの両脚着地を実施した。筋電図電極は、両側の咬筋(MM)、外側広筋(VL)、大腿二頭筋(BF)、前脛骨筋(TA)、内側腓腹筋(MG)に貼付した。咬合圧の評価はデンタルプレスケールIIを用いて、左右の咬合圧を算出し、咬合圧の高い側をHyper側、低い側をHypo側とした。咬合条件は、歯列の接触がない条件(no-bite条件)、対象者が適度な強度で咬合してもらう条件(moderate条件)、最大努力での咬合条件(max条件)の3条件とした。30cm台からの両脚着地は、各条件を3回ずつ実施した。解析は、着地から100ms前の区間(pre)、着地後20msから100ms後の区間(post)の各筋の筋活動を解析した。

## 【結果】

moderate条件は、preのMMとVLとBF、postのVLとBFにおいて、Hyper側がHypo側と比較して筋活動が有意に高値を示した( $p < 0.05$ )。Max条件は、preのTAとVLとBF、postのMGとVLにおいて、Hyper側がHypo側と比較して筋活動が有意に高値を示した( $p < 0.05$ )。no-bite条件は有意差を認めなかった。

## 【考察】

本研究の結果より、preはMMがHyper側で筋活動が高く、左右の咬合圧バランスと同様にMMの筋活動でも不均衡が認められた。また、pre、postの下肢筋の筋活動にも不均衡が認められ、左右の咬合圧バランスによる遠隔効果の不均衡が影響している可能性が示唆された。今後、左右の咬合圧バランスの補正が運動機能の向上、傷害予防の一助となると考える。

## 【結語】

本研究は、左右の咬合圧バランスによって、着地時の左右の下肢筋の活動に不均衡が生じることを認めた。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に基づいたものであり、本学の倫理委員会の承認(承認番号:18618-210528)を得て実施した。また、対象者には実験内容及び対象者の権利についての説明を書面および口頭で十分に行い、実験参加への同意を得た上で実験を実施した。

## P-3-2-6

## ポスター発表3

## 食品の摂取頻度と咀嚼筋の構造の関係について

○石倉 英樹, 大塚 彰

広島都市学園大学 健康科学部リハビリテーション学科理学療法専攻

## 【目的】

我が国において、現代の若年層における食習慣は、栄養バランスの偏り、偏食、欠食などの問題が挙げられており、食習慣の不良と健康問題の関係が指摘されている。食習慣において、食物から必要な栄養素を適切に摂取するためには、咀嚼機能が必要である。特に咬筋は、咀嚼筋の中でもっとも強力な筋であり、様々な形態の食物を噛み砕くのに必要である。そこで本研究の目的は、若年成人における咀嚼筋の構造の基礎的な知見と食習慣の関係性を調査し、健康増進に必要な知見を得ることとした。

## 【方法】

対象は、健常な成人20名とした。対象者は、年齢23.7±4.8歳、身長171.2±8.3cm、体重62.9±9.5kgであった。食習慣の調査は、食品群別食物摂取頻度と食習慣に関する項目をアンケートにて調査した。咀嚼筋の構造は、超音波画像診断装置を用い、咬合時の咬筋の筋活動や構造変化について調査を行った。

## 【結果】

食習慣と咬筋の構造の関係では、食品群別食物摂取頻度と食習慣についての調査において「野菜類」「豆類」を食べる頻度が多い被験者で、咬筋の筋厚に左右差が小さくなる傾向があった。一方で、「イモ類」を食べる頻度が多い被験者で、咬筋の筋厚の左右差が大きくなる傾向があった。また、咬合力や咬筋厚は利き手側の方が有意に大きかった。

## 【考察】

厚生労働省の国民健康栄養調査では、若年層で野菜の摂取量が少ないことが指摘されている。また、大学生を対象に行われた食習慣の調査では、朝食の欠食や食事時間の不規則などが報告されている。本研究の結果では、若年者を対象に食品群別食物摂取頻度と食習慣を調査したところ、先行研究などで報告されているのと同様に、若年の対象者で野菜の摂取量不足などが起こっていた。また、咀嚼機能についての先行研究では、咀嚼動作には習慣性咀嚼側の存在が報告されている。習慣性咀嚼側では、咀嚼頻度の増加や、口腔内のグルコース溶出量が多くなることなどが報告されている。本研究において、咬合力や咬筋厚は、利き手側の方が大きくなっていった。また、筋厚の左右差は、「野菜類」「豆類」といった比較的硬度が高い食品を摂取する頻度が多い被験者で小さくなり、「イモ類」といった比較的硬度が低い食品を摂取する頻度が高い被験者で大きくなっていった。このことから、日々の食習慣によって咀嚼筋の機能に左右差が生じていくことが示唆された。

## 【結語】

本研究は、健常な若年成人を対象に、食習慣と咀嚼筋の構造の関係性について検討を行った。その結果、摂取する食品の中でも、「野菜類」「豆類」などが咀嚼筋の構造に影響を与えることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:2019007)の承認を得て実施した。

## P-3-2-7

## ポスター発表3

## 正常足者と扁平足者におけるランニング時の足関節内がえし/外がえしと膝関節内反/外反の運動連鎖

○平塚 栞<sup>1,2)</sup>, 高林 知也<sup>2)</sup>, 菊元 孝則<sup>2)</sup>, 久保 雅義<sup>2)</sup>1)新潟医療福祉大学大学院 保健学専攻 理学療法学分野  
2)新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

## 【目的】

扁平足は代表的な足部異常アライメントであり、ランニングによる膝関節障害を好発する。その発生機序を解明するため、我々は下肢関節間の運動連鎖に着目し、扁平足者でランニング時の足関節内外がえしと膝関節内外旋の運動連鎖を検証したが、正常足者との違いは認められなかった(第26回日本基礎理学療法学会)。しかし、障害発生には膝関節回旋の動きだけでなく過剰な膝関節外反も関与している。加えて、足関節外がえしの運動は膝関節内旋だけでなく、膝関節外反も運動連鎖として生じるが、扁平足者では明らかになっていない。本研究は、正常足者と扁平足者でのランニング時における前額面上の足・膝関節の運動連鎖の違いを検証した。

## 【方法】

対象は正常足群12名と扁平足群12名とした。Foot Posture Indexを用いて、点数が0~5を正常足、6以上を扁平足とした。Plug-in gait modelに準じ、対象者の骨盤・両下肢に16個の反射マーカーを貼付し、トレッドミル上で12.9km/hでのランニングを行った。Foot Strike Angle (FSA)で足部接地パターンも確認し、立脚期の足関節内外がえし、膝関節内外反角度を計算した。先行研究に準じて相互相関係数が±1.0~0.7を強い、±0.69~0.3を中等度、±0.29~0を弱い運動連鎖とした。相互相関係数、各運動のピーク値・ピークタイミングに対して、2群間の違いを2標本t検定あるいはマンホイットニー検定で統計解析した。

## 【結果】

FSAの結果より、全被験者は後足部接地パターンであった。足関節内外がえしと膝関節内外反の相互相関係数(平均±標準偏差[範囲])は正常足群(-0.09±0.66[-0.89~0.97])で弱い、扁平足群(0.34±0.64[-0.76~0.98])で中等度の運動連鎖を示した。相互相関係数は群間で有意差は認めず(p>0.05)、運動連鎖の強さは各群内でばらつきが大きかった。足・膝関節の関節運動の他の変数は、群間で有意差は認めなかった(p>0.05)。

## 【考察】

正常足群と扁平足群でランニング時の足関節内外がえしと膝関節内外旋の運動連鎖の強さに違いはなく、各群内で相互相関係数にばらつきは小さかったが(第26回日本基礎理学療法学会)、本研究では足関節内外がえしと膝関節内外反は群内でばらつきが大きかった。先行研究において、足関節内外がえしと膝関節内外反の運動連鎖の違いは下肢関節モーメントの大きさが影響していると考察されている。本研究では足部形態を分類した上で連鎖がばらついたため、本研究でも関節モーメントのような他の要因が関与したと考えられる。

## 【結語】

前額面上の足・膝関節の運動連鎖は群内でばらつきが大きかったため、その要因を解明するために今後は足部形態以外の要因を検証する必要がある。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は所属機関の倫理審査委員会の承認を受けており(No.17984-180516)、実験開始前に対象者に本研究内容を十分に説明し、書面で同意を得た上で行われた。

## P-3-2-8

## ポスター発表3

## 硬素材インソールが走動作に及ぼす影響の探索

○野木 康陽, 舩越 逸生, 伊藤 貴紀, 平川 颯,  
国分 貴徳

埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究所

## 【目的】

近年、健康維持・増進を目的としたランナー向けのスポーツ用品開発が行われており、インソールなども様々な素材が用いられている。中でも硬素材などの剛性の高い素材を使用したインソールは走動作時において足関節や中手指節関節(MP関節)へ運動学・運動力学的影響を与えるとされている。しかし、インソールに関する研究において運動学、筋電図学的解析やインソール自体の曲がり変化を総合的に捉えているものは少ない。そこで本研究では、硬素材インソールが走動作時における身体運動、筋活動に与える影響について実験的に検証した。

## 【方法】

対象は健康若年成人2名(被験者A、被験者B)とした。測定には2種のインソール(通常素材(以下SIN)・硬素材(以下HIS))、三次元動作解析装置、表面筋電図計、床反力計付トレッドミル、フレックスセンサ(以下FS)を使用した。トレッドミル上を走行し、右大腿と下腿の計7ヶ所の筋活動を計測した。インソールの曲がり変化は、MP関節あたりの前足部と足底腱膜あたりの中足部に斜め方向に2本設置し、NI DAQを用いてFSデータを取得した。計測はプログラミングを用いて制御した。2種類のインソールを着用した状態でトレッドミル上を速度3m/sで走行し、20歩行周期分の走動作を計測した。解析には各歩行周期の平均歩幅、下肢関節運動、床反力、筋活動、FSデータを用いた。

## 【結果】

被験者A、Bは両者とも、SINと比較してHIN着用時の方が、離床時において股・膝関節伸展角度、足関節底屈角度、床反力鉛直・推進成分がわずかに減少した。また歩幅は両者ともHIN着用時に拡大した。加えて、前足部FSは立脚期においてSINより形状が変化していたが、中足部FSは歩行周期全体でSINと比較して明らかに曲がり変化が減少した。筋活動はインソールによる特徴的变化はなかった。

## 【考察】

HIN着用時の走行において床反力鉛直・推進成分が減少した。これはソールの曲げ剛性と推進力の力積には負の相関があるという報告と類似する結果であった。しかし、HIN着用時の歩幅はSINと比較して両被験者において拡大しており、離床時における下肢の各関節角度の減少が見られた。また、筋活動に大きな変化がないことから、HINはSIH着用時と同じエネルギーコストで運動効率の良い走動作を実行していたことが考えられる。これはFSデータより、HINは走行中の足部構造をサポートすると共にMP関節運動を補助することによって、立脚後期における足部の剛性を高め、安定性を向上させることにより、中樞から末梢にかけての力の伝達を行いやすくする可能性が示唆された。

## 【結語】

本研究結果から走行時におけるHINの着用は、足部の構造的安定性を確保し、前足部における関節運動を補助することにより、走行の運動効率を向上させることが考えられた。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は埼玉県立大学倫理委員会(承認番号:21060)の承認を得て実施した。

## P-3-2-9

## ポスター発表3

## 慢性足関節不安定症を有する者とcoperにおけるランニング立脚期の後足部と中足部間、中足部と前足部間の協調性の違い

○渡邊 貴博<sup>1,2)</sup>, 高林 知也<sup>2)</sup>, 渡部 貴也<sup>3)</sup>,  
菊元 孝則<sup>2)</sup>, 菊地 雄大<sup>1,2)</sup>, 久保 雅義<sup>2)</sup>

1) 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所

2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

3) 金沢大学附属病院 リハビリテーション科

## 【目的】

初回の足関節内反捻挫後は、再発する慢性足関節不安定症(CAI)か、再発しないcoperに移行する。なぜcoperが再捻挫しないかを解明するために、先行研究では、CAI群とcoper群の後足部の動きに着目し、後足部内がえし増加が再捻挫しない要因の1つであると報告している。後足部は中足部と前足部と連結しているため、後足部の異常運動は運動連鎖により、遠位関節に影響を与える。また、各関節周囲の軟部組織の負荷を検討するためには、関節運動の振幅を評価する必要がある。Coper群は、再捻挫のリスクを上げない運動戦略を採用している可能性がある。本研究では、初回捻挫者の予後の決定要因を明らかにする目的で、ランニング時のcoper群とCAI群における後・中・前足部間の運動連鎖と振幅を同時に分析する協調性を評価した。

## 【方法】

対象は先行研究に基づき、健康群9名、coper群12名、CAI群12名を選出した。Rizzoli Foot Modelに準じ、対象者に反射マーカーを貼付した。課題は後足部接地ランニングとし、接地パターンはFoot Strike Angle (FSA)にて確認した。反射マーカー位置から後・中・前足部の角度を算出した。協調性の指標であるcoupling angleを、後・中足部間、中・前足部間で算出し、4つの協調性に分類した。この分類では、2つの関節運動のうち、振幅がより大きい方を「優位」としている。立脚期を初期、中期、後期に分け、3群間の協調性の割合を各期でOne-way ANOVAにて比較し、多重比較法でTukey法を用いた。有意水準は5%とし、R studioにて統計解析を実施した。

## 【結果】

FSAの結果、全対象者は後足部接地であった。後・中足部間の前額面ベアでは、coper群はCAI群と比較して、立脚後期に同位相(後足部内がえしと中足部内がえし)で後足部優位の割合が有意に減少し(p<0.05)、同位相(後足部内がえしと中足部内がえし)で中足部優位の割合が有意に増加した(p<0.05)。中・前足部間の前額面ベアでは、coper群はCAI群と比較して、立脚初期に逆位相(中足部外がえしと前足部内がえし)で前足部優位の割合が有意に減少した(p<0.05)。

## 【考察】

本研究結果から、協調性はcoper群の運動戦略を評価できる可能性がある。Coper群は、後足部内がえしの振幅を減少、中足部内がえしの振幅を増加させることで、後足部外側の軟部組織に負荷をかけない協調性を呈していた可能性がある。さらに立脚初期では、前足部内がえしの振幅を減少させることで、足圧中心を内側に維持できる可能性がある。したがって、coper群はランニング時の足部内協調性を変化させることで、再捻挫を予防している可能性がある。

## 【結論】

本研究は、初回捻挫者がcoperに移行する機序を理解するための基礎的知見になり得る。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は所属機関の倫理審査委員会の承認を受けて実施された。また、実験開始前に対象者に本研究内容を書面にて説明し、同意を得た上で行われた。

## P-3-2-10

## ポスター発表3

## 足関節不安定性の測定の定量化と再現性に関する運動学的解析

○宮澤 幸児<sup>1, 2)</sup>, 畠中 泰彦<sup>2)</sup>1) 理学・作業名古屋専門学校 理学療法学科  
2) 鈴鹿医療科学大学大学院 医療科学研究科医療科学専攻

【目的】前距腓靭帯(ATFL)損傷等による足関節不安定性は、臨床でも多く見られる。前十字靭帯損傷による膝関節前方不安定性の測定には、KT-1000等が用いられ、定量化されている。KT-1000は簡便かつ感度の高い測定方法として用いられている。ATFL損傷の場合、距骨下関節軸が機能軸であるため、再現性の高い測定には設定の工夫が必要になる。本研究では、足関節不安定性の測定の定量化を目的に測定機器を開発し、再現性を検証し、さらにATFL損傷による足関節不安定性の定量化を試みた。

【方法】被験者の肢位は仰臥位とし脱力させた。内反ストレステストは、距骨下関節軸周りに加えた負荷トルク、および変位(角度)の関係から評価することができる。本研究では再現性良く負荷トルクを加えるため、測定装置を自作した。距骨下関節軸の同定はKirbyの方法を参考にした。踵骨後面、踵骨隆起より2.5cm下方の水平線上、踵骨外側縁と踵骨内側縁の midpoint と踵骨外側縁を結ぶ線を上辺とし、踵骨中央線と水平線の交点から底面までを内側辺とする四角形の対角線の交点を距骨下関節軸の後点とした。距骨頭部を2等分し中点を距骨下関節軸の前点とした。測定装置の前方、および後方継手の2点を結ぶ軸と被験者の距骨下関節軸が一致するよう被験者の足部の位置を調節し測定装置に固定した。

負荷トルクは徒手で加え、力センサー(ミュータスF1; アニマ)を用いて測定した。負荷を加え最大内反位の角度と力を測定した。力センサーは移動軸上、軸心から12cmの距離にて130Nの力を移動軸に対して垂直に、内反方向へ加えた。

実験1; 再現性の検証には、級内相関係数ICC(1,10)を用いた。対象は健常男性10例(10肢)とした。

実験2: ATFL損傷による足関節不安定性の比較には、ATFL損傷者男性20例(40肢)を対象とした。

統計には一標本t検定を用い、有意水準を5%未満とした。

【結果】実験1: ICC(1,10)は0.71であった。

実験2: 130Nmの負荷トルクに対し、患側の最大内反角度は健側と比較し、高値を示した(p<0.05)。

【考察】先行知見によると足関節の不安定性は前方不安定性に大きく反映されるといわれている。しかし、足関節捻挫の受傷は内反によるものが多い。また、ATFLの機能は内反の制御にも重要な役割を持つ。したがって内反への不安定性も無視できない。

【結語】本実験の結果は、十分な再現性を有し、臨床症状を反映していることが示唆された。今後、ATFL損傷者の競技復帰に向けた筋力、運動能力と合わせた評価に利用が可能と考えた。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: R4-483)の承認を得て実施した。実験に先立ち、対象者に口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。

## P-3-2-11

## ポスター発表3

## 足角の変更は片脚立位における足底面内の足圧中心位置に影響を与えません

○羽場 俊広, 岩月 宏泰

青森県立保健大学 理学療法学科

## 【目的】

変形性膝関節症患者は歩行時に膝関節の負荷を減少させるべく様々な歩容修正戦略(gait modification strategy)を用いている。特に、足角(足の長軸と歩行時の進行方向のなす角度)の増加によるToe-out歩行は足圧中心(COP)を外側に移動することで膝関節の負荷を減少する方法として理解されている。しかし、膝関節の負荷を減少させる効果は研究により異なり一致した見解が得られていない。また、COPに関する多くの研究では動揺性や位置の偏りを評価項目としており、COPの変位に着目した研究は少ない。本研究の目的は、足角とCOP位置の関連性を明らかにすることであり、異なる足角が片脚立位時のCOP位置に及ぼす影響を調査した。

## 【方法】

対象は健常成人男性9名(年齢20.1±0.3歳)とした。足角0°をToe-in(I条件)、10°をNeutral(N条件)、20°をToe-out(O条件)とし、各条件で骨盤を水平に保持した片脚立位を2回ずつ行った。3次元動作解析装置を用いて身体の20カ所に貼付したマーカーから運動学データを取得し、踵骨隆起と第2中足骨を結ぶ線を足の長軸として規定した。片脚立位への移行期を除く安定した3秒間を解析対象とし、COPの位置座標(足関節中心を原点とした内外側方向の座標、内側を-, 外側を+と規定)、アーチ高(足長を用いて正規化した値)および内部足関節外反モーメントを計測した。COPは床反力計を用いて計測し、位置座標としてグローバル座標系に対するCOPの位置(G-COP)と足の長軸方向に対するCOPの位置(F-COP)をそれぞれ算出した。統計解析では足角を要因とした3条件の比較について反復測定の一元配置分散分析と多重比較を行い、有意水準は5%とした。

## 【結果】

I条件、N条件、O条件の順で結果を記載する。G-COP(mm)は-7.5±1.6, 3.8±1.2, 11.4±2.0でありすべての条件で差を認められたが、F-COP(mm)は-4.9±1.4, -3.2±1.2, -3.6±1.6であり条件間の差を認めなかった。また、アーチ高(%)は29.1±0.5, 29.2±0.5, 29.1±0.6、足関節外反モーメント(N・m/kg)は65.8±19.0, 50.0±14.0, 63.0±14.0であり、両項目で条件間の差を認めなかった。

## 【考察】

グローバル座標系においてCOP位置が変化したにも関わらず、足角の変化は足底面内のCOPの位置に影響を及ぼさなかった。COPの変位には足関節周囲筋の筋活動による足関節の内反や外反の運動が必要と報告されている。本研究ではアーチ高および足関節外反モーメントに条件間の差を認めず、足底面内でのCOPの位置に影響を及ぼさなかったと考えられる。

## 【結語】

足角の変化は片脚立位時のCOP位置に影響を及ぼすが、その変化はグローバル座標系における前額面上での変化に限定されることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 21015)の承認を得て実施した。また、対象者には文書及び口頭で本研究の趣旨を説明し、書面にて同意を得た。

## P-3-2-12

## ポスター発表3

## 転倒経験の有無と歩行中の足部角度の関係

○稲井卓真<sup>1)</sup>, 小林吉之<sup>2)</sup>, 二瓶史行<sup>3)</sup>,  
中原謙太郎<sup>3)</sup>, 黄晨暉<sup>3)</sup>, 藤田浩二<sup>4)</sup>,  
山本皓子<sup>4)</sup>

- 1) 産業技術総合研究所 暮らし工学研究グループ
- 2) 産業技術総合研究所 運動機能拡張研究チーム
- 3) 日本電気株式会社 バイオメトリクス研究所
- 4) 東京医科歯科大学 運動器機能形態学講座

## 【目的】

転倒は高齢者の動作能力や生活の質を大幅に低下させる社会問題であるため、転倒を予防するために転倒リスクを日常のかつ継続的に評価することは重要である。これまで多くの研究者は慣性計測装置と呼ばれる簡易センサに着目し、腰背部や胸部などの加速度・角速度の情報から転倒リスクの特徴量を解明してきた。一方、高齢者自ら腰背部や胸部などに慣性計測装置を取り付けることは手間であり、継続的な使用を妨げる要因になりうる。我々は、その要因を排除するために、誰もが日常的に使う靴の「インソール」の中に慣性計測装置を埋め込んだ歩行センシングインソールを開発した。この機器を用いて足部の絶対角度を推定できること、さらに先行研究(Kobayashi et al., 2014)は転倒経験の有無が歩行中の関節角度に影響を与えることを踏まえ、本研究は転倒経験の有無と歩行中の足部角度の関係を明らかにし、転倒リスクの特徴量の特定を試みた。

## 【方法】

本研究の対象者は、中高年女性の転倒経験群18名と非転倒経験群38名とした。実験者は歩行センシングインソール(6軸の加速度・角速度センサ)が内蔵されている指定の靴を各被験者に履かせ、通常速度の10m歩行を4試行実施させた。加速度・角速度データにMadgwickフィルタを適用することで足部の絶対角度を計算した。解析範囲は踵接地から同側の踵接地までとし、1試行の中から左右4歩行周期ずつ抽出し、各被験者で加算平均した。SPM解析を用いて、足部角度を群間で比較した。

## 【結果】

歩行中のy軸周(前額面上の動き)の足部角度に関して、1歩行周期の80-90%のフェーズで有意差がみられ( $p=0.01$ )、非転倒経験群に比べて転倒経験群の足部角度は負の小さい値であった(負:足底が外側を向いた姿勢)。遊脚中期歩行中のx軸・z軸周の足部角度に関して、群間で有意差がみられるタイミングはなかった。

## 【考察】

本研究の主たる知見は、歩行中のy軸周の足部角度に関して、1歩行周期の80-90%のフェーズ(遊脚中期)で有意差がみられ、非転倒経験群に比べて転倒経験群の足部角度が負の小さい値(足底が外側を向いた姿勢)であったことである。先行研究(Kobayashi et al., 2014)は、非転倒経験群に比べて転倒経験群の遊脚期の股関節外転角度が大きかったことを報告しており、遊脚期の股関節外転角度が増加することにより、足底が外側に向いた姿勢になると考えられる。本研究では股関節を含む下肢関節角度をみていないが、「遊脚期の股関節外転角度の変化」が本研究の知見が得られたひとつの原因になりうると思われる。

## 【結語】

非転倒経験者に比べて、転倒経験者の遊脚中期の足部角度は負の小さい値(足底が外側を向いた姿勢)であることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者および共同演者が所属する機関の研究倫理委員会の承認を得て実施した。実験時に書面による説明を行い、同意を得た。

## P-3-2-13

## ポスター発表3

## 筋伸張位におけるレジスタンストレーニングによる介入側と非介入側における筋力増強の関連性の検討

○佐藤成<sup>1,2)</sup>, 吉田麗玖<sup>1)</sup>, 中村雅俊<sup>3)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所
- 2) 松村総合病院 リハビリテーション課
- 3) 西九州大学 リハビリテーション学部

## 【目的】

片側のレジスタンストレーニング(RT)により非介入側で筋力増強が生じるcross-educationと呼ばれる現象がある。システムティックレビューによると、片側のRTによる介入側の筋力増加量が大きいほど、非介入側におけるcross-education効果が大きくなることが報告されている。最近、我々は筋伸張位でのRTにおいてもcross-educationが生じることを報告した(Sato et al. 2021)。しかし、介入側と非介入側における筋力増強の関連性について異なる収縮様式別に検討した報告はない。したがって、本研究の目的は筋伸張位でのRTによる介入側の筋力増加量とcross-educationの関連性を筋収縮様式別に検討することである。

## 【方法】

対象はトレーニング経験のない若年男女14名(年齢:20.9±1.1歳、身長:165.9±9.3cm、体重:59.2±11.2kg)とした。対象者は5週間、週2回の肘屈筋に対する片側のRTを実施した。RTは筋が伸張位である肘関節屈曲0度から50度とした。負荷は肘関節屈曲50度における最大随意等尺性筋力(MVC-ISO)を基準にし、30%から100%MVC-ISOまで漸増的に増加させた。1セッションあたりの回数は計30回(10回\*3セット)とした。RTの効果指標として、肘関節屈曲50°におけるMVC-ISO、60度/秒における肘関節屈曲の最大随意短縮性筋力(MVC-CON)、最大随意伸張性筋力(MVC-ECC)、全てのMVCの平均値(MVCave)を用いた。なお、全ての項目は介入前後に測定し、介入前後の変化率を算出した。統計処理は、介入側と非介入側の筋力変化率の関連性を検討するため、正規分布の項目にはピアソンの積率相関係数、非正規分布の項目にはスピアマンの順位相関係数を用いた。有意水準は5%とした。

## 【結果】

MVC-CONは介入側の変化率と非介入側の変化率との間に有意な正の相関が認められた( $r=0.584$ ,  $p=0.028$ )。一方、MVC-ISO、MVC-ECC、MVCaveは介入側の変化率と非介入側の変化率との間に有意な相関関係は認められなかった( $r=-0.033$ ,  $p=0.916$ ;  $r=0.154$ ,  $p=0.600$ ,  $r=0.335$ ,  $p=0.242$ )。

## 【考察】

先行研究では、片側のRTによる介入側の筋力増加量が大きいほど、非介入側におけるcross-educationが大きくなることが報告されているが、RTで用いるROMや効果指標の筋収縮様式が考慮されていない。本研究結果より、筋伸張位となるROMでのRTによる介入側と非介入側の筋力増強の関連性は効果指標の筋収縮様式によって異なることが示唆された。

## 【結語】

片側の筋伸張位でのRTによる介入側の筋力増強と非介入側のcross-educationとの関連性は筋収縮様式によって異なる可能性が示された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理審査委員会(承認番号:18442)の承認を得て実施した。

## P-3-2-14

## ポスター発表3

## 8週間の高スピード筋力トレーニングは筋質改善に効果的である：ランダム化比較対照試験

○王 紫敏, 谷口 匡史, 佐伯 純弥, 市橋 則明  
京都大学 医学研究科人間健康科学系専攻

## 【目的】

筋質低下は筋量低下よりも早期に生じ、筋量に独立して筋力低下と関係するが、どのようなトレーニング方法が筋質をより効果的に改善させるかは明らかにされていない。本研究では、高スピード・低スピードのトレーニング速度の違いに着目し、8週間の異なるスピードでの筋力トレーニング介入による筋質・筋量・筋機能の改善効果を比較することを目的とした。

## 【方法】

対象者は健康若年女性22名とし、高スピード群11名、低スピード群11名に無作為に分類した。Bモード超音波画像より大腿四頭筋の筋輝度(筋質指標)、筋厚(筋量指標)の計測を行った。筋機能の指標として、最大等尺性膝伸展筋力(膝屈曲60°位)、等速性最大筋力(60°/s, 240°/s)を測定し、240°/sでの等速性筋力発揮時の角速度-時間の傾きからrate of velocity development(RVD)を算出した。筋輝度・筋厚・筋機能の評価は、それぞれトレーニング介入前後に測定した。筋力トレーニング課題として60%1RM負荷にて高スピードまたは低スピードで膝伸展運動を10回×4セット、週3回の頻度で8週間実施した。低スピード群は3秒で膝伸展を行い、高スピード群はできるだけ速く膝伸展するように指示した。異なる筋力トレーニングスピードが筋質・筋量・筋機能に及ぼす影響を検討するために、群間と時期の分割プロット分散分析および事後検定を行った。有意水準を5%とした。

## 【結果】

筋輝度は交互作用および時期の主効果を認め、両群ともに介入後に筋輝度が有意に低下したが、介入後における高スピード群の筋輝度は低スピード群より有意に低値を示した。筋厚は交互作用がなく、時期の主効果のみ認めた。最大等尺性筋力、等速性筋力においては交互作用がなく、時期の主効果を認め、群に関わらず介入後に有意に増加した。RVDは交互作用と時期の主効果を認め、高スピード群のみ介入後に有意な増加を認めた。

## 【考察】

8週間の筋力トレーニングによって筋厚は両群ともに同程度の増加を示した。一方、筋輝度は高スピード群において低スピード群よりも低下、すなわち高スピード筋力トレーニングの方が筋質をより改善させることが示された。

先行研究により、加速度を出す能力を表す指標であるRVDが筋輝度に関連することが報告されている。本研究では、高スピード筋力トレーニング介入により筋質改善効果が高く、その結果RVDが改善された可能性がある。一方、筋力は両群同程度の増加が認められ、スピードに関わらず筋力トレーニング介入により筋力を改善できることが示唆された。

## 【結語】

8週間の異なるスピードによる筋力トレーニング介入の結果、高スピード群において低スピード群よりも筋輝度が改善した。筋質をより効果的に改善させるためには高スピードによる筋力トレーニングが有効であることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の医の倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号：C1532)。

## P-3-2-15

## ポスター発表3

## 子どもの大腿部筋柔軟性が低下する年齢を明らかにするための横断的研究

○吉里 雄伸<sup>1,2)</sup>, 今井 孝樹<sup>1)</sup>, 角園 恵<sup>1)</sup>, 山本 良平<sup>3)</sup>, 山田 一典<sup>4)</sup>

- 1)九州看護福祉大学 看護福祉学部 リハビリテーション学科
- 2)九州工業大学大学院 生命体工学研究科 生命体工学専攻
- 3)熊本保健科学大学 保健科学部 リハビリテーション学科
- 4)東海学園大学 教育学部 教育学科

## 【目的】

Osgood-Schlatter病(以下、OSD)発症の危険因子は、大腿四頭筋(以下、quad)の柔軟性低下とされる。また治療としてquadやハムストリングス(以下：ham)の柔軟性改善が推奨される。これらの筋の柔軟性低下は成長期の骨長と筋長増加の差が要因とされ、成長に伴う柔軟性低下が報告されている。しかしこれらの研究からはquadやhamの柔軟性がどの年齢で低下するのかが明らかではない。これが明らかになれば、柔軟性低下に伴うOSD発症の予防に有益な情報となる。本研究の目的は、子どもの柔軟性がどの年齢で低下するかを明らかにすることである。

## 【方法】

対象は4-15歳の男児111名・女児131名、平均年齢10.4±3.0歳であった。quadとhamの柔軟性はEly-testとStraight Leg Raising Test(以下、SLR-T)を用い、左右一度ずつ評価を行った。Ely testは膝を屈曲させ、最終屈曲域前に骨盤が動くものを陽性とし、最終域での下腿の角度を記録した。SLR-Tも下肢の最終挙上角度を記録した。Ely-testは左右片側でも陽性であれば陽性者とし、Ely-testとSLR-Tの角度データは左右平均を個人の代表値とした。統計解析は男女別に行い、2歳ずつ6つの群を作成し、角度データは正規性を確認後にKruskal-Wallis testを用い、Ely-testの陽性率はFisher's exact testを用いて群間の比較を行った。事後検定にはBonferroni法を用いた。解析はR software version 4.0.3を使用し、有意水準は5%とした。

## 【結果】

Ely-testの角度は、男児では8-9と10-11歳より12-13歳で低値となり(全てp<0.05)、女児では12-13歳より14-15歳で低値となった(p=0.03)。Ely-testの陽性率は、男児では8-9歳より10-11歳で高く(p=0.04)、12-13と14-15歳は4-5から8-9歳より高かった(全てp<0.01)。女児では6-7と8-9歳より12-13歳で高く(全てp<0.05)、14-15歳は他の年齢帯より高かった(全てp<0.05)。SLR-Tの角度は、男児・女児ともに8-9歳を境に低値となったが(全てp<0.05)、女児では8-9歳より12-13歳で高値となった(p<0.01)。

## 【考察】

柔軟性が低下する年齢は、hamでは男女とも8-9歳、quadでは男児10-11歳、女児12-13歳であった。成長スパートの時期は、開始が男児9歳・女児7歳、ピークが男児11歳・女児10歳とされ、男児ではこの時期に一致する。女児のhamではこの時期に一致するが、quadの柔軟性低下の時期は一致しない。女児の12-15歳は思春期から思春期後にあたり、quadの柔軟性低下は身長増加より二次性徴の成熟の影響を受けている可能性が示唆される。

## 【結語】

柔軟性が低下する年齢は、hamでは男女ともに8-9歳、quadでは男児10-11歳、女児12-13歳であった。したがってOSD発症の予防的介入はそれ以前が望ましいと考えられた。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

研究内容及びリスクを本人・保護者に文章で説明し、保護者の署名を得た。倫理審査は、発表者が所属する2施設において承認を得た(承認番号02-018, 21-06)。

## P-3-2-16

## ポスター発表3

## 遅発性筋痛に対する振動付きフォームローラー介入のcross-education効果の検討

○中村 雅俊<sup>1)</sup>, 吉田 麗玖<sup>2)</sup>, 笠原 一希<sup>2)</sup>,  
村上 優太<sup>2)</sup>, 佐藤 成<sup>2,3)</sup>, KONRAD ANDREAS<sup>4)</sup>

- 1) 西九州大学 リハビリテーション学部リハビリテーション学科
- 2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所
- 3) 公益財団法人磐城済世会 松村総合病院 リハビリテーション科
- 4) University of Graz Institute of Human Movement Science, Sport and Health

【目的】遅発性筋痛(いわゆる, 筋肉痛)は不慣れな運動, 特に伸張性収縮を含む運動を行った後に生じる, 筋の痛みや筋力・関節可動域(ROM)の減少などの運動機能の低下が挙げられる。我々は遅発性筋痛が最も大きく生じる伸張性収縮運動2日後に振動刺激の効果が付加される振動付きフォームローラーを行うことで痛みの軽減, 筋力・ROMの改善効果があることを報告した(Kasahara et al. 2020; Nakamura et al. 2022)。しかし, 遅発性筋痛のある筋に対する介入は大きな痛みを伴うため, 対象者の心身への負担も大きいという問題がある。そこで我々は, cross-education効果と呼ばれる介入を行っている介入側だけではなく, 非介入側にも同様の効果を生じさせる現象に着目し(Nakamura et al. 2021), 遅発性筋痛のある筋に対する振動付きフォームローラーの介入効果を検討することを目的とした。

【方法】対象は健康若年男性14名とし, 利き足側の膝関節伸張筋群とした。測定項目は利き足膝関節屈曲ROM, 最大等尺性膝関節伸張筋力(MVC-ISO)および最大短縮性膝関節伸張筋力(MVC-CON), 圧痛とした。多用途筋機能評価装置(BIODEX system 3.0: BIODEX社)を使用してMVC-ISOは膝関節屈曲70°, MVC-CONは角速度60°/秒で測定した。圧痛は大腿四頭筋を9か所圧迫した際の痛みの程度をVisual Analogue Scaleを用いて評価し, 平均値を解析に用いた。上記の項目を評価したのち, 遅発性筋痛を惹起させるために膝関節最大伸張性運動を計60回行った。遅発性筋痛における疼痛がピークとされている伸張性運動の48時間後に前述の項目を測定し, 振動付きフォームローラー介入後にも同様の測定を行った。その後, 振動付きフォームローラー(35Hz)を非利き足側(非損傷側)に30秒×3回実施し, 介入後の評価を実施した。統計処理として, 各指標の値の比較はBonferroni法を用いた多重比較検定を行った。なお, 有意水準は5%未満とした。

【結果】本研究の結果, 遅発性筋痛により生じたROM減少や筋痛は有意に改善したが( $p<0.05$ ), MVC-ISO ( $p=1.00$ )およびMVC-CON ( $p=0.225$ )には有意な変化は認められなかった。

【考察】本研究の結果, 遅発性筋痛が生じていない反対側の筋に対する振動付きフォームローラー介入は痛みやROMの改善には有効であるが, 筋力の改善効果はないことが明らかとなった。この結果は, 疼痛により痛みが生じている側に直接, 介入できない場合においても痛みのない反対側に振動付きフォームローラーを導入することで痛みの緩和などを生じさせることが可能であることを示している。

【結語】遅発性筋痛が生じてない側に対する振動付きフォームローラー介入は痛みやROM改善に有効である。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は本学の倫理審査委員会の承認を受けて実施された。また, 実験開始前に対象者に本研究内容を口頭と書面にて十分に説明し, 同意を得た上で行われた。

## P-3-2-17

## ポスター発表3

## スタティックストレッチングが関節位置覚に与える効果の検討

○村上 優太<sup>1)</sup>, 吉田 麗玖<sup>1)</sup>, 笠原 一希<sup>1)</sup>,  
佐藤 成<sup>1,2)</sup>, 久保 雅義<sup>1)</sup>, 中村 雅俊<sup>3)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所
- 2) 公益財団法人磐城済世会 松村総合病院 リハビリテーション科
- 3) 西九州大学 リハビリテーション学部リハビリテーション学科

【目的】スタティックストレッチング(SS)は, 臨床現場やスポーツ現場で多く実施されており, 関節可動域(ROM)の増加が期待される。SS後のROM増加には, 伸張に対する痛みや不快感への耐性に代表される感覚の変化が関与すると報告されている。さらに, 最近のメタアナリシスにおいてSSにおけるROM増加は, 対象筋だけでなく反対側における同名筋(Cross-education effect)・同側非対象筋(non-local effect)にも生じ(Behm et al. 2021), それらは感覚の変化に起因することが示唆されている。これらのことから, SS後に生じる感覚の変化によってROMが増加することが示唆されているが, この感覚の変化には関節位置覚の変化が関連している可能性がある。そのため, 本研究の目的は, 様々なSS介入方法が関節位置覚に与える影響について検討することとした。

【方法】対象は健康成人男性18名(年齢21.9±3.1歳)の利き足側の足関節底屈筋群とし, 介入側条件, 反対側条件, 同側非対象条件, コントロール条件の4条件を設定した。介入側条件では対象筋, 反対側条件では利き足と反対側の同名筋, 同側非対象条件では利き足側のハムストリングスに対してSS介入を60秒間×3セット実施し, コントロール条件では240秒間安静とした。介入前後において等速性筋力測定装置(Biodex system 3.0)を用いて足関節背屈(DF)ROM, 中間域・背屈域での関節位置覚の測定を実施した。統計処理は, 2要因の反復測定分散分析を行い, 事後検定として, Bonferroni補正を用いた対応のあるt検定を用いて検討した。また, 介入前後でのDF ROM変化量と中間域, 背屈域変化量との関係をSpearmanの順位相関係数を用いて検討した。なお, 有意水準は5%未満とした。

【結果】DF ROMでは, 交互作用を認め, 介入側条件( $p<0.01$ ), 同側非対象条件( $p<0.01$ )で有意に増加した。関節位置覚では, 中間域で交互作用が認められ, 介入側条件のみで有意な増加を認めた( $p<0.05$ )。また, すべての条件においてDF ROM変化量と中間域, 背屈域変化量との間に有意な相関は認められなかった。

【考察】本研究の結果, 対象筋へのSSは中間域での関節位置覚を背屈方向へ変位させるが, SSにおけるCross-education effect, Non-local effectでは関節位置覚を変化させないことが明らかとなった。対象筋へのSS介入は筋スティフネス(硬度)を減少させるため, この筋スティフネスの低下により筋紡錘の感受性が変化し, 関節位置覚に影響を及ぼした可能性が考えられる。

【結語】関節位置覚は対象筋へのSSによって変化するが, ROM増加には関与しないことが示唆された。

【倫理的配慮, 説明と同意】本研究は, 発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 18561)の承認を得て実施した。また, 本研究はヘルシンキ宣言に則っており, 実験開始前に対象者に本研究内容を口頭と書面にて十分に説明し, 同意を得た上で行われた。

## P-3-2-18

## ポスター発表3

## 足関節底屈筋群に対する動的ストレッチングの効果

○中島 早紀<sup>1)</sup>, 平林 怜<sup>1,2)</sup>, 阿部 明日香<sup>1)</sup>,  
大河内 偉琉<sup>1)</sup>, 山田 勇輝<sup>2)</sup>, 横田 裕丈<sup>1,2)</sup>,  
関根 千恵<sup>1,2)</sup>, 江玉 陸明<sup>1,2)</sup>

1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部理学療法学科  
2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

## 【目的】

動的ストレッチング (DS) の効果は関節可動域 (ROM) を増加させることが報告されている。静的ストレッチング (SS) と比較して DS では、筋力低下を認めなかったことが報告されている。この影響は、体温や筋温の上昇が可能性として示唆されている。しかし、DS の対象筋の循環動態に対する筋温や筋機能に及ぼす影響は検討されていない。そこで、本研究は DS における筋力、ROM、表面温、筋温、筋硬度を同時に計測して DS の効果を詳細に明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

対象者は健康成人 20 名、DS 対象は右足関節とした。DS 条件は、DS 介入条件と DS 非介入 (control) 条件の 2 条件とした。DS 介入条件は、開始肢位を股関節屈曲 70°、膝関節伸張 0°、足関節底屈 10° とし、最大努力下で自動運動による背屈運動を 2 秒に 1 回実施し、30 秒 × 4 セット実施した、セット間は 30 秒の休憩を設けた、control 条件は DS 開始肢位で安静座位とした。実験 1 は足関節底屈筋力として足関節底屈トルクを測定し、測定肢位は股関節屈曲 70°、膝関節伸張 0°、足関節底屈 0° 位で実施した。

実験 2 は、足関節背屈 ROM、内側腓腹筋の表面温・深部温・筋硬度を測定した。ROM 測定は BIODEX により DS 開始肢位から足関節背屈に 5° / 秒の角速度で背屈に他動運動させ、痛みのない角度で被験者が停止した角度を最大背屈 ROM とした。表面温、筋温、筋硬度の測定は DS 開始肢位で測定した。

実験 1、2 の各測定は、各 DS 条件の介入前 (pre)、直後 (post)、5 分 (post 5)、10 分後 (post 10) とした。統計は pre に対する対応の t 検定に Bonferroni 補正を行った。いずれも有意水準は 5% とした。

## 【結果】

実験 1：2 条件ともに足関節最大底屈トルクは介入前後で有意に認めなかった。

実験 2：DS 条件は、pre と比較して足関節背屈 ROM が post、post 5、

10 で有意に増加 ( $p < 0.05$ )、内側腓腹筋筋硬度が post、post 5、10 で有意に低下 ( $p < 0.05$ )、表面温と深部温は介入前後で有意差を認めなかった。control 条件はすべての測定項目で有意差を認めなかった。

## 【考察】

本研究は DS によって、筋硬度の低下による筋腱の組織特性の変化である機械的要因と主動作筋の運動による拮抗筋の抑制として相反性抑制が働き、底屈筋群の緊張を抑制させる神経的要因によって、ROM が増加した可能性が示唆された。一方で、表面温、筋温は変化がなく、背屈運動であったため、腓腹筋の血流動態に影響は少なく筋力に変化がなかった可能性が示唆された。

## 【結語】

本研究は足関節底屈筋に対する DS によって筋力低下を引き起こさず、足関節背屈 ROM を増大させた。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に基づいたものであり、本学の倫理委員会の承認 (承認番号：18364：200210) を得て実施した。また、対象者には実験内容及び対象者の権利についての説明を書面および口頭で十分に行い、実験参加への同意を得た上で実験を実施した。

## P-3-3-1

## ポスター発表3

## 手指巧緻動作課題における声かけ効果：近赤外分光法による検討

○小川 大貴<sup>1)</sup>, レ テュラン デュック<sup>1)</sup>,  
渡邊 和樹<sup>1)</sup>, 藤田 直人<sup>1)</sup>, 西条 寿夫<sup>2)</sup>, 浦川 将<sup>1)</sup>

1) 広島大学大学院 医系科学研究科運動器機能医科学  
2) 富山大学大学院 医学薬学研究部システム情動科学

## 【目的】

巧緻動作等のリハビリテーション介入において、より良い動作の獲得を促すため、セラピストが口頭で指示や励ましの声を与えることが臨床で行われている。本研究では、巧緻動作課題としてペグ動作を健常者に実施させ、励ましの声かけによってパフォーマンス向上と脳活動の変化がみられるか検証した。

## 【方法】

対象は本研究に同意の得られた身体および神経学的に問題のない健康な男女 38 名とし、20 秒間にできるだけ速く多くのペグを穴に挿し込む課題遂行中に、励ましの声かけを与える群 (Encourage 群) と声かけを加工した音を与える群 (Shuffle 群) に分け、ペグ本数のスコア (Peg score) を算出し、撮影された動画からペグ動作の詳細な時間区分解析を行なった。また、近赤外分光法を用いて Oxy-Hb 変化を計測した。

## 【結果】

Encourage 群で Peg score が有意に上昇し、上肢の移動を伴う比較的粗大な巧緻動作のフェーズで有意に向上した。さらに励ましの声かけによって rostral medial prefrontal cortex (rmPFC) の Oxy-Hb が上昇した。

## 【考察】

これまでの研究では Mc Nair ら (1996) の声かけによる最大筋力の増加や Bruce H. Dobkin ら (2010) の歩行速度の改善が報告されている。本研究では Peg score の上昇が、比較的粗大な上肢の移動を伴う動作の速度上昇によってもたらされることが示された。脳活動変化の解析では rmPFC で励ましの声かけにより Oxy-Hb が上昇し、rmPFC の賦活化が示唆された。石黒ら (2014) によるペグ動作の研究では、課題直前の直流電気刺激が rmPFC 賦活化を誘導しペグパフォーマンスを向上させるとの報告がある。さらに rmPFC は外界からの情報処理や相互作用に重要な役割を果たすといわれていることから、本研究のペグパフォーマンスの向上も rmPFC 賦活化によってもたらされることが示唆された。

## 【結語】

リハビリテーション課題において「頑張れ！その調子！」などの外界からの働きかけによって、rmPFC 賦活化が誘導され、課題遂行者の意志に基づく、リハビリテーション課題のパフォーマンス向上がもたらされると示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会 (承認番号：第 C-114 号) の承認を得て実施した。

## P-3-3-2

## ポスター発表3

## 聴覚刺激の刺激間隔の違いが歩行のリズムと前脛骨筋の筋活動に与える影響

○高橋 優基<sup>1,3)</sup>, 前田 剛伸<sup>1)</sup>, 嘉戸 直樹<sup>1)</sup>, 鈴木 俊明<sup>2)</sup>, 岩月 宏泰<sup>3)</sup>

- 1) 神戸リハビリテーション福祉専門学校 理学療法学科
- 2) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科
- 3) 青森県立保健大学大学院 健康科学研究科

## 【目的】

理学療法士は患者の歩行の誘導に手拍子を用いることがある。屋内歩行のペースは速い、自然、遅いと様々であり、それぞれ1歩に要する時間はおおよそ400ms、500ms、900msである。我々は先行研究において、聴覚刺激の刺激間隔がどの程度ずれているかを表す誤差率が7%以下であれば運動の周期性は阻害されない、また健常者が打つ手拍子の誤差率は6%であることを報告した。本研究では、一定間隔もしくは誤差率6%以内で変動する間隔で周期的に呈示される聴覚刺激に合わせて歩行させた際の歩行のリズムと前脛骨筋の筋活動の変化を検討した。

## 【方法】

対象の健常男性12名(平均年齢26.2±6.0歳)は、20回連続で呈示される聴覚刺激に合わせて歩行を実施した。聴覚刺激の入力にはSoundTrigger2Plusを、筋活動の記録にはテレメトリー筋電計MQ8を使用した。刺激間隔は400ms、500ms、900msとした。各間隔ともに一定および誤差率6%以内で変動する2つの条件を設定し、合計6条件はランダムに実施した。初期接地は両踵部に貼付したフットスイッチで特定した。データは解析プログラムBIMUTAS-Videoで解析した。20回のうち最初の5回を除いた15回の初期接地の14個の時間間隔と、初期接地から前脛骨筋の筋活動のピークまでの潜時の変動係数を解析の対象とし、自然歩行に対する相対値を算出した。反復測定二元配置分散分析で刺激間隔と変動の有無の2要因の影響を確認した。有意水準は5%とした。

## 【結果】

初期接地の時間間隔および筋活動のピークまでの潜時の変動係数は、それぞれ交互作用を認めず、刺激間隔の要因に主効果を認めた。ボンフェローニ法において、それぞれの変動係数は500ms間隔の歩行と比べて400ms、900ms間隔で有意に大きかった。

## 【考察】

先行研究では、リズムカルに運動できる状況下で周期的な聴覚刺激を呈示すると、刺激と運動の誤差を修正しながら運動しなければならないため、リズムカルな運動を阻害するといわれている。本研究においても、自然歩行に近い500ms間隔の歩行と比べて400msは速い、900msは遅いペースであったことで運動の調整がより必要となり、初期接地の変動が大きくなった可能性がある。また前脛骨筋は、初期接地後に下腿の前傾を促して前方へ体重移動させる役割があるといわれている。自然歩行に近い500ms間隔の歩行とは異なるペースで歩行する場合、立脚相での前方への体重移動を調整して刺激と初期接地との誤差の修正が必要となる。このとき体重移動を調整する要素のひとつとして足関節の運動が関与したことで、400msと900ms間隔の歩行では前脛骨筋の潜時の変動が大きくなった可能性がある。

## 【結語】

誤差の修正がより必要となる400msと900ms間隔の歩行では歩行リズムや体重移動にかかわる筋の筋活動の変動が大きくなる。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と同意を得て実施した。

## P-3-3-3

## ポスター発表3

## 手掛かりを基に運動範囲を調節する際に手掛かりへ注意を向けると体性感覚が入力されやすくなる

○木下 晃紀<sup>1,2)</sup>, 嘉戸 直樹<sup>3)</sup>, 鈴木 俊明<sup>4)</sup>

- 1) 介護老人保健施設第二さくら苑 リハビリテーション科
- 2) 榊原白鳳病院 リハビリテーション臨床研究部
- 3) 神戸リハビリテーション福祉専門学校 理学療法学科
- 4) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

【目的】本研究では手掛かりを基に運動範囲を調節する際の手掛かりへの注意の有無が体性感覚入力に及ぼす影響について体性感覚誘発電位(SEP)を用いて検討した。

【方法】対象は健常成人12名(平均年齢23.6±2.46歳)とした。課題は1Hzの頻度で行う0°から20°までの右母指手根中手関節掌側外転の反復運動とし、20°の位置には触覚で知覚できる凸形状のプラスチックテープを手掛かりとして置いた。手順は、まず手掛かりを設置したことを被験者に伝えずに、手掛かりに注意を向ける教示を行わない課題(教示なし課題)を行い、次に手掛かりに注意を向ける教示を行う課題(教示あり課題)を行った。教示は、「テープが母指の中心と重なるところが20°になりますので、20°ピッタリになるように運動してください」という内容で行なった。課題精度の評価には動作解析ソフトウェアKinoveaを用いて、20°からの絶対誤差を算出した。SEPは安静時と課題中に右手関節部の正中神経を電気刺激して、同側Erb点-対側Erb点からN9振幅、C3'-対側Erb点間とSC5-Fz間からN13振幅、C3'-Fz間からN20振幅を記録した。また、各振幅の課題中の振幅値を安静時の振幅値で除した相対値を算出した。統計学的比較には、Friedman検定とWilcoxonの符号付順位検定を用いた。なお、有意水準は5%とした。

【結果】右母指手根中手関節掌側外転の目標値からの絶対誤差は、教示なし課題と比較して教示あり課題で低値を示した。N20振幅の相対値は教示なし課題と比較して教示あり課題で高値を示した。N9、N13振幅の相対値には有意差を認めなかった。

【考察】随意運動中は一次体性感覚野由来のSEP振幅が低下するが、課題遂行に有効な感覚情報が入力される際にはSEP振幅は低下しないとされている。本研究の教示あり課題は、運動範囲を目標の20°丁度に調節するように手掛かりへ注意を向けたことで、手掛かりから得られる感覚情報が教示なし課題よりも課題を遂行するのに有効な感覚情報となっていたと考える。そのため、教示あり課題では正確な調節を行うのに必要な手掛かりから得られた感覚情報を多く入力するため、教示なし課題よりも感覚入力が抑制されず、一次体性感覚野由来のN20振幅の相対値が高値であったと考えた。また、運動中にSEP振幅が低下する体性感覚入力を抑制する作用は、大脳皮質で生じると言われており、脊髄後角・内側毛帯由来のN13振幅と腕神経叢由来のN9振幅の相対値では変化を認めなかったと考えた。

【結語】手掛かりを基に運動範囲を調節する際には、手掛かりへ注意を向けることで運動中に生じる体性感覚入力の抑制作用が减弱し、体性感覚が入力されやすくなる可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。

## P-3-3-4

## ポスター発表3

## カーフレイズ動画の運動観察における脊髄運動ニューロンの興奮性変化について

○高崎 浩壽<sup>1,2)</sup>, 末廣 健兒<sup>3)</sup>, 石濱 崇史<sup>3)</sup>, 鈴木 俊明<sup>4)</sup>, 浅井 仁<sup>5)</sup>

- 1) 京都田辺中央病院 リハビリテーション部
- 2) 金沢大学大学院 医薬保健総合研究科
- 3) 医療法人社団石鎚会 法人本部
- 4) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科
- 5) 金沢大学 医療保健研究域保健学系 リハビリテーション科学領域

## 【目的】

運動観察とは他者の運動を観察する行為であり、運動機能の改善に有効な治療法である。上肢を対象とした運動観察は、運動関連領域や脊髄運動ニューロンを賦活することが知られている。一方で、理学療法へ汎用させるためには下肢を対象とした運動観察の知見が必要となる。そこで、本研究は足関節の運動を観察課題とし、H波を用いて検討した。

## 【方法】

対象は健常者11名(平均年齢31.1±6.1歳)とした。検査は腹臥位にて、検査側である右下肢は膝関節屈曲30°位、足関節底屈位に設定した。また、対象者の視線の前方60cm先にノートパソコンを配置した。プロトコルは安静のH波を1分間計測後、対象者に映像を観察させながら再度H波を1分間計測した。H波はNeuropack(日本光電)を使用し、ヒラメ筋より導出した。刺激条件は部位を後脛骨神経、強度をM波出現閾値の120%、頻度を0.5Hz、持続時間を1ms、回数を30回とした。記録条件は、探査電極を下腿内側近位2/3にあるヒラメ筋の筋腹上、基準電極をアキレス腱上に貼付した。検討項目は振幅H/M比とし、H波の平均振幅値を最大M波振幅値で除すことで算出した。観察課題は立位で右下肢に全体重の10%・50%・90%荷重下でのカーフレイズ動画とした。さらに、電気刺激と運動とを同期させるため、0.5Hzの頻度で足関節底屈が繰り返して生じる映像(10%条件、50%条件、90%条件)を提示した。映像は健常者の後方より全身が映るように撮影した。

## 【結果】

振幅H/M比は、50%・90%条件において安静と比較し観察時で有意な増加を認められた。

## 【考察】

50%・90%条件は下腿三頭筋が活動する映像の観察により、得られた視覚刺激が運動関連領域を賦活し、下行性線維を介しヒラメ筋を神経支配する脊髄運動ニューロンへ促進性の影響を与えたと考える。しかし、10%条件はヒラメ筋に対する負荷が少なく、対象者がヒラメ筋の活動を十分に捉えていなかったことで、脊髄運動ニューロンの興奮性は不変であったと推察する。したがって、運動観察は運動実行と類似した神経活動を有することから、観察課題を遂行するために要される筋活動は運動観察により得られる脊髄運動ニューロンの興奮性に反映される可能性がある。ただし、下肢筋を神経支配する脊髄運動ニューロンの賦活には、当該筋に対して一定以上の負荷を与えた映像を提示する必要性が考えられる。

## 【結語】

下肢を対象とした運動観察は、当該筋を神経支配する脊髄運動ニューロンの興奮性が増大する可能性を見出した。理学療法に応用する際には、当該筋に一定以上の運動負荷を与えた状態で筋活動が生じる場面を観察させることにより、対応する機能障害は改善されると考える。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。

## P-3-3-5

## ポスター発表3

## 手指屈筋腱への振動刺激による筋電図応答は周波数依存的に変化する一痙縮を有する脳卒中後片麻痺患者に対するフィージビリティ検証—

○棚町 兼也<sup>1,2)</sup>, 岡和田 愛実<sup>1,2)</sup>, 桑原 渉<sup>1,2)</sup>, 川上 途行<sup>1)</sup>, 金子 文成<sup>1,2)</sup>

- 1) 慶應義塾大学 医学部 リハビリテーション医学教室
- 2) 東京都立大学 人間健康科学研究科 理学療法科学域

## 【目的】

手指屈筋腱の適切な位置への振動刺激は、筋紡錘の活動によってIa線維を発火させ、求心性の入力を生じさせる。また、Ia線維の発火頻度は振動刺激の周波数に依存して変化することが知られている(Brown MC et al., J Physiol, 1967)。本研究では、痙縮を有した脳卒中後片麻痺患者の麻痺側の手指屈筋腱に対して多段階の周波数で振動刺激を行い、振動刺激の周波数変化に伴う表面筋電図の応答特性を検証することを目的とした。

## 【方法】

対象は脳卒中後片麻痺患者5名で、手指屈筋のModified Ashworth Scale (MAS)は、「1」が1名、「1+」が1名、「2」が2名、「3」が1名であった。被験者は前方に設置した机上で前腕中間位に固定され、手関節及び手指の筋を脱力するように指示された。振動刺激中は閉眼し、麻痺側手指屈筋腱に対して3秒間の振動刺激を3回加えた。振動刺激の周波数は、40Hz, 60Hz, 80Hz, 100Hzとし、手指伸筋(総指伸筋)、手指屈筋(深指屈筋)の表面筋電図を記録した。解析の前処理として、記録された表面筋電図に対して5-500Hzのバンドパスフィルタを適用し、全波整流を行った。振動刺激3秒間と振動直前3秒間(安静時)の筋電図データから台形則による数値積分を算出し、振動刺激中と安静時の積分値の差分から振動刺激による表面筋電図の変動を算出した。

## 【結果】

全症例において40Hzで刺激した際の積分値が最小であり、周波数の増加に伴って積分値の増加が認められた。しかし、積分値のピークが出現した周波数は症例間で一定でなかった。

## 【考察】

閉眼した状態での手指屈筋腱への振動刺激はIa線維の上行性入力により、関節運動が生じていないにもかかわらず手関節屈方向への運動錯覚を引き起こし、脳の運動関連領域を賦活させる(Naito E et al., J Neurosci, 1999)。しかし、本研究のように閉眼した状態で振動刺激を加えることで、関節運動が生じていないという視覚情報が入力されるため運動錯覚が生じない。すなわち、閉眼した状態での振動刺激により誘発された表面筋電図は、伸張反射弓(長潜時反射を含む)の活動に由来するものと仮定できる。また、Ia線維の発火頻度は刺激周波数に依存するため、本研究において、刺激周波数の増加に伴って表面筋電図の積分値が増大していた背景には、振動刺激の周波数に依存して反射活動が強くなっていたことが関係していると考えられる。積分値がピークとなる周波数が一定とならなかったことは、痙縮に伴う筋拘縮によりばらつきが生じた可能性がある。

## 【結語】

本研究の方法で誘発された表面筋電図は、筋紡錘に由来した反射の活動に由来する可能性があり、今後の研究を継続する価値があるものと考えられる。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:N20180009-1)の承認を得て実施した。

## P-3-3-6

## ポスター発表3

## 立ち上がり動作の指導における言語強化のタイミングに関する探索的研究—理学療法士による離殿の指導に着目して(第2報)—

○我妻 昂樹<sup>1,2)</sup>, 鈴木 博人<sup>2)</sup>, 松坂 大毅<sup>2,3)</sup>, 嶋田 剛義<sup>2,4)</sup>, 千田 悠人<sup>2)</sup>, 藤澤 宏幸<sup>2)</sup>

- 1) 東北文化学園大学 医療福祉学部リハビリテーション学科 理学療法学専攻
- 2) 東北文化学園大学大学院 健康社会システム研究科健康福祉専攻
- 3) IMS グループ イムス明理会仙台総合病院 リハビリテーション部
- 4) 医療法人社団 愛子整形外科 リハビリテーション部

## 【目的】

言語強化 (verbal reinforcement:VRf)は「試行ごとに与えられる短い運動命令の形式」と定義され、理学療法場面で多用されている(我妻, 2021)。しかし、理学療法士(physical therapist:PT)の動作指導におけるVRfの効果は不明な点が多い。VRfの効果を検証するためには、まずPTのVRfの与え方を明らかにする必要がある。そこで、本実験は運動量戦略(momentum strategy:MS)および安定戦略(stabilization strategy:SS)での立ち上がり動作を課題とし、PTが離殿のタイミングを指導する際に与えるVRfの特徴を運動学的視点から明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

[対象] PT14名(平均経験年数8.2±4.7年)とした。[測定方法]対象者には健常者の立ち上がり動作の映像を視聴させ、離殿のタイミング指導として適切だと思うタイミングで「はい」と声をかけることを求めた。測定にあたり、被験者には事前に三次元動作解析装置と同期して撮影したMSとSSの立ち上がり動作の映像を視聴させた。また、映像視聴回数は8回とし、VRfはボイスレコーダーを介してA/D変換器で収集した。測定終了後、アンケートにて「VRfタイミングの意識」、「立ち上がり動作の注目部位」を聴取した。[データ解析]事前測定した三次元データとVRf音声データを同期した。その時間データから「離殿-VRf時間差」、「VRf時体幹前傾角度(VRf時前傾角度/離殿時前傾角度)」、「体幹前傾角速度ピーク-VRf時間差」を算出した。[統計解析]本実験では各被験者の後半5試行の中央値を代表値とし、その後各群の平均値を算出した。また、動作戦略の違いによる影響を検証するため、対応のあるt検定を実施した。有意水準は $\alpha=0.05$ とした。

## 【結果】

「離殿-VRf時間差」は、SS(離殿前184±150ms)よりもMS(離殿前55±93ms)の方が有意に小さい値を示した。また、「VRf時体幹前傾角度」および「体幹前傾角速度ピーク-VRf時間差」については動作戦略間に有意差を認めなかった。さらにアンケートの結果、VRfタイミングの意識について、9/14名が「離殿前」と回答し、5/14名「離殿と同時」と回答した。立ち上がり動作の注目部位は、85.7%がHATに関連する部位であった。

## 【考察】

「VRf時体幹前傾角度」・「体幹前傾角速度ピーク-VRf時間差」において動作戦略による差はないことから、体幹前傾角度・角速度をVRfタイミング決定の共通指標としていと考えられた。さらに、MS条件における離殿-VRf時間差は短く、反応時間の観点から同一試行内の動作に影響を及ぼさない可能性が示唆された。今後、実際の立ち上がり動作に対してVRfを与えた次の試行の影響を検証する必要があると考えた。

## 【結語】

PTは立ち上がり動作の離殿を指導する際に、HATの角度および角速度からVRfタイミングを調整している可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者所属の研究倫理審査委員会(文大倫第21-01号)の承認を得て実施した。

## P-3-3-7

## ポスター発表3

## 足関節の運動の頻度を増加させると体性感覚入力が抑制される

○中森 友啓<sup>1)</sup>, 嘉戸 直樹<sup>2)</sup>, 鈴木 俊明<sup>3)</sup>

- 1) 医療法人鳳林会 榊原白鳳病院 リハビリテーション科
- 2) 神戸リハビリテーション福祉専門学校 理学療法学科
- 3) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

## 【目的】

運動学習の初期段階では、一定時間における運動回数(以下、運動頻度)を少なく設定することが推奨されている。これは、体性感覚情報を感覚フィードバックとして利用しながら運動制御を行うためである。しかし、運動を行う上で設定すべき具体的な頻度は言及されていない。そこで、本研究では体性感覚情報を客観的に評価できる体性感覚誘発電位(Somatosensory evoked potentials:SEP)を用いて、随意的な足関節底屈運動の運動頻度の違いが体性感覚情報に及ぼす影響を検討した。

## 【方法】

対象は健常成人10名とした。課題中の姿勢は腹臥位で、右股関節伸展位、右膝関節中間位とした。課題は、聴覚音を合図に右足関節を底屈した後、背屈方向へ脱力する反復運動とした。足関節底屈の運動範囲は、10°底屈位から40°底屈位までとした。なお、右足関節の底屈する時間は2000ms、1500ms、1000msとし、それぞれを条件1、条件2、条件3とした。背屈方向への脱力は全ての条件で500msに統一した。各条件の練習および各条件間の休息は1分間とした。SEPの記録にはViking EDX (Natus)を使用した。刺激神経は右脛骨神経とし、刺激強度を運動閾値の1.2倍、刺激頻度を3.3Hz、刺激の持続時間を0.2ms、刺激回数を500回加算とした。記録条件として、基準電極を前額部、探查電極を頭頂部に貼付した。SEPの記録は、まず安静時で記録した後、条件1、2、3の課題をランダムに実施し、各条件でのSEPを記録した。解析対象は、一次体性感覚野の電位を反映するP37の振幅値とした。統計学的解析は、Friedman検定を実施した後、Bonferroni補正したWilcoxon符号付順位検定にて各群間を比較した。有意水準は5%とした。

## 【結果】

安静時と比較し、条件1、2、3にてP37振幅が有意に低下した。また、運動頻度が少ない条件1と比較して運動頻度が多い条件3のP37振幅が有意に低下した。

## 【考察】

安静時よりも随意運動時にSEP振幅が低下することはgatingとしてすでに知られており、本研究の運動課題である条件1、2、3のP37振幅が安静時よりも有意に低下したことは、先行報告を支持する結果となった。また、gatingの機序は運動性皮質からの遠心性インパルスが求心性の情報抑制することと、求心性インパルスが上行する過程で閉塞することが考えられている。運動頻度の変化により、これらの機序によるgatingの程度が増大したため、条件1と比較し運動頻度の多い条件3の方がP37振幅は低下したと考えた。

## 【結語】

足関節の運動の頻度を増加させると、一次体性感覚野への体性感覚入力が抑制されることが分かった。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者の所属する研究倫理審査委員会(承認番号:21-15)の承認を得て実施した。また、個人情報情報は暗号化しプライバシーポリシーに十分配慮するとともに、本研究対象者には研究の目的と方法および概要について十分に説明し、同意を得た上で協力いただいた。

## P-3-3-8

## ポスター発表3

## 事前動作の違いが後続の行為選択の判断に及ぼす影響

## -障害物回避のための行為選択課題による検証-

○菊地 謙<sup>1,2,3</sup>, 樋口 貴広<sup>1</sup>

- 1) 東京都立大学大学院 人間健康科学研究科
- 2) 医療法人社団のびた みくりキッズくりにつく
- 3) 株式会社琉球マインド こどもとかがぞくのサポートルーム KNOT

## 【目的】

差し迫った目標に対する一次運動計画だけでなく、その後の目標を考慮して運動全体を調整する能力である二次運動計画は、日常生活において必要不可欠であることが先行研究から示されている。しかし、事前動作(一次運動計画)の認知的負荷の違いがその後の行為選択の判断(二次運動計画)にどのような影響を与えるのかは明らかになっていない。そこで本研究では、2つの選択肢のうち適切なルートを選択する課題を作成し、障害物回避の事前に行われるリーチング運動に着目した。具体的には、事前のリーチング動作内のビー玉把持の有無による一次運動計画の操作が、後続の行為選択の判断である二次運動計画に与える影響について検討した。

## 【方法】

若齢健康者9名(女性3名, 平均年齢 $24.56 \pm 4.09$ 歳)を研究対象とした。先行研究において、知覚に基づいた運動計画能力の計測に使用されていた隙間通過課題を改良し、実験課題を作成した。対象者は、課題装置右側に設置されたビー玉を、装置左側に置かれたカップへ移動させた。その際、装置中央に置かれた2つの障害物の配置に基づき、障害物の間にできる隙間を通るか、迂回するかを行為選択を行った。事前動作には、ビー玉把持の有無による2条件を用意した。さらに、行為選択判断の実験的操作として、隙間の出口幅を手の幅に対する倍率で操作し、隙間入口幅は出口幅に対し+0cmと+6cmの2条件を設定した。

対象者の行為選択の判断については、知覚判断および操作判断能力を指標として、シグモイド関数からそれぞれ「正確さ」と「感度」を算出した。また、事前のリーチング動作を3次元動作解析から解析した。各対象者の知覚判断と操作判断の指標、事前のリーチング動作について、事前動作(2条件)と隙間入口幅(2条件)を要因とする二要因分散分析で分析を行った。

## 【結果】

いずれの指標についても、交互作用は認められなかった。知覚判断の感度については事前動作の主効果( $p < 0.05$ )が認められ、ビー玉把持による感度の低下が認められた。操作判断の感度では隙間入口幅の主効果( $p < 0.01$ )が認められ、隙間入口幅が+6cmに拡大すると感度が低下することが明らかとなった。さらに、事前のリーチング動作では複数の指標で事前動作、隙間入口幅ともに主効果が認められ、ビー玉把持により事前のリーチング動作が滑らかになることが示された。

## 【考察・結語】

本研究の結果は、一次運動計画における事前のリーチング動作にビー玉把持が含まれることで認知的な負荷がかかり、その後の行為選択(二次運動計画)において知覚判断の感度が低下したと考えられる。また、ビー玉把持により事前のリーチング動作は滑らかになることは、一次運動計画に認知的負荷を要することを反映した結果であると考えられる。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: H3-66)の承認を得て実施した。

## P-3-3-9

## ポスター発表3

## 反復他動運動の視覚的運動感覚錯覚による脊髄興奮性への影響

○大河内 偉琉<sup>1</sup>, 平林 怜<sup>1,2</sup>, 中島 早紀<sup>1</sup>, 阿部 明日香<sup>1</sup>, 山田 勇輝<sup>2</sup>, 横田 裕丈<sup>1,2</sup>, 関根 千恵<sup>1,2</sup>, 江玉 睦明<sup>1,2</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学 リハビリテーション学部理学療法学科
- 2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

## 【目的】

反復他動運動(RPM)介入中に介入対象を注視することで、脊髄相反性抑制を増強させ、関節運動機能が向上することが報告されている。また、先行研究では、視覚的運動感覚錯覚(錯覚)により脊髄興奮性が增大することが報告されている。我々は、RPMの錯覚により脊髄機能を変調できれば、RPMができない対象者に対しても効果的な介入法となると考えた。そこで、本研究の目的は、足関節のRPMの錯覚によって脊髄興奮性が変調するか検討することとした。

## 【方法】

対象は健康成人20名とした。実験プロトコルは、RPMの錯覚を10分間実施し、介入前(pre)後(post)と介入中に脊髄興奮性の指標であるF波を計測した。筋電図電極は前脛骨筋(TA)とヒラメ筋(Sol)に貼付した。電気刺激は脛骨神経と深腓骨神経に対して刺激し、刺激強度はMmaxの120%に設定した。介入条件は、錯覚介入あり(錯覚条件)と介入なし(control条件)の2条件とした。錯覚介入における動画は、反復他動運動(運動速度160/s, 足関節底屈30°-背屈10°)を行っている自身の足関節とした。動画は足関節上にモニターを設置し視聴させた。解析項目は、F波の出現頻度、F/M振幅比とした。統計はpreに対する介入中とpostの比較では、対応のt検定にBonferroni補正を行った。いずれも有意水準は5%とした。

## 【結果】

F/M振幅比はpreと比較してcontrol条件で有意差を認めず、錯覚条件で介入中のSolが有意に低値を示し( $p < 0.05$ )、TAが有意に高値を示した( $p < 0.05$ )。出現頻度はすべての条件で有意差を認めなかった。

## 【考察】

先行研究より、RPM中に対象者の注意を介入対象外に向けると皮質脊髄路の興奮性は抑制され、介入対象に注意を向けると促進されることが報告されている。本研究の結果より、脊髄興奮性はTAの脊髄興奮性が増大し、Solの脊髄興奮性が減少した。研究のデザイン上、椅子座位で足関節上にあるモニターを注視したことによって、足関節を背面から見たことで、底背屈運動ではあるが、背屈運動への錯覚が大きかった可能性が示唆される。そのため、背屈運動への錯覚により、TAの脊髄興奮性を増大させ、相反性抑制によってSolの脊髄興奮性を減弱させた可能性が示唆された。この結果は臨床応用に有益な知見であり、上位運動ニューロン障害により引き起こされる底屈筋群への痙性を減弱させ、関節運動機能を向上させる介入法として役立つ可能性が示唆された。

## 【結語】

足関節のRPMによる錯覚介入は、RPMをせずに動画の注視のみで脊髄興奮性を変調させることが明らかとなった。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に基づいたものであり、本学の倫理委員会の承認(承認番号: 18267-190918)を得て実施した。また、対象者には実験内容及び対象者の権利についての説明を書面および口頭で十分に行い、実験参加への同意を得た上で実験を実施した。

## P-3-3-10

## ポスター発表3

弓道におけるイップス「早気」についての  
心理学的および神経生理学的検討○安部 レオ<sup>1)</sup>, 池田 尊司<sup>2)</sup>, 菅田 陽伶<sup>1)</sup>

- 1) 大分大学 福祉健康科学研究科 健康医科学コース
- 2) 金沢大学 子どものこころの発達研究センター

## 【目的】

ゴルファーや音楽家など細かな運動制御が必要な職業では特定の動作や環境で出現、増悪する局所性ジストニアが知られており、特にスポーツ分野ではイップスと呼ばれる。イップスの治療法は確立されておらず、近年、機序や治療法の研究が増加している。

一方、弓道におけるイップスとして「早気(はやげ)」と呼ばれる現象がある。早気とは狙いを定めるための十分な時間をとれず、意図したタイミングより早く矢を放つ現象で、的中率の低下を引き起こす。早気は約8割の選手が経験し、発症には心理的要因が関連するとされる。さらに、ゴルフなどのイップスでは不安・抑うつなどの心理症状の出現や運動抑制に関する脳機能の変調するとされることから、早気においても同様の変調が生じている可能性がある。しかし、早気の症状についての詳細な検討はない。そこで本研究では早気の病態を心理学的および神経生理学的側面から検討した。

## 【方法】

対象は18歳以上の弓道選手男女13名とした。①Beckうつ病評価尺度②State-Trait Anxiety Inventory③改訂日本語版Barratt Impulsiveness Scale 11④Go/NoGo課題⑤心拍検出課題⑥心拍誘発電位の記録を実施した。④は画面上の左右どちらかの矢印提示になるべく早く対応するボタンを押し(Go刺激)、上向き矢印提示ではボタンを押しさない(NoGo刺激)ように指示し、Go刺激160回NoGo刺激40回(計200回)をランダムに試行した。課題中の脳波を記録し、指標には刺激提示後の $\beta$ -band(13-25Hz)の事象関連脱同期の持続時間を用いた。⑤は自身の身体に触れずに心拍を数える課題を用い、実際の心拍数との誤差を指標とした。⑥は安静開眼状態で90秒間脳波を記録し、心拍誘発電位を抽出した。さらに、早気の指標として10本の実射において狙い始めてから発射までの時間を計測した。

解析は狙いを定めている時間を従属変数、各課題スコアを独立変数とした重回帰分析を行った。

## 【結果】

Go/NoGo課題におけるNoGo刺激時の $\beta$ -band事象関連脱同期の持続時間および心拍検出課題の成績が会の時間に対し正に影響し、心拍誘発電位は負の影響を及ぼす傾向にあった。

## 【考察】

Go/NoGo課題のNoGo刺激における $\beta$ -band事象関連脱同期の持続時間は抑制を示していると報告されているため、早気においては運動抑制が十分に働いていない可能性が示唆された。また、心拍検出課題は誤差が少ないほど内受容感覚が優れているといわれていることから早気において内受容感覚の低下が生じている可能性がある。

## 【結語】

早気において他のイップスに見られるような抑制の低下がみられた。さらに、内受容感覚の低下が生じていることも含め、早気には脳機能の変調が生じている可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究では全て、「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に従って大分大学医学部倫理審査委員会に承認を得たうえで、被験者に文書で説明し同意を得て実施した。

## P-3-3-11

## ポスター発表3

運動観察は運動に要される力の認識により脊髄  
運動神経機能の興奮性が異なる○林 哲弘<sup>1)</sup>, 高崎 浩壽<sup>1,2)</sup>, 末廣 健児<sup>3)</sup>, 石濱 崇史<sup>3)</sup>, 鈴木 俊明<sup>4)</sup>

- 1) 京都田辺中央病院 リハビリテーション部
- 2) 金沢大学大学院 保健医療学総合研究科
- 3) 医療法人社団石鎚会 法人本部
- 4) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

## 【目的】

運動観察とは他者の運動を観察する行為であり、運動関連領域や脊髄運動神経機能は賦活し、さらに運動関連領域の興奮性は観察させる運動に要される力に応じて変化すると報告されている。また、提示される運動の要因だけでなく、対象者の捉え方により運動関連領域の興奮性に及ぼす影響は異なる可能性があり、下行性線維を介した脊髄運動神経機能への促進性の作用にも差異が生じると仮説できる。そこで本研究は、観察させる運動に要される力と脊髄運動神経機能との関係性について、対象者の運動に対する認識を把握したうえで検討することを目的とした。

## 【方法】

対象は、健常成人19名(平均年齢25.6±3.2歳)とした。検査肢位は座位とし、視線の70cm前方にはノートパソコンを配置した。提示する映像は、母指の内転運動(無負荷映像)と硬度の異なる2種類のセラバンドを用いて母指に抵抗を与えた上での内転運動(低負荷・高負荷映像)とした。測定は、安静時のF波を1分間計測し、4分間の休息後、ノートパソコンに提示した映像を観察させながらF波を1分間計測した。また、実験終了後、母指の運動に対する各対象者の認識について内省調査を実施した。内省調査より「最も力が必要な運動」と認識した映像を条件A、「2番目に力が必要な運動」と認識した映像を条件B、「最も力を必要としない運動」と認識した映像を条件Cとし、安静時を1とした観察時の振幅F/M比相対値を求め、各条件間で比較した。

## 【結果】

内省調査の結果は、全対象者のうち17名は提示した3種類の映像を正しく捉えていたが、2名は映像上の運動に実際に要される力とは一致しない回答を示した。続いて、振幅F/M比相対値は、条件B・Cと比較して条件Aで有意に高い値を認めた。また、映像内容を正しく捉えていない2名の対象者は、振幅F/M比相対値が映像上の運動に要される力ではなく内省調査の回答に同調する傾向にあった。

## 【考察】

提示した映像に関わらず、条件Aは他条件と比べ強い力を要する運動と認識したことで、上位中枢は賦活され下行性線維を介した脊髄運動神経機能に対する促進性の影響が増大したと考える。しかし、条件B・Cでは振幅F/M比相対値に有意な差を認めず、対象者は、条件B・C間における映像上の運動に要される力の差異を明確には捉えていなかった可能性が考えられる。

## 【結論】

強い力を要する運動を観察させ、対象者が強い力を要する運動であると認識することで、観察中の脊髄運動神経機能はより促進されることが明らかとなった。運動観察を用い脊髄運動神経機能に対する促進性の影響を一層強めたい場合、強い力を要する運動を観察させた上で、運動を提示する方法に工夫を加え、対象者の認識を正しく誘導する必要性が示唆される。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。

## P-3-3-12

## ポスター発表3

## 身体部位のmental rotation課題における正答率と脊髄前角細胞の興奮性の関係について

○野村 真<sup>1,2)</sup>, 鈴木 俊明<sup>3)</sup>, 青柳 陽一郎<sup>2)</sup>

- 1) 日本医科大学千葉北総病院 リハビリテーション科
- 2) 日本医科大学大学院 医学研究科 リハビリテーション学分野
- 3) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科

## 【目的】

運動イメージの方法の一つに身体部位を用いたmental rotation課題(以下、MR課題)がある。MR課題は、ランダムに回転して提示される身体部位の画像の左右側を判別するものであり、暗示的な運動イメージがなされることで身体イメージが再構築され、運動機能や疼痛の改善に寄与することがわかっている。我々はこれまでの研究で、MR課題の実施によって脊髄前角細胞の興奮性が增大することを明らかにした。しかしながら、MR課題の正答率と脊髄前角細胞の興奮性の関係性についてはわかっていない。本研究では、MR課題の正答率と脊髄前角細胞の興奮性の関係性についてF波を用いて検討した。

## 【方法】

対象は、研究内容について説明し同意を得た20~30歳代の右利きの健常者10名とした。MR課題は、回転して提示される手部の写真の左右側を判別するものとした。手部の写真は、左右の手掌・手背が0°、90°、180°、270°回転している写真(計16パターン)を用い、16回のMR課題を1試行として5試行実施し、各試行の正答率を算出した。F波は、安静時と各試行中に測定した。F波の刺激条件は、刺激部位を右正中神経(手関節部)、刺激強度を最大上刺激(最大M波の120%)、刺激の持続時間を0.2ms、刺激回数を16回とした。F波の記録条件は、探索電極を右短母指外転筋の筋腹上、基準電極を右母指基節骨上、接地電極を右前腕部とした。F波の分析項目は振幅F/M比とした。安静時の振幅F/M比を1としたときの各試行の振幅F/M比の相対値を求め、各試行のMR課題の正答率との相関関係について統計学的に検討した。

## 【結果】

各試行におけるMR課題の正答率と振幅F/M比の相対値の相関関係について、1試行目、2試行目では有意な相関を示さず、3試行目、4試行目、5試行目では有意な正の相関を示した。

## 【考察】

結果より、MR課題の試行回数を重ねるとMR課題の正答率と脊髄前角細胞の興奮性の間には正の相関が生じるようになることが示唆された。先行研究ではMR課題を繰り返すとう運動皮質、被殻後部などの運動関連脳領域が賦活することが報告されている(Berneiser, et al. 2016)。本研究において、MR課題の試行回数がある程度重ねることで運動関連脳領域が賦活し、脊髄へ向かう下降性線維を介して脊髄前角細胞の興奮性が增大する可能性があるが、同時に正答率に依存して変化するようになることが示唆された。

## 【結語】

MR課題では、提示された身体画像の部位をイメージすることでその部位に対応する脊髄前角細胞の興奮性が增大する可能性があるが、試行を重ねることで正答率の影響を受けるようになることがわかった。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 810)の承認を得て実施した。

## P-3-3-13

## ポスター発表3

## 僧帽筋下部線維と前鋸筋における運動単位の挙動様式の解明とScapular Dyskinesisを有する者の特徴

○國木 壮大<sup>1)</sup>, 桑原 大輔<sup>1)</sup>, 木藤 伸宏<sup>2)</sup>

- 1) 広島国際大学大学院 医療・福祉科学研究科
- 2) 広島国際大学 総合リハビリテーション学部

## 【目的】

肩甲骨運動に重要である僧帽筋下部線維や前鋸筋の運動単位(MU)の挙動様式の明確化と、Scapular Dyskinesis (SD)を有する者の特徴を検討すること。

## 【方法】

健常若年男性のうち正常な肩甲骨運動を有する7名(正常群)と、SDを有する2名(以下、SD-1及びSD-2)を対象とした。対象者は僧帽筋下部線維、前鋸筋の最大随意収縮(MVC)の30%、50%、70%で台形収縮を実施した。各筋の台形収縮は徒手筋力テストのポジションで実施した。Trigno Galileo sensor (Delsys, USA)で計測した生波形に対して筋電図decompositionを実施し、MU活動電位振幅(MUAP-amp)・発火頻度(FR)・動員閾値(RT)を算出した。またRT/FRの回帰直線の傾きを計算した。これらの運動単位の挙動様式を正常群の課題間(30%、50%、70%)、及び正常群とSD-1、SD-2と比較した。

## 【結果】

正常群においてMUAP-ampとFRの平均値は僧帽筋下部線維(MUAP-amp 30%: 0.14 ± 0.04 mV, 50%: 0.22 ± 0.07 mV, 70%: 0.30 ± 0.10 mV; FR 30%: 13.95 ± 1.99 pps, 50%: 16.40 ± 1.84 pps, 70%: 17.41 ± 1.29 pps)、前鋸筋(MUAP-amp 30%: 0.07 ± 0.14 mV, 50%: 0.11 ± 0.03 mV, 70%: 0.14 ± 0.05 mV; FR 30%: 12.49 ± 1.94 pps, 50%: 14.92 ± 1.68 pps, 70%: 16.33 ± 2.40 pps)共に力の増大に伴い増加した。また正常群のRT/FRの傾きは、僧帽筋下部線維(30%: -68.12, 50%: -49.57, 70%: -35.48)、前鋸筋(30%: -55.17, 50%: -51.89, 70%: -36.92)共に力の増大に伴い減少した。SD-1、SD-2においては正常群と比較して僧帽筋下部線維のMUAP-ampの平均値が低く(SD-1 30%: 0.09 ± 0.03 mV, 50%: 0.14 ± 0.06 mV, 70%: 0.20 ± 0.07 mV; SD-2 30%: 0.06 ± 0.02 mV, 50%: 0.13 ± 0.06 mV, 70%: 0.17 ± 0.08 mV)、SD-2の前鋸筋のMUAP-amp(30%: 0.04 ± 0.01 mV, 50%: 0.04 ± 0.01 mV, 70%: 0.05 ± 0.01 mV)とFR(30%: 7.47 ± 1.5 pps, 50%: 7.28 ± 1.4 pps, 70%: 8.99 ± 1.4 pps)の平均値が低い傾向が見られた。さらにSD-1及びSD-2の前鋸筋のRT/FRの傾きは力の発揮に伴いやや増加し(30%: -34.61, 50%: -35.85, 70%: -42.64)、正常群の結果とは反対の傾向を示した。

## 【考察】

MUAP-ampの大きさは、MUのサイズと相関する。僧帽筋下部線維と前鋸筋は力の増加に伴い動員するMUのサイズと発火頻度を増加させることが確認された。SDを有する者は僧帽筋下部線維や前鋸筋において動員するMUのサイズや発火頻度が小さい可能性がある。さらに前鋸筋のRT/FRの傾きは、正常群とSDを有する者で反対の傾向が見られた。これは前鋸筋において、正常群は力の発揮に応じて閾値の高いMUのFRを上げ、SDを有するものは閾値の低いMUのFRを上げる傾向が示唆される。

## 【結語】

僧帽筋下部線維と前鋸筋は力の発揮に伴いMUのサイズとFRを増加させるが、SDを有する者はMUの挙動様式が正常群とは異なる可能性がある。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 21-032)の承認を得て実施した。全ての被験者に研究の目的、趣旨を十分に説明し文書による同意を得た。

P-3-3-14

ポスター発表3

## 筋収縮後増強発生時における肘関節周囲筋の動態

○石井 智也<sup>1)</sup>, 笹田 周作<sup>2)</sup>, 小宮山 伴与志<sup>3)</sup>

- 1) 日本保健医療大学 保健医療学部
- 2) 相模女子大学 短期大学部
- 3) 千葉大学 教育学部

【目的】Suzukiら(1988)は最大随意筋収縮(MVC)2%の微細な力発揮(試験収縮)後に比較的大きな力発揮(条件収縮)を行うと、その後、試験収縮時の上腕二頭筋の筋電図量が増大することを報告し、この現象を筋収縮後増強と呼んだ。しかし、肘関節屈曲課題における主動作筋、共同筋、拮抗筋を含めた筋群において、試験収縮強度の違いによる筋収縮後増強がどのような動態となるか不明である。本研究では、肘関節周囲筋群を対象として、試験収縮強度の違いによって、筋収縮後増強がどのような影響を及ぼすか検討した。

【方法】健康成人16名を対象とした。運動課題は等尺性の肘関節屈曲とした。被験者は最大随意筋収縮(MVC)時の2%、10%、または20%強度のいずれかの試験収縮(Test 1)に続いて、50%MVC強度の条件収縮を行い、再びTest 1と同じ強度の試験収縮(Test 2)を行う様に教示された。筋電図は双極表面誘導法により右上腕二頭筋、右腕橈骨筋、右上腕三頭筋から導出した。

【結果】上腕二頭筋では、試験収縮強度が2%MVCの場合、Test 1に比べTest 2において有意な筋電図量の増大、また試験収縮強度が20%MVCの場合、Test 1に比べTest 2において有意な筋電図量の減少が観察された。腕橈骨筋、上腕三頭筋では試験収縮強度に関係なくTest 1に比べTest 2において筋電図量の減少が観察された。

【考察】条件収縮後、上腕二頭筋では増強効果が見られたが、腕橈骨筋、上腕三頭筋では異なる動態がみられた。上腕二頭筋では、異なるレベルの試験収縮に参画する運動単位の種類や活動頻度、さらに活動している運動単位の同期化が条件収縮によって修飾を受けることが示唆された。腕橈骨筋、上腕三頭筋では条件収縮後、上腕二頭筋とは異なる神経調節が行われている可能性が示唆された。

【結語】上腕二頭筋における試験収縮強度は筋収縮後増強の効果を規定する重要な因子である。腕橈骨筋、上腕三頭筋では条件収縮後、試験収縮強度に関わらず筋電図量は低下した。

【倫理的配慮、説明と同意】本申請で行う研究内容は事前に発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:P2105)で審査され、承認済みである。実験に参加される被験者には事前に実験内容について説明を行い、ヘルシンキ宣言に従い、インフォームドコンセントを得てから実験を行った。また、文部科学省、厚生労働省の「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」に基づいて、プライバシー保護の対策、安全の管理のもと実験を行った。

P-3-3-15

ポスター発表3

## 筋力調整能力へのランダム練習の有効性について

○笠原 敏史, 衛 雨亭, 江 林京, 千葉 愛未,  
石田 知也, 寒川 美奈, 遠山 晴一

北海道大学 保健科学研究所リハビリテーション科学分野

【目的】筋力訓練は一定の負荷または漸増負荷を用いて最大筋力の向上を目標に行われているが、日常生活では最大下での筋力調整能力が重要である。本研究は筋力訓練時の練習スケジュールに着目し、筋力調整能力への保持効果や他の動作への効果を明らかにすることを目的とした。仮説として、ランダム練習は筋力訓練においてブロック練習に比べて保持効果があり、他の動作にも有効であるとした。

【方法】参加者は健康大学生20名(平均24.5歳)。ウォーミングアップ後、利き足側の肘関節底屈筋群の視覚誘導型力追跡課題を用いて筋力調整能力の訓練を行った。ブロック練習は最大随意収縮時の筋力20%を一定速度(0.5Hz)で反復し、ランダム練習は同じ振幅で0.2、0.5、1.0Hzの速さをランダム順で行った。両練習とも9回を1セットとし、休憩を入れて9セット実施した。筋力調整能力は目標と実際に出力された力との根二乗平均誤差(RMSE)を計算し、さらに片脚立位時の足圧中心(COP)の軌跡を計測した。再テストは一週間後に行った。統計解析は反復測定2元配置分散分析(2群×3時間)を用い、事後検定にボンフェローニ検定を行った。有意水準は0.05未満とした。

【結果】RMSEに有意な相互作用はみられなかったが、時間の有意な主効果を認めた( $F = 26.676, p < 0.001$ )。その後の検定では、1週間後のランダム練習群のRMSEがブロック練習群よりも有意に低値を示していた( $p = 0.044$ )。片脚立位時のCOPの総軌跡長および左右の軌跡長に有意な差を認めなかったが、ランダム練習群のみ練習前と1週間後の前後の軌跡長に有意な差を認めた( $p = 0.032$ )。

【考察】過去研究では、ブロック練習は即時効果を得やすく、ランダム練習は保持効果を得やすいことが報告されている。本研究はランダム練習の保持効果を示す結果となった。ランダム練習はブロック練習に比べて文脈干渉が大きく、1回ごとに課題遂行のためのAction planを再構成する必要があるため運動記憶をより強固にする可能性がある。本研究の結果から運動学習に基づく練習スケジュールが筋力訓練においても有効に作用し、目的に応じて練習スケジュールを考慮することにより筋力訓練のさらなる効果が期待できる。

【結語】筋力訓練におけるランダム練習の筋力調整能力への有効性が明らかとなった。

【倫理的配慮】所属機関の倫理委員会の承認を得ており(承認番号21-61)、参加者に書面で十分な説明を行い、同意を得た後に実験に参加した。

## P-3-3-16

## ポスター発表3

## 体幹肢位の違いが足関節背屈直前のヒラメ筋の中枢神経系制御動態に及ぼす影響の検討

○高木 武蔵<sup>1,2)</sup>, 菅原 憲一<sup>3)</sup>

- 1) 神奈川県立保健福祉大学大学院 保健福祉学研究所
- 2) イムス横浜東戸塚総合リハビリテーション病院 リハビリテーション科
- 3) 神奈川県立保健福祉大学 リハビリテーション学科

## 【目的】

我々は前回学会にて健常者の端座位における足関節背屈時の足関節底屈筋H波の振幅が体幹肢位によって異なることを報告した。この振幅の変化時の中枢神経系制御動態を調査し、内反尖足に対する体幹肢位の影響を検討することを目的に本研究を実施した。

## 【方法】

対象は健常者9名(男性4名、25.5±1.43歳)。端座位での体幹屈曲位と伸展位の両肢位をそれぞれ設定した。各肢位において反応音に対して素早く足関節を背屈する反応時間課題を実施させ、課題中の前脛骨筋が活動する直前の時間帯で膝窩での電気刺激によるヒラメ筋のH波および経頭蓋磁気刺激によるMEPを測定し、それぞれ安静時に記録した値で除しH波およびMEPコントロール比を算出した。具体的な測定のタイミングは、反応音から50ms、80ms、110ms後の3パターンで各10回ずつの計測を行った。測定後、前脛骨筋が活動を開始するまでの反応時間をオフラインにて分析し、その反応時間に対して電気刺激および磁気刺激が先行した時間について、150ms、125ms、100ms、75ms、50msの時間の前後12.5秒ごとの各区間(bin)にまとめた。それぞれの時間帯毎に各コントロール比をまとめた上で、同時帯における体幹屈曲位と伸展位の測定値を対応のないt検定およびウィルコクソンの順位和検定で比較した。

## 【結果】

前脛骨筋活動開始125ms前の区間にて、ヒラメ筋のH波およびMEPのコントロール比は共に体幹屈曲位と比較して伸展位で有意に低値を示した(各 $p<0.05$ )。その他の比較においては有意差は認められなかった。

## 【考察】

足関節背屈筋の活動が生じる直前に拮抗筋であるヒラメ筋のH波が抑制される現象は、脊髄より上位の中枢によって脊髄反射が制御されたことに起因すると報告されている。本研究では、この上位中枢に起因すると考えられる前脛骨筋活動開始125ms前の区間の抑制が体幹肢位によって変化した。このことから、端座位における体幹屈曲位と伸展位では脊髄より上位の中枢神経系による脊髄反射の抑制動態が変化していることが推察された。また、この区間のMEPの低値が示されていることから、中枢神経系において抑制動態が優位となって生じた可能性があり、今後抑制回路のメカニズムの検証が必要であることが示唆された。

## 【結語】

端座位において、前脛骨筋が活動を開始する125ms前のヒラメ筋のH波は、体幹屈曲位と比較し伸展位で有意に低値を示し、その際のMEPも同様に低値を示した。これらのことから、体幹伸展位を随意的に取るによりヒラメ筋に対する抑制性制御が優位になることが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 保大第5-21-24)の承認を得て実施した。書面にて対象者に研究の目的や方法を説明し、同意書への署名により同意を得た。

## P-3-3-17

## ポスター発表3

## 一側の振動刺激は対側の脊髄前角細胞の興奮性を抑制する

○久納 健太<sup>1,2)</sup>, 竹中 孝博<sup>3)</sup>, 木村 大介<sup>4)</sup>, 鈴木 俊明<sup>2)</sup>

- 1) 医療法人和光会山田病院 リハビリテーション部
- 2) 関西医療大学大学院 保健医療学研究科
- 3) 平成医療短期大学 リハビリテーション学科
- 4) 関西医療大学 保健医療学部 作業療法学科

【目的】筋緊張抑制を目的に、筋緊張が亢進している筋の対側同名筋に振動刺激を与える方法がある(Jackson et al, 2000)。この方法は、罹患側の運動を妨げない利点がある一方で、一側の筋への振動刺激中に対側同名筋の筋緊張への影響を示した報告は散見される程度である。そこで、本研究は、一側の筋への振動刺激中に対側同名筋の筋緊張への影響を、筋緊張評価に定評のあるF波を用いて検討した。

【方法】対象は健常者14名(年齢26±3.0歳)とした。測定は、椅子座位にて、左短母指外転筋への刺激前と15秒間の刺激中のF波を右短母指外転筋から導出した。振動刺激条件では、圧の重さを400gに調整、刺激の周波数は80Hz、振幅は0.4mmに設定し、左短母指外転筋の筋腹へ15秒間連続的に与えた。圧刺激条件では、圧の重さを400gに調整、左短母指外転筋の筋腹を刺激した。なお、振動刺激と圧刺激には、筋肉・腱振動刺激装置MGV-1000-F(内田電子社製)を用いた。安静条件では、安静時の2時点のF波を導出した。F波記録条件は、刺激部位を正中神経、刺激頻度を2Hz、刺激持続時間を0.2ms、最小振幅基準は30μV、波形分析項目は振幅F/M比、出現頻度とした。統計学的検討は、Shapiro-Wilk検定にて正規性を認めなかったため、振動刺激条件と圧刺激条件と安静条件の3要因、刺激前と刺激中の2水準を固定効果とする一般化線形混合モデルで1次交互作用と2次交互作用を確認、さらに、主効果をWilcoxonの符号付順位検定にて確認した。

【結果】振幅F/M比では、2次交互作用を認めた( $p=0.002$ )。さらに、圧刺激条件-振動刺激条件( $p=0.002$ )、安静条件-振動刺激条件( $p=0.017$ )で1次交互作用を認めた。また、主効果では、振動刺激条件( $p=0.001$ )で刺激中において有意に低下した。一方、出現頻度においても2次交互作用を認めた( $p=0.010$ )。1次交互作用においては圧刺激条件-振動刺激条件で認めた( $p=0.002$ )。また、主効果では、振動刺激条件( $p=0.016$ )で刺激中において有意に低下した。

【考察】一側の皮膚感覚は、対側脊髄前角細胞の興奮性に影響を与えず(Delwaide et al, 1991)、圧刺激も同様の結果を示したものと考えられる。一方、一側の振動刺激は、対側同名筋の脊髄前角細胞の興奮性を抑制し、振幅F/M比と出現頻度の値が低下した。一側の振動刺激は、1a線維を介して感覚が伝達され(Gail, 1966)、また、一側の1a線維を介した感覚は脊髄内で交連介在ニューロンを介し、対側同名筋の筋緊張を抑制すると報告されている(Stubbs, 2010 Mrachaoz-kersting, 2017)。これらと同様のことが振動刺激でも確認されたと考えられる。

【結語】周波数80Hz、振幅0.4mm、圧力400gの振動刺激を左短母指外転筋の筋腹上に15秒間与えることで、振動刺激中に右短母指外転筋から導出したF波の出現頻度、振幅F/M比の値が低下することが示された。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、筆頭演者の所属機関の研究倫理審査委員会の承認を得ている。

## P-3-4-1

## ポスター発表3

## 脊柱の可動性が自律神経および心理的ストレスに与える影響

○中村 雄一, 半田 学, 半田 瞳  
株式会社 TRIGGER RESEARCH LAB

## 【目的】

自律神経は、内分泌・代謝系、免疫系、消化器系などの機能を調節し、身体が運動ストレスに適応するために重要な役割を担っている。また人体には「心身相関」と呼ばれる現象があり、身体と心は密接に関係しているとされている。心理的ストレスにより交感神経活動は賦活され、呼吸は浅く速くなる。交感神経活動の高い状態が持続すると呼吸補助筋の慢性的な筋緊張の亢進を招き、体幹の可動域を低下させる可能性がある。以上のことから、脊柱可動域と自律神経および心理的ストレス尺度との関係に着目し、脊柱の可動域向上が与える影響について検討した。

## 【方法】

対象は、一般公募で同意が得られた健康成人22名とした。対象者は、脊柱運動群と肩甲帯運動群にランダムに分類し、1回5分間の運動を1週間に3回以上、1ヶ月間介入した。測定項目は、胸椎屈曲可動域、自律神経均衡度、心理的ストレス反応尺度(以下SRS-18)とし、一重盲検法にて実施した。統計解析は、介入前の各群の基本属性について対応のない検定を用いて比較した。効果判定は、分割プロットデザインによる分散分析を用い、群と時間(介入前後)の2要因の交互作用が認められた項目のみ事後検定(Bonferroni法)を行った。SRS-18の下位項目と椎屈曲可動域および自律神経均衡度の関連性をSpearmanの順位相関係数を用いて算出した。なお、有意水準は5%とした。

## 【結果】

介入前の測定値は、すべての項目で有意な群間差は認められなかった。分散分析の結果、胸椎屈曲可動域、自律神経均衡度、SRS-18のすべての測定項目において交互作用が認められた。胸椎屈曲可動域は、脊柱運動群において介入前と比較して介入後に有意な増加がみられた。群間では、肩甲帯運動群と比較して脊柱運動群で介入後に有意な向上を認めた。自律神経均衡度は、脊柱運動群において介入前と比較して介入後に有意に交感神経の値が減少した。群間を比較すると、介入後において脊柱運動群は肩甲帯運動群に比べ有意な交感神経の低下を認めた。SRS-18の「無気力」と胸椎屈曲可動域および自律神経均衡度は有意な相関関係を認め、脊柱運動群において介入前と比較して介入後に有意な低下がみられた。脊柱運動群は、肩甲帯運動群と比較して介入後に無気力感の有意な減少を認めた。

## 【考察】

脊柱の運動は、胸椎の屈曲可動域を向上させ、交感神経活動を抑制することが明らかとなった。さらに、脊柱の運動は心理的ストレス尺度の「無気力」を軽減することが示唆された。脊柱の運動により脊柱の可動域が向上し体性神経系の求心性信号が減弱したためと考える。また交感神経活動が抑制されたことで、心理的ストレス尺度にも影響が現れたと考えられる。

## 【結語】

脊柱の運動は、交感神経の活動を抑制し、心理的ストレス尺度の「無気力」を軽減することが示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。

## P-3-4-2

## ポスター発表3

## 運動で骨格筋の脂肪を制御する 一高齢者骨格筋トランスクリプトームメタ解析によるシステム生物学アプローチ

○飯島 弘貴<sup>1,2)</sup>, 松井 祐介<sup>2,3)</sup>

- 1) 名古屋大学 高等研究院
- 2) 名古屋大学 医学系研究科
- 3) 東海国立大学機構 糖鎖生命コア研究所

## 【目的】

加齢や加齢性疾患に伴い、骨格筋内に脂肪が蓄積する。蓄積した脂肪は骨格筋の機能低下を引き起こすだけでなく、脂肪細胞から遊離されるアディポカインを介して、遠隔臓器の代謝障害をもたらす。2021年に報告されたメタアナリシスでは、エクササイズは慢性疾患患者の骨格筋内脂肪を減らすと結論づけており、エクササイズを治療介入として用いる理学療法に期待が寄せられている。では、骨格筋の質を最大化させる理学療法介入を確立するためには、どうしたらよいか。我々は、エクササイズによる骨格筋内脂肪の分子制御機構の理解が第1歩との認識の下、システム生物学的視点からの解決を試みている。本研究では、高齢者の骨格筋トランスクリプトームのメタデータを用い、不動やエクササイズによる骨格筋内脂肪の分子制御を探索する。

## 【方法】

ヒト骨格筋のトランスクリプトームに関するデータベースMetaMExより、65歳以上の高齢者を対象とした不動前後(2データセット、計18名)とレジスタンス運動前後(5データセット、計36名)に変動する遺伝子発現データを取得した。次に、不動やレジスタンス運動による骨格筋内の分子挙動が、骨格筋内脂肪組織や間葉系前駆細胞の脂肪分化と関連するか調べるため、GSEAソフトウェアを用いた遺伝子セットエンリッチメント解析を行った。解析には、ウェブ上で公開されている骨格筋内脂肪や脂肪分化に関連する遺伝子セットの他、GSEAより取得したPDGFR-alpha+間葉系前駆細胞のmicroRNA-206ノックアウト後(脂肪分化促進遺伝子群)の遺伝子リードカウントデータに対し、RソフトウェアのDESeqを用いて独自に定義した脂肪分化に係る遺伝子セットを使用した。

## 【結果】

【不動とレジスタンス運動は骨格筋内脂肪関連遺伝子群を有意かつ相反する方向に変動させた(p<0.001)。この結果は、間葉系前駆細胞の脂肪分化に係る遺伝子群を解析対象とした場合でも同様であった。最後に、骨格筋内脂肪の蓄積に直接的に関与するとされるPDGFR-alpha+間葉系前駆細胞の脂肪分化促進遺伝子群を解析対象とした場合でも、不動とレジスタンス運動はこれらの遺伝子群を有意かつ相反する方向に変動させた(p<0.001)。

## 【考察】

本研究では、不動やエクササイズによる骨格筋内脂肪の分子制御をゲノムワイドに探索した。骨格筋内の脂肪蓄積は間葉系前駆細胞、特にPDGFR-alpha+間葉系前駆細胞の脂肪分化亢進に起因するとされているが、本研究の結果より、不動やレジスタンス運動はこれらの脂肪分化を相反する方向に制御することで、骨格筋の脂肪量を増減させる可能性がある。

【結語】不動やレジスタンス運動は、骨格筋内の間葉系前駆細胞の脂肪分化関連遺伝子群を相反する方向に制御した。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は公開データを使用しているため、該当しない。

## P-3-4-3

## ポスター発表3

## 高強度間欠的運動は実験的自己免疫性筋炎マウスの筋持久力を改善する

○内藤 雷<sup>1)</sup>, 山内 菜緒<sup>1)</sup>, 徳田 奈央<sup>1)</sup>,  
木村 伊織<sup>1)</sup>, 芦田 雪<sup>1,2)</sup>, 檜森 弘一<sup>2,3)</sup>,  
山田 崇史<sup>1)</sup>

- 1) 札幌医科大学大学院 保健医療学研究科
- 2) 日本学術振興会 特別研究員
- 3) 名古屋市立大学大学院 理学研究科

## 【目的】

特発性炎症性筋疾患 (IIM)では筋力低下と共に易疲労性が認められ、日常生活が制限される。一方、従来、病態を悪化させる可能性があるとして敬遠されてきた高強度の運動が、安全にIIMの筋機能を改善することが報告されている。そこで本研究では、高強度間欠的運動 (HIIT)に着目し、IIMモデルである実験的自己免疫性筋炎 (EAM)マウスにおいてその効果を検討した。

## 【方法】

8週齢のBALB/c系雌性マウスを対照 (CNT)群, EAM群, EAMにHIITを負荷するEAM+HIIT群に分けた。EAMマウスは、ラットミオシンとフロイント完全アジュバントを含む混合物を1週間おきに3回投与することで作成した。HIITは、麻酔下にて神経筋電気刺激 (最大上刺激, 100 Hz, 0.25 s刺激・0.25 s休息, 60収縮6セット, セット間休息4分)を用い、EAM 惹起後2日に1回の頻度で4週間あるいは単回, 足関節底屈筋に対し負荷した。

## 【結果】

EAM群では筋持久力の低下が、クエン酸合成酵素およびシトクロムcオキシダーゼ活性の低下と小胞体 (ER)ストレスタンパク質 (Grp78, Grp94, PERK)の増加を伴っていた。一方、4週間のHIITは、EAMに伴うこれらの変化をすべて改善するとともに、ミトコンドリア生合成の主要な制御因子であるPGC-1 $\alpha$ およびミトコンドリア呼吸鎖複合体I, III, IVの発現量を増大させた。さらに、EAM筋では、単回のHIITによってPGC-1 $\alpha$ の転写制御因子 (AMPK, ACC, p38 MAPK)のリン酸化が生じた。

## 【考察】

IIM患者では、薬理的に炎症を抑制しても筋機能が改善しないことから、非炎症性の要因として、ERストレスを引き金としたミトコンドリア機能障害が注目されている。この考えを支持するように、本研究においても、EAMマウスの筋持久力の低下が、ERストレスの増大とミトコンドリア酵素活性の低下を伴っていた。一方、驚くべきことに、4週間のHIITは、EAMマウスの骨格筋におけるこれらの変化をすべて改善した。先行研究において、HIITがミトコンドリア機能を向上させるメカニズムには、PGC-1 $\alpha$ が重要な役割を果たすことが示されている。さらに、PGC-1 $\alpha$ の転写制御因子の一つであるAMPKの活性化は、ERストレスを抑制することが示されている。したがって、HIITによるPGC-1 $\alpha$ 発現経路の活性化が、ミトコンドリア機能を正常化することで、EAMにおける筋持久力低下を改善したと考えられる。

## 【結語】

HIITは、ERストレスによるミトコンドリア機能障害を改善するとともに、ミトコンドリア生合成を促進することで、IIM患者の筋持久力を安全に改善する可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究におけるすべての実験は、札幌医科大学動物実験委員会の承認を受け (承認番号: 18-030)施設が定める規則に則り遂行した。

## P-3-4-4

## ポスター発表3

## オーバートレーニングによる筋機能障害のメカニズム

○徳田 奈央<sup>1)</sup>, 渡邊 大輝<sup>2)</sup>, 内藤 雷<sup>1)</sup>,  
山内 菜緒<sup>1)</sup>, 木村 伊織<sup>1)</sup>, 芦田 雪<sup>1,3)</sup>,  
山田 崇史<sup>1)</sup>

- 1) 札幌医科大学大学院 保健医療学研究科
- 2) 国立循環器病研究センター 研究所
- 3) 日本学術振興会 特別研究員

【目的】オーバートレーニング症候群 (OTS)は、過度の運動と不十分な休息により発症し、骨格筋の長期的な機能低下を特徴とする。OTSは、特に競技者において高い頻度で発症するが、筋機能障害の病態機序は明らかにされておらず、その対策も十分に講じられていない。そこで本研究では、ラットにおいて、協働筋切除法 (SA)による代償性負荷モデルを作成し、慢性的な過負荷が収縮機能に及ぼす影響を検討した。

【方法】12-14週齢のWistar系雄性ラットの左後肢をSA群とし、麻酔下にて下腿三頭筋のうち腓腹筋とヒラメ筋の遠位約1/3を外科的に切除した。2週間後に、足底筋を採取し生理学的・生化学的分析に供した。

【結果】SA群では、筋重量および筋線維径が顕著に増大した。一方、スキンドファイバーにおける脱分極誘発性張力ならびに最大Ca<sup>2+</sup>誘発性張力が著しく低下した。また、それはマクロファージ (CD68, CD206), 小胞体ストレスタンパク (Grp78, Grp94, PDI), ユビキチン化タンパク, 脂質過酸化物質 (4-HNE) 陽性タンパクの増加と、興奮収縮連関タンパク (DHPR, RyR, JP1, STAC3)の減少を伴っていた。

【考察】OTSによる筋機能低下のメカニズムを解明し、その対策を立案するためには、実験動物モデルを用いた検討が求められる。SAは、筋肥大モデルとして広く用いられているが、ヒト骨格筋の肥大適応に比べ、短時間で急激な筋肥大をもたらすこと、また、炎症反応を伴うことが示されており、生理学的な範疇を逸脱したOTSモデルとして利用できる可能性がある。その考えを裏付けるように、本研究において、SA後の筋では、急激な筋肥大が引き起こされる一方、収縮機能の障害が生じることが示された。さらに、SAに伴う収縮機能の低下は、炎症反応あるいは小胞体ストレスによる酸化ストレスを引き金とした、興奮収縮連関ならびに筋原線維タンパクの分解や酸化的修飾により誘導されることが示唆された。

【結語】OTSにおける骨格筋の機能障害は、興奮収縮連関不全および筋原線維の機能低下を伴い、そのメカニズムには、炎症/ERストレスを引き金とした酸化ストレスの上昇およびそれに伴う筋タンパク質の退行性変化が関与すると考えられる。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会 (承認番号: 21-104)の承認を得て実施した。

## P-3-4-5

## ポスター発表3

## 繰り返し起こる血圧低下による脳酸素化ヘモグロビンの変化

○松橋日和<sup>1)</sup>, 秦偉翔<sup>3)</sup>, 堀田一樹<sup>4)</sup>,  
井上達朗<sup>1,2)</sup>, 田宮創<sup>2)</sup>, 池上諒<sup>2)</sup>, 高見澤怜<sup>1)</sup>,  
一杉直樹<sup>1)</sup>, 椿淳裕<sup>1,2)</sup>

- 1) 新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究所 保健学専攻 理学療法学分野
- 2) 新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所
- 3) Wuhan Sixth Hospital and Affiliated Hospital of Jiangnan University Department of rehabilitation medicine
- 4) 北里大学大学院 医療系研究科

【目的】負荷量が繰り返し変動するインターバル運動は、負荷量の変化に伴い血圧の変動も生じる。運動の有無に関わらず繰り返し血圧が変動した場合の脳血流の変化を検証することは、脳のリスク管理に活かすことができる。本研究は、運動を伴わずに血圧低下を2回生じさせ、血圧の変動に脳血流がどう反応するか、血圧および脳血流の変化量に違いが生じるかを検証することである。

【方法】健康な大学生21名(男性12名, 女性9名)を対象とした。対象者は静穏な実験室内に設置したリカンベント型のシートに座り、左右両大腿部に駆血用のカフを巻き、安静を指示した。250mmHgの圧をカフに加え、5分間駆血した後、カフ圧を解放することで、血圧低下を生じさせる操作を2回繰り返した。1回目の駆血解放から2回目の駆血開始までには5分間の安静を設けた。この間、近赤外イメージング装置(LABNIRS, 島津製作所)により左右前頭前野(L-PFC, R-PFC)の酸素化ヘモグロビン(O2Hb), を経時的に計測し、beat by beatで非観血的に平均血圧(MAP)を測定した。MAP, L-PFCおよびR-PFCのO2Hbいずれも、駆血解放直前30秒の平均値と解放後の最低値との差を変化量とし、対応のあるt検定により解放1回目と2回目の変化量を比較した。また、MAPとO2Hbの変化量の相関関係の強さをL-PFCおよびR-PFCで確認した。

【結果】駆血解放により、MAP, L-PFCおよびR-PFCのO2Hbは駆血解放直前30秒の平均値に比べ、解放後の最低値は有意に低かった(いずれも $p<0.05$ )。その低下幅はMAPで1回目 $31.7\pm 6.4$  mmHg, 2回目 $31.3\pm 6.4$  mmHgで、有意な差はなかった( $p=0.82$ )。L-PFCおよびR-PFCのO2Hbは駆血解放により低下したが、いずれの領域も1回目と2回目との間に有意な差はなかった(L-PFC: 1回目 $0.1820\pm 0.0717$  M $\cdot$  cm, 2回目 $0.1874\pm 0.0775$  M $\cdot$  cm,  $p=0.43$ , R-PFC: 1回目 $0.1882\pm 0.0555$  M $\cdot$  cm, 2回目 $0.1924\pm 0.0632$  M $\cdot$  cm,  $p=0.61$ )。MAPとO2Hbの変化量の相関関係について、L-PFCでは弱い正の相関が認められ( $r=0.36$ ,  $p<0.05$ )、R-PFCでは相関関係は認められなかった( $r=-0.02$ ,  $p=0.90$ )。

【考察】脳には血流の自動調節能があり、MAPが70~150mmHgの範囲では脳血流は変わらないとされる。本研究で一過性のMAP低下は $31.3\sim 31.7$ mmHgであったにもかかわらず、L-PFCおよびR-PFCのO2Hbは有意に低下したことから、O2Hbの変動は血圧変動の影響を受け、特にL-PFCでこの影響が強いことが考えられる。また2回の血圧低下の間にMAPおよびO2Hbの変動には変化がなかったことは、2回の血圧低下の反応は同等であることが考えられた。

【結語】繰り返し起こる血圧低下により前頭前野の脳血流は繰り返し低下する。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 18649-210618)の承認を得て実施した。また対象者には口頭および文書による説明をし、文書による同意を得た。

## P-3-5-1

## ポスター発表3

## 肩峰軌道解析による肩甲帯機能評価の開発 一固定方法の違いによる体幹回旋代償運動の影響一

○千田悠人, 村上賢一, 藤澤宏幸  
東北文化学園大学 健康社会システム研究科

## 【目的】

肩甲帯は、上肢の円滑な運動を行う際に重要な役割を担っている。現在、臨床で用いられている肩の動的評価法にて肩甲帯のみを課題とした評価方法は存在しない。そこで、我々は肩甲帯の直線運動を課題とした評価法を考案し、固定なし条件が最も簡便かつ適切な方法である可能性を報告した。ただし、先行研究では体幹回旋の代償運動の検討していなかったため、本研究では体幹回旋の代償運動を計測し、適切な固定方法を再検討することを目的とした。

## 【方法】

対象は肩関節疾患の既往がない若年健康男性2名、女性5名(身長:  $165.2\pm 7.1$  cm、体重:  $59.4\pm 11.5$  kg、年齢:  $20\pm 2$  歳)とした。運動課題は座位姿勢にて肩甲帯の屈伸運動とした。運動周期はメトロノームを使用し1Hzで行った。運動教示は「できるだけ大きく滑らかに前後に動かしてください」とした。体幹および非測定肢の肩甲帯の固定条件を、①固定なし、②徒手固定、③ベルト固定の3種類とした。測定肢はボールを投げる側とした。使用機器には三次元解析装置を用い、サンプリング周波数は250 Hzとした。反射マーカは肩峰と胸骨切痕、第7頸椎棘突起に貼付した。計測は各条件につき10周期測定した。データ解析は中間5周期分を用い、軌道幅、関節運動範囲、胸鎖関節部の変動量、体幹回旋の平均値と標準偏差を算出した。統計解析は、各固定条件にて反復測定分散分析を行い、事後検定はHolm法を用いた。なお、統計学的有意水準は危険率5%未満とした。

## 【結果】

屈伸運動における条件毎の軌道幅は① $12.2\pm 3.2$  cm、② $10.0\pm 2.7$  cm、③ $12.3\pm 2.5$  cm、関節運動範囲は① $31\pm 8$ 度、② $26\pm 6$ 度、③ $30\pm 7$ 度、胸鎖関節部の変動量は① $0.8\pm 0.3$  cm、② $0.8\pm 0.5$  cm、③ $0.9\pm 0.4$  cm、体幹回旋は① $13\pm 5$ 度、② $12\pm 6$ 度、③ $12\pm 4$ 度であった。各固定条件による比較では、どの条件も主効果を認めなかった。

## 【考察】

本研究では、どの条件間においても有意な差を認めなかった。そのため、臨床での簡便性を考えると1人の検者で測定することができる固定なし条件が最も適している可能性が示唆された。ただし、機能障害を有する場合には徒手固定を考慮する必要がある。

## 【結語】

肩甲帯屈伸の直線運動を課題とした動的評価法の固定方法を再検討した。固定方法は、①固定なし②徒手固定③ベルト固定の3条件で行い、アウトカムは軌道幅、関節運動範囲、胸鎖関節部の変動量、体幹回旋を算出した。本結果では、各条件に有意な差は認めなかった。そのため、先行研究同様、簡便に行える固定なし条件が適切な固定方法である可能性が示唆された。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

対象者には研究の趣旨について書面及び口頭にて説明した後、書面にて参加の同意を得た。なお、本研究は発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: 文大倫第21-10号)の承諾を得て実施した。

## P-3-5-2

## ポスター発表3

## マーカレスモーションキャプチャを用いた2ステップテスト動作の動作分析における信頼性の検討

○小野 伊風生<sup>1)</sup>, 進矢 正宏<sup>2)</sup>, 田中 亮<sup>2)</sup>, 吉本 航平<sup>2)</sup>, 岩本 義隆<sup>1)</sup>, 石井 陽介<sup>1)</sup>, 高橋 真<sup>1)</sup>

1) 広島大学大学院 医系科学研究科  
2) 広島大学大学院 人間社会科学研究所

## 【目的】

動作分析においては、光学式3次元動作解析システムが一般的であるが、臨床現場で使用することは容易ではない。一方、マーカレスモーションキャプチャシステム(以下、MLS)は、比較的 low コストで大規模なセットアップが不要なため、臨床現場で容易に使用できる。本研究では、2ステップテスト中の運動学データを光学式3次元動作解析システムとMLSで取得し比較することで、2ステップテストの動作分析におけるMLSの信頼性を調査し、臨床現場への応用の一助とすることを目的とした。

## 【方法】

対象は健康若年男性7名(平均21.9 ± 0.7 [歳])とし、課題動作は右足からの2ステップテスト動作とした。運動学データは3次元動作解析システム(Vicon Motion Systems社)とMicrosoft Kinect v2センサー(Microsoft社)を用いて取得した。取得した運動学データから矢状面関節角度(股関節、膝関節)を算出し、そこからピーク値を抽出した。両システム間の一致性はBland-Altman分析を用いて評価した。ピーク値の差(Vicon - Kinect v2)から、その平均値(以下、 $\bar{d}$ )と95%信頼区間を算出して加算誤差の有無を調べ、Bland-Altman plotからはPearsonの相関係数を算出して比例誤差の有無を調べた。なお有意水準は5%とした。

## 【結果】

関節角度ピーク値は右股関節、左股関節、右膝関節からそれぞれ2つずつ、左膝関節から1つを抽出した。そのうち加算誤差はすべてのピーク値で、比例誤差は4つのピーク値で認められた。その時の $\bar{d}$ はすべて正の値であり、左膝関節と左股関節の1stピーク、右膝関節と右股関節の2ndピークにおいては $\bar{d} > 5^\circ$ であった。

## 【考察】

加算誤差の結果と $\bar{d}$ の値から、Kinect v2から得られた下肢関節角度のピーク値は、Viconと比較して小さく算出される傾向がみられた。このことより、Kinect v2を用いて2ステップテスト動作の関節角度を算出する場合は、グラフ全体を正の方向へと平行移動させるなど、誤差を最小限にする修正を加えることを検討する必要がある。また関節角度において、臨床現場で許容される誤差は $5^\circ$ 未満とされているが、4つのピーク値において $\bar{d} > 5^\circ$ であった。対象者は右足から動作を開始しているため、その4つのピーク値はカメラの視点において奥側に位置していた。このことからKinect v2はカメラの視点において、追跡対象となる関節が奥側に位置する場合は、追跡精度が低下する可能性がある。

## 【結語】

Kinect v2は下肢関節角度のピーク値とともに小さく算出する傾向があり、グラフ全体を正の方向へと平行移動させるなどの修正を加えることを検討する必要がある。

## 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、発表者が所属する施設の研究倫理委員会(承認番号: E-467号)の承認を得て実施した。

## P-3-5-3

## ポスター発表3

## Open Poseを用いた立ち上がり・着座動作における関節角度の測定精度 —三次元モーションキャプチャとの比較—

○野池 貫志<sup>1,2)</sup>, 井ノ上 真白<sup>3)</sup>, 野嶋 一平<sup>1)</sup>

1) 信州大学 医学系研究科保健学専攻理学療法学領域  
2) 北アルプス医療センターあづみ病院 リハビリテーション科  
3) 信州大学 医学部保健学科理学療法学専攻

【目的】立ち上がりや着座動作は日常生活において必要不可欠であり、その動作の質を客観的に判定する上で、動作中の関節角度を定量的に評価することは重要である。従来、このような評価には三次元動作解析装置が用いられてきたが、複数のマーカーや高性能カメラを必要とし、測定に手間とコストがかかるため臨床現場では利用しにくいという欠点がある。一方、深層学習技術によって動画情報から対象者の関節位置情報を算出することができるOpen Pose(以下、OP)を利用することで、マーカーや特別な測定環境を必要とせず、低コストかつ簡便に関節角度の解析が可能となることが期待される。そこで本研究では、OP利用のための基礎実験として、立ち上がりテストを対象動作とし、三次元モーションキャプチャシステム(以下、3MC)とOPの関節角度の測定結果を比較し、OPの測定精度の検証を行った。

【方法】対象者は健康若年者9名(男性5名、女性4名、平均年齢21.5 ± 0.53歳、平均身長167.1 ± 8.2cm)とし、動作評価を3MC(Motive2.X, OptiTrack製カメラ4台)と、smartphone1台を用いて行った。運動課題は5回立ち上がりテストとし、対象者は高さ40cmの椅子から両手を胸の前で組んだ状態で課題を行った。解析対象は体幹、股関節、膝関節、足関節角度とした。3MC用の反射マーカーの位置は、右側の肩峰、大転子、膝関節外側裂隙中央、外果、第五中足骨頭の計5か所とした。OPの解析に用いる動画の撮影は、対象者の右側面から3MCの測定と同時に、どちらもサンプリング周波数は120Hzとした。測定精度の指標は平均絶対誤差(以下、MAE)と相互相関(以下、Xcor)とした。

【結果】体幹角度はMAE 3.35 ± 1.25(°), Xcor 0.985 ± 0.008, 股関節角度はMAE 4.82 ± 1.83(°), Xcor 0.9956 ± 0.006, 膝関節角度はMAE 5.09 ± 1.47(°), Xcor 0.9978 ± 0.0014, 足関節はMAE 15.45 ± 4.25(°), Xcor 0.9963 ± 0.0028であり、足関節のみMAEが大きくなった。

【考察】Xcorは全対象関節角度で高い相関があり、関節角度の変化を示す波形はOPと3MCで類似したと考えられる。また、体幹、股関節、膝関節角度のMAEはそれぞれ3~5°と高い精度を示したが、足関節は15.45°と大きな誤差を認めた。先行研究では3MCの試行間の関節角度の誤差は4°未満とする報告もあり、OPにおける体幹、股関節、膝関節角度の計測は高い精度で測定可能であることが考えられた。一方で足関節については誤差が大きく、これは歩行を対象とした先行研究でも同様の結果であったことから、OPによる計測の限界である可能性がある。

【結語】OpenPoseを用いた立ち上がり・着座動作における関節角度の測定精度は体幹、股関節、膝関節角度において高く、実用的な測定方法となり得る。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究はヘルシンキ宣言に従い倫理と個人情報に配慮し、口頭での説明と書面にて同意を得て実施した。

## P-3-5-4

## ポスター発表3

## スマートフォンの水準器を用いた胸腰椎の彎曲角測定—性差に着目した妥当性の検証—

○宮沢 有希子<sup>1,2)</sup>, 庭田 幸治<sup>1)</sup>, 牧野 美里<sup>2)</sup>, 高見 彰淑<sup>2)</sup>

1) 東北メディカル学院 理学療法学科

2) 弘前大学大学院 保健学研究科総合リハビリテーション科学領域

【目的】不良姿勢に伴う動作障害や腰痛を改善するには、胸椎・腰椎の彎曲の評価が重要であることが報告されている。しかし臨床での定量的な評価法は未だ確立されていない。これまでにデジタル傾斜計を用いた胸椎彎曲角測定が試みられているが、報告による測定部位の違いや、対象者が男女どちらかに限られているなどの理由から、臨床応用での妥当性は十分に検証されていない。そこで本研究では、デジタル傾斜計よりも汎用性と普及率の高いスマートフォンを用いて、男女別に胸椎および腰椎の彎曲角度を測定する事とした。測定値の信頼性が報告されているSpinal Mouse(以下SM)による測定値との関連を調べ、スマートフォンによる測定値の男女別の妥当性を検討する事を目的とした。

【方法】対象は28名(男性14名、女性14名、平均年齢21.9±0.57歳、BMIは男性25.0±4.0、女性21.9±2.4)で、測定姿勢は座高の最も高いUplight座位とした。スマートフォン(iphone SE2)の短辺を①C7-Th1 Th12-L1③L4-5の各棘突起間にて、水準器機能(以下、水準器)を使ってそれらが水平線となす角度を測定した。胸椎彎曲角は①マイナス、腰椎彎曲角は③として算出した。検者2名が1人の対象者につき5回ずつ測定し、それらの平均値を測定値とした。SMではTh1/Th2~Th12/L1までの累計を胸椎彎曲角、Th12/L1~L4/L5までの累計を腰椎彎曲角として算出した。水準器とSMとで得られたデータ間の相関分析を行い、有意水準5%未満で妥当性を検証した。

【結果】胸椎後彎角の測定値は、男性は水準器30.9±6.5度、SM31.6±4.6度、女性は水準器35.3±6.6度、SM36.4±8.1度であった。相関係数は、男性0.76、女性0.92といずれも高い相関が認められた。腰椎前彎角の測定値は、男性は水準器3.8±5.4度、SM2.4±6.0度、女性は水準器8.1±6.7度、SM8.6±7.0度であった。相関係数は、女性は0.77と高かった一方、男性は0.43(P=0.12)となり、有意な相関が認められなかった。

【考察】水準器による胸椎の彎曲角測定はSMの測定値との高い相関が認められ、その妥当性が示された。しかし腰椎では、女性には高い相関が認められたが、男性には相関が認められなかった。その要因として、男性の方が腰椎彎曲角が小さく、かつBMIが高い事が挙げられる。水準器で体表面の角度を測定する際、BMIが大きいほど軟部組織による表面形状変化が大きく、測定値に影響したと考えられる。また彎曲角が小さいほど水準器で算出した測定値とSM測定値との差の割合が大きくなると考えられる。

【結語】スマートフォンを用いた男女の胸椎と女性腰椎の彎曲角測定値には妥当性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】本研究は、弘前大学大学院保健学研究科倫理委員会(承認番号:2021-023)の承認を得て実施した。

## P-3-5-5

## ポスター発表3

## 体重負荷による足部変位とSkin Movement Artifact

○佐藤 俊彦, 福井 勉

文京学院大学 保健医療技術学部

【目的】体重負荷による足部変位は、膝、股関節の動きや負担に影響する。また、足底板や靴、装具のフィッティングを左右すると考えられている。その変位は微細なため、Artifactを考慮する必要がある。今回体重負荷による足部の変位とSkin movement artifact(Sma)を明らかにすることを目的とした。

【方法】健康成人31名(男性15名、女性16名)の左足を対象とした。足部形状計測は3Dフットスキャナー(INFOOT, I-Ware Laboratory社製)を使用し、基本データを出力した。足部の三次元座標データはFile Converter (I-Ware Laboratory社製)を使用し、出力した。本測定装置ではランドマークシール(シール)と体表面を計測基準とする。シールは、内果最突点(内果点)、外果最突点(外果点)、舟状骨最下端点(舟状骨点)、第一中足骨頭の最内側点(MT点)、第二中足骨頭、第五中足骨頭の最外側点(MF点)の6点に同一検者が貼付し、出力した。体表面はかかと点、足背高点、足囲最高点の3点を出力した。かかと点と床面を原点とし、足軸をX軸と一致させた。シール貼付肢位と測定肢位は、①座位でシール貼付し、計測②座位でシール貼付し、立位で計測③立位でシール貼付し、計測の3通りとした。①と③の違いを足部変位、②と③の違いを足部Smaとした。足部データの違いは正規性の有無に応じて対応のあるt検定またはウィルコクソンの符号付き順位検定を用いて分析した。データの正規性は、Shapiro-Wilk検定を使用し、有意水準はすべて5%未満とした。

【結果】足部基本データでは、座位と比べ立位で足長、足囲、足幅、踵幅、踵部角度(外反+)が有意に大きく、第五趾角(内反+)が有意に小さかった。足部の三次元座標データでは、足部変位は座位と比べ立位でかかと点が下方へ、内果点が前内下方へ、外果点が前内下方へ、舟状骨点が内下方へ、MT点が前内下方へ、第二中足骨頭が前下方へ、足背高点が前内下方へ、足囲最高点が前下方へ有意な変位を示した。足部Smaは、シールを貼付し直した後と比べ、内果点が後上方に、外果点が後上方に、第二中足骨頭が後内上方にシールが位置しており、有意なSmaを示した。

【考察】足部基本データは山崎らの報告と一致し、足部の変位について大窪らの報告に加えて、内外果の変位が明らかとなった。足部のSmaは皮膚の可動性が大きい部位を示したと考える。左足のみであり、測定肢位を目視でしか確認できないことは考慮する必要がある。

【結語】足部のマルチセグメントモデルのSmaによる誤差を考慮し、膝、股関節の動き、負担を検討する必要がある。また、足底板、靴、装具のフィッティングや足部評価には、体重負荷による足部変位を三次元で考慮する必要がある。

【倫理的配慮、説明と同意】被験者に対して本研究の趣旨を説明し、文書にて同意を得た。本研究は東京医科大学倫理審査委員会(T2019-0261)、文京学院大学倫理審査委員会(2018-0011)の承認を受けた。

## 編集後記

COVID-19が猛威をふるいだし、はや3年が経過いたしました。日本基礎理学療法学会学術大会は、25回大会、26回大会と2年連続のオンライン開催でありましたが、27回大会にして、ようやく対面での開催となりました。

第27回日本基礎理学療法学会学術大会（大会長：鈴木俊明 [関西医療大学大学院]，副大会長：中野治郎 [関西医科大学]）は、2022年10月1日（土）から2日（日）にかけての開催でありました。一般演題の発表数は250演題にも上り、研究活動が円滑に進まない社会情勢の中、多数の演題をお寄せいただきましたこと、心よりお礼申し上げます。演題発表、質疑応答だけであれば、当然オンラインでも可能であります。一方で、発表時の会場の空気感や、Face to Faceでの近況報告会、このようなことは対面開催の醍醐味と思います。あの時の記憶を思い出させてくれるような250演題の抄録集を、第25巻特別号にて掲載をさせていただいております。ぜひ、皆様も抄録集を読み返していただき、対面開催での様々な記憶を思い起こしていただければと思います。

第27回日本基礎理学療法学会学術大会  
準備委員長 福本悠樹（関西医療大学）

## 編集委員会（一般社団法人 日本基礎理学療法学会 学術局学術誌部）

編集委員長 中野治郎  
編集委員 石田和人 木山良二 谷口匡史 福本悠樹  
福元喜啓 前島 洋 森下勝行  
学術局長 市橋則明

※査読は日本基礎理学療法学会専門会員Aに依頼

---

# 基礎理学療法学

25巻 特別号

2023年1月27日 発行

編集  
発行

一般社団法人  
日本基礎理学療法学会  
〒106-0032  
東京都港区六本木七丁目11-10

DTP

株式会社東京プレス  
〒161-0033  
東京都新宿区下落合3-12-18

---



new

# マーカースレス<sup>®</sup> MA-1500

※「マーカースレス」は、アニマ社の登録商標です。



## 簡単で臨床向きな動作解析

マーカース取り付け不要・サッと計測解析

矢状面	前顔面
体幹前傾角 0.15 体幹傾き -3.06	体幹前傾角 23.49 体幹傾き 1.75

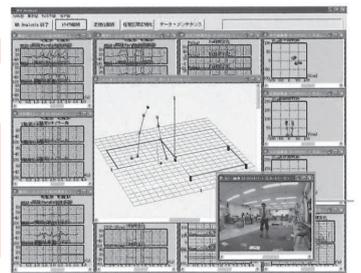


MA-1500と  
MA-3000の  
システム化により  
充実した解析が  
可能です。



## 三次元動作分析システム | ローカス3D | MA-3000

最もスタンダードなタイプです。  
臨床検査を意識して限られたスペースでも対応できるようにカメラの取り付けを工夫しました。なお100Hzのスピード計測が可能です。



## 赤外線反射マーカ方式



手のひらサイズでコンパクト



カメラがコンパクトなのでカメラスタンドを置くスペースがなくても柱や天井などに目立つことなく簡単に取り付けができます。



カメラ3台で1組のユニットタイプもあります。  
ユニットタイプは施設内の移動が簡単で構成不要です。

ユニットタイプ

# EMG-EYE II

Wireless EMG sensor

1CH 4CH 8CH

Global  
**高精細!**  
**ワイヤレス筋電計**  
 Technology



PC/スマホ/タブレットにて表示、測定可能!

## 特長

- ・ ワイヤレスで測定の自由度アップ!
- ・ 筋電グラフをリアルタイムで表示
- ・ 筋電データはCSVファイルとして保存
- ・ 1CHタイプ、多チャンネル(4CH / 8CH用。集計ボックス付属)タイプをご用意
- ・ 増幅率(x500~x10000)やサンプリング周波数(200Hz, 500Hz)を選択可能

## 4CHタイプ構成内容(E1)



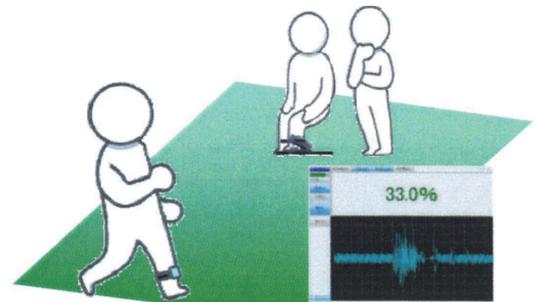
※ 本製品は医療機器商品ではありません。

## 応用製品も開発中です

筋電を測定することで、使用者への負担の状態が分かります。

腰への負担状況を可視化して腰痛予防

「介護動作支援システム」



「筋肉の動き」や「筋力」を可視化

本製品のお問合せは下記までご連絡ください。

▶ 筋電計の応用製品化に関するご意見ご提案などもお待ちしております。

グローバル・リンクス・テクノロジー株式会社

〒433-8116 静岡県浜松市中区西丘町 943-1

TEL: 053-401-0882

FAX: 053-401-0883

HP: <http://www.glinx.co.jp> (HP からのお問合せも可能です)



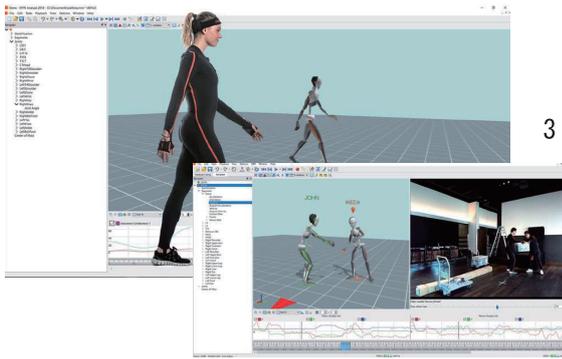
より良い生活環境を創造と知恵で築く技術集団

グローバル・リンクス・テクノロジー株式会社

Global Linx Technology Co., Ltd.

◆IMU センサ式モーションキャプチャ XSENS

短いセットアップ時間で、屋内・屋外問わず、どこでも計測が可能！



光学式ではカメラから隠れてしまう動作も計測可能！

磁場の影響を受けません！

3種類のハードウェア&ソフトウェアの構成をお選び頂けます

60Hz スタートシステム	¥1,915,000	～
60Hz システム	¥2,545,000	～
240Hz システム	¥3,949,000	～

小型IMUセンサー XSENS DOT

センサー x5 専用チャージケース付属 ¥166,000 - (税抜)

サイズ36 x 30 x 10mm、重量10gのコンパクトなデザインの9軸慣性センサー

IP68防水/防塵設計 Bluetooth 5.0対応



◆EXXENTRIC フライホイールトレーニングシステム kBox4 Pro/ k Pully2

円盤状のウェイトを回転させ、加減速する際の慣性から得られる負荷を利用したトレーニングです。フライホイールトレーニングの最大の利点は、エキセントリックオーバーロード(エキセントリック局面の力発揮がコンセントリック局面より大きい状態)のトレーニングを、実用的・効率的な方法で安全に行うことができるということです。ストレングストレーニングとしてだけでなく、エキセントリック局面でのケガの予防や受傷後のリハビリにも最適です。



◆VALD PERFORMANCE 筋力測定システム

ハムストリングの強度と左右差を簡単・正確に測定！

股関節・肩関節の強度と左右差を素早く測定！

1回のジャンプで選手のパフォーマンスを瞬時に解析！



**NORDBORD**  
HAMSTRING TESTING SYSTEM

**FORCEFRAME**  
STRENGTH TESTING SYSTEM

**FORCEDECKS**  
DUAL FORCE PLATE SYSTEM

◆TELEMED 超音波測定器

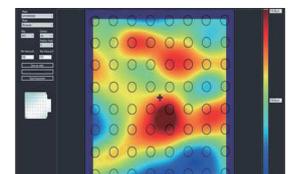
- ・コンパクトな超音波測定器。PCとUSB接続。
- ・モーションキャプチャー、高速カメラ等と同期計測が可能
- ・テーピングで固定できるプローブにも対応！



◆OTBIO 多点筋電計測システム

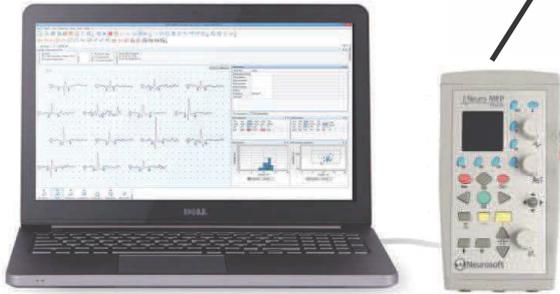
計384チャンネルの電極を装備した多点筋電計測システム

- ・これまでにない表面筋電位を計測可能
- ・筋内の活動の部位差の測定、活動変位の伝搬速度を算出することができます。



小型誘発筋電計 【認証番号:229ADBZX00012000】

# Neuro-MEP-micro



小型の超低ノイズの誘発筋電計  
末梢神経から大脳誘発電位まで幅広い検査が可能

- ・ 超小型ポータブルEMG用アンプ (2ch) 超低ノイズ
- ・ 刺激・収録・制御・表示機能を備えたオールインワン
- ・ 高品質の収録: サンプルレート最大 100kHz 24Bit
- ・ パソコンとUSB 1本で接続するだけで、伝導速度検査、針筋電図、大脳誘発電位、事象関連電位の検査が可能
- ・ 検査室のみならず、病棟・野外フィールド・研究室での測定が可能

## パラメータ

NCS/Fwave/MUP/SEP/MUNIX/CMAPSCAN

\*Option

ABR/VEP/P300/CNV/MMN



## イーストメディック株式会社

〒920-0062 石川県金沢市割出町702番2

TEL: 076-239-4761 FAX: 076-239-1771 URL: <http://www.east-mediac.jp>

### 振動刺激装置、触覚感覚刺激装置、電気刺激装置

#### 振動刺激装置

ソレノイド振動刺激

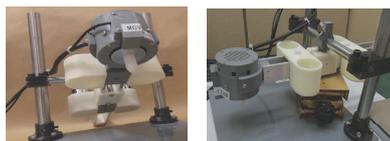


#### ボイスコイル振動刺激

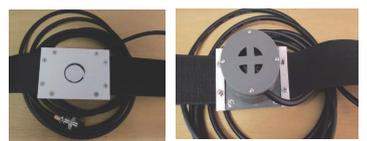
振幅表示付振動制御器



加圧調整型振動素子



筋肉・腱刺激振動素子



#### 電気刺激装置

1CH 電気刺激



4CH 電気刺激



バイポーラパルス出力  
最大 ±100V、100mA  
パルス 100μs ~ 999ms  
繰返し 10ms ~ 9999ms

1/2/4/6/8/12/24Well カーボン電極



マウス・ラット用水平型培養皿



骨格筋を水平に置いて培養実験

水平型培養皿恒温層



設定温度は 10℃ ~ 45℃ 精度 ±1.0℃  
エア供給・電気刺激・筋収縮測定  
ベルチェ温度制御、外形 w70xh90xd190

骨格筋・腱用フック電極



フックの先に平行電極が有り  
引っ掛けてスライド板により固定

PZT 振動刺激装置と PZT 振動素子



MRI 用握力測定器



非磁性体手首回転測定器



シャッターゴーグル



触覚・皮膚感覚等の振動発生器、腕・足など刺激・運動測定装置、両手・両腕マニピュランダム その他 特注測定試験器

## 内田電子株式会社

〒193-0823 東京都八王子市横川町 29-1 TEL: 042-625-4404

<http://udm.jp> [ud@indigo.plala.or.jp](mailto:ud@indigo.plala.or.jp)



Trusted software. Reliable data  
With High-end EMG System

## Nicolet® EDX

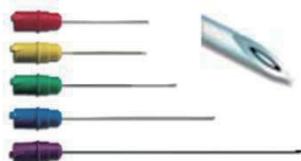
- 使いやすく、そして早く -

ハードウェアの信頼性と共に、60年以上にわたり  
築き上げた知識と経験を結集したマスターソフトウェア  
を新たに搭載  
ニコレーEDXは“Elite”へと進化しています

従来の患者データベースと検査プロトコルの互換性を担保  
しつつ、新たなワークフローとユーザ・インターフェイス  
によりスムーズな検査を実現します。

低ノイズ/高サンプリング周波数のアンプで、臨床と研究をサポートいたします。  
より素波形に近い綺麗なアナログアウト出力で、精度の高い解析が可能となります。

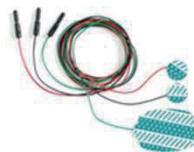
### Supplies 表面電極や針電極など多彩なラインナップ



TECA ELLITE  
針電極 (筋電図用)



TECA ELLITE  
針電極 (インジェクション用)



ディスプレイザブル  
表面電極

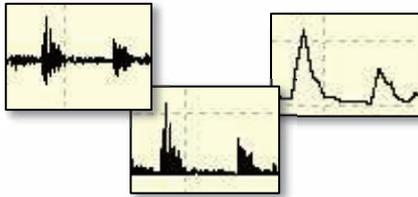
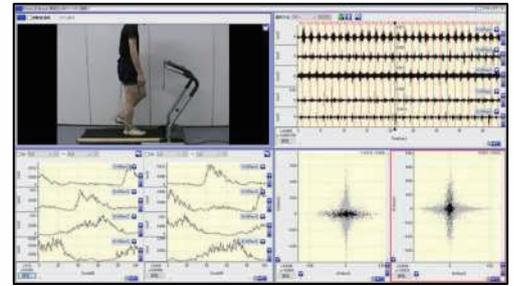


術中モニタリング用  
針電極



## EMG研究用プログラム BIMUTAS-Video

動画映像と筋電図を同期解析するためのプログラムです。  
心電図や脳波の解析オプション機能も用意しています。

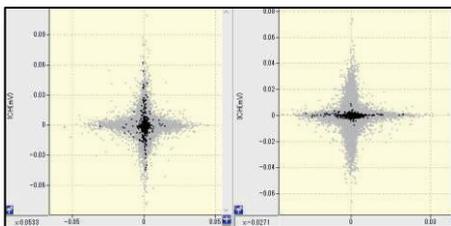
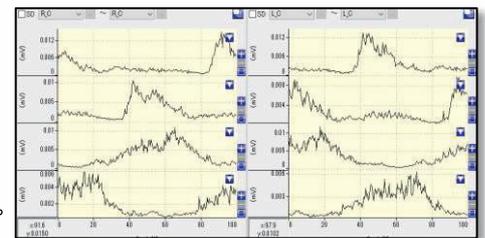


筋電図の生波形から、「全波整流」「包絡線」「RMS」「積分」「標準偏差」「FFT Mean/Median」への変換を簡単に実現します。

※KineAnalyzerでも同じ機能が提供されます。

イベント（任意のタイミング）を基に切り出された複数の波形を自動的に加算平均します。その際、時間軸を統一するために横軸の正規化処理も自動的に行われます。

※KineAnalyzerでの同じ機能が提供されます。



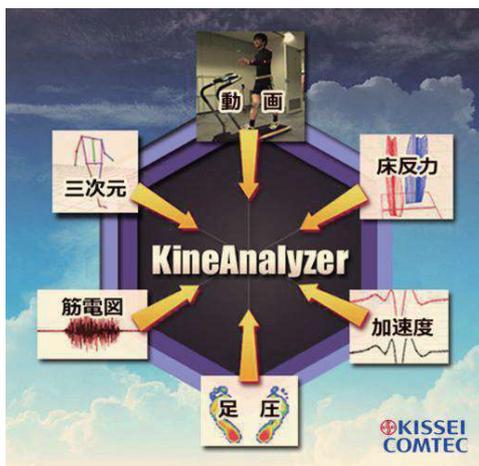
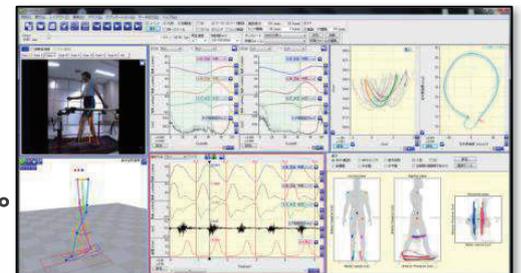
縦軸と横軸の両方にデータ項目を指定し、それらの関係性を「見える化」するリサージュグラフ。拮抗筋の関係性解釈等に役立ちます。

※KineAnalyzerでも同じ機能が提供されます。

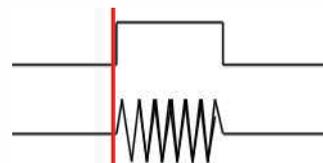


## データ統合解析プログラム KineAnalyzer

いろいろな装置のデータを統合し同期再生・同期解析を実現。  
データの比較も容易に行えます。



各装置の計測データをCSV（テキストファイル）から取り込み、一緒に記録されたトリガ信号を基に始点調節を行うことで、各データを同期させることができます。



計測データを4つまで同時に表示することができ、グラフやスティックピクチャを同一空間に重ね描きできます。

※BIMUTAS-Videoでも同様の機能が提供されます。

お問い合わせ先

 **キッセイコムテック株式会社**

公共・医療ソリューション事業部

〒390-1293 長野県松本市和田4010-10

TEL 0263-40-1122

FAX 0263-48-1284

e-mail [motion@comtec.kicnet.co.jp](mailto:motion@comtec.kicnet.co.jp)

URL <http://www.kicnet.co.jp/>

低周波治療器・干渉電流型低周波治療器組合せ理学療法機器

## KINETIZER KT-108+ / KT-108+H

管理医療機器 特定保守管理医療機器  
低周波治療器・干渉電流型低周波治療器組合せ理学療法機器  
カインタイザー KT-108  
認証番号：231AABZX00011000

治療モード

### 低周波による 多彩な治療モードを1台に搭載

#### 低周波治療



##### パルス

双方向対称波と名づけられた刺激感が強い波形は、いわゆる“ツボ”や“トリガーポイント”の刺激によく用いられます。

双方向対称波波形



#### 微弱電流治療

##### 高電圧治療

最大500Vpのツインピークパルスを出力、深部をピンポイントで刺激する際によく用いられます。



ツインピークパルス波形

#### 干渉低周波治療

##### バースト(NMES)



# SOLIUS

## SOL-M01 低周波治療器 ソリウス

ソリウス SOL-M01  
認証番号 303AIBZX00014000  
低周波治療器  
管理医療機器 特定保守管理医療機器

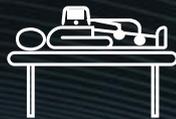
\*ミナトワゴン01、ボックスバックLはオプションです。



### 「うごかしたい」を刺激する



運動できない  
運動しない



ソリウスを取り入れた  
リハビリテーション



より高強度の運動



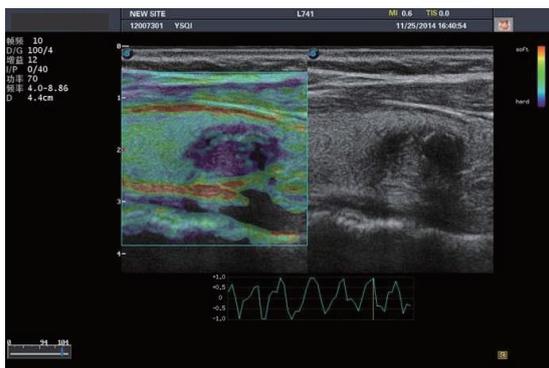
快適な日常生活

筋肉など組織の硬さを色表現  
エラストグラフィ機能搭載

## ロコモ計測・観察装置 **JX3Exp**

### JX3 のアップグレード版

高解像度 B モード画像、高感度カラー Doppler に加えて、運動器の分野で普及の著しい筋肉など組織の硬さをリアルタイムに色で表現する「エラストグラフィ」機能を標準搭載



エラストグラフィ(左)とBモード(右)2画面表示



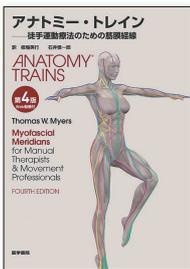
本体  
価格 **2,000,000** 円 税別 | 高周波二リアセンサー  
800,000 円 税別  
(納入価格は下記へお問合わせください)

(ご注意) ロコモ計測・観察装置は主として運動器の筋肉や腱・骨格などを計測したり、観察する目的のための装置です。医療機器ではありませんので、本機を診断目的でご使用いただくことはできません。CE FDA ISO 13485 認証

**medicare 24**  
株式会社 メディ케어

〒244-0003 横浜市戸塚区戸塚町 1545-2  
TEL.045(392)6608 FAX.045(392)6609  
E-mail:rep@medicare24.co.jp  
URL <https://medicare24.co.jp>

medicare24 検索



待望の改訂！ 身体の筋膜経線をたどる旅へ、解剖列車に乗って出発進行！

## アナトミートレイン 第4版

徒手運動療法のための筋膜経線

原著 Thomas W. Myers / 訳 板場英行・石井慎一郎

●A4 2022年 頁404 定価：7,480円(本体6,800円+税) [ISBN978-4-260-04924-5]



いつもポケットに心強いミカタを。慶應リハのノウハウ満載のマニュアル

## リハビリテーション レジデントマニュアル 第4版

監修 木村 彰男 / 編集 辻 哲也

●B6変型 2022年 頁432 定価：4,620円(本体4,200円+税) [ISBN978-4-260-04755-5]



症例把握をルーティン化すれば、もう困らない。自分なりの「型」を身につけませんか？

## 回復期リハビリテーションで 「困った！」ときの臨床ノート

監修 杉田之宏・藤原俊之 / 編集 高橋哲也・藤野雄次

●B5 2022年 頁256 定価：4,180円(本体3,800円+税) [ISBN978-4-260-04648-0]



“手を救う手”となるために——新時代のハンドセラピーの教科書、ここに誕生

## 動画で学ぼう PT・OTのためのハンドセラピー

編集 斎藤和夫・飯塚照史・下田信明 / 編集協力 秋山洋輔

[Web付録付]

●B5 2022年 頁228 定価：4,620円(本体4,200円+税) [ISBN978-4-260-04886-6]



高齢者のリハビリテーション医学を深く理解するためのテキスト決定版

## 老人のリハビリテーション 第9版

原著 福井 園彦  
著 前田真治・下堂 蘭 恵

●B5 2022年 頁440 定価：6,600円(本体6,000円+税) [ISBN978-4-260-04805-7]



理学療法で必要となる評価を網羅。「この評価法が知りたかった」が必ずわかる！

## PT 臨床評価ガイド

編集 畠 昌史・藤野雄次・松田雅弘・田屋雅信

●A5 2022年 頁656 定価：6,820円(本体6,200円+税) [ISBN978-4-260-04295-6]



新刊

[編著者] 真鍋 清則 [著者] 柳原 大/瀬戸川将/大槻 暁/川手洋幸/渡邊裕文/鈴木三央  
/立松さゆり/中澤優子/三浦教一/森高良樹/藤井崇典/金子断行/砂古口雅子



## 姿勢・運動制御と運動学習理論 に基づく機能的活動

B5/360頁/図表イラスト多数 定価6,600円(税込)

本書は、日常生活活動(ADL)などの機能的活動の自立に導くアプローチ方法を多くのイラストで示してあります。様々な機能的活動が単にできれば良いということではなくどのようなプロセスで自立することが良いか、また自立に至らない場合の援助方法を理学療法士、作業療法士、言語療法士の現場で障がい児・者と向き合っている医療従事者にわかりやすく提示してあります。リハビリテーション医療従事者だけでなく、介護施設で従事するスタッフ、在宅介護に関わるスタッフと家族の方にも参考になる内容です。本書を手にとって、実践していただけることを期待しています。

1章 機能的活動 2章 日常生活活動の基盤となる姿勢及び歩行の適応制御に関わる脳神経機構 3章 ポジショニング 4章 背臥位から側臥位-寝返り/側臥位から背臥位-寝返り/背臥位から坐位-起き上がり/坐位から背臥位 5章 坐位から立位-立ち上がり/立位から坐位-着座 6章 移乗 7章 移動 8章 階段昇降 9章 更衣(上衣・下衣) 10章 整容・清拭 11章 入浴 12章 食事 13章 摂食嚥下機能 14章 トイレ動作 15章 調理、清掃 16章 屋外活動 17章 趣味・レクリエーション活動 18章 成人脳性まひ者の機能的活動の獲得を目指したアプローチ 19章 自助、住環境、その他の環境要素



大阪発達総合療育センター 鈴木恒彦・船戸正久・川端秀彦監修

## 子育てハンドブック ~脳性まひ児とともに~

B5/163頁/イラスト多数 定価2,860円(税込)

この本は、脳性まひの子どもが自分で手足を動かしたり移動したりして、機能的活動につながる能力を発達させようとする時に、それをどのように手助けすればいいのが困惑されているご両親・ご家族に役立つように書かれたものです。子どもの異なった運動・動作から起こりがちな障害を避けて、親子でできるだけたくさんの方の日常的経験を一緒に楽しめるように工夫されています。

1章 医療知識の基礎を理解するために 2章 子どもの発達状態を理解するために(基本的知識)  
3章 生活支援の実践(日常の育児での扱い方) 4章 家庭支援(チームアプローチ)のこと



梶浦一郎・鈴木恒彦編 大阪発達総合療育センター

## 脳性麻痺のリハビリテーション 実践ハンドブック

B5/126頁/図多数 定価2,860円(税込)

脳性麻痺は出生直後から成人、高齢者までの全生涯にわたり、しかも多くの器官の障害が合併しています。これをリハビリテーション医療の対象とするには、今の年齢別、臓器別の医療にとっては極めて困難な事です。そこで、今ある医療技術を用いた具体的な援助活動をすべての関連分野に理解できるよう、図・写真を多用したハンドブックを作ることを目指しました。

この本の特徴は具体的な手段を示すのに徹し、理論、成績は述べていません。重症児が増加しているの、特に最近必要とされている呼吸・摂食嚥下・側弯・障害児歯科・麻酔・在宅支援体制などの記述を多くしました。

1章 周産期医療の進歩と脳性麻痺の発生について 2章 早期診断とリハビリテーション処方 3章 リハビリテーション科[診察、リハビリテーション手段] 4章 小児科[呼吸障害、成長と栄養、てんかん、画像診断] 5章 整形外科 6章 歯科:脳性麻痺に対する歯科診療 7章 麻酔科 8章 リハビリテーション看護の実際 9章 在宅支援活動



医学書を通じて、  
医療の発展に  
貢献いたします。



# SHINRYOBUNKO

KOBE, OSAKA, KYOTO, WAKAYAMA, OKAYAMA, HIROSHIMA

医学学術書籍・雑誌のご注文・お問合せは フリーダイヤル **0120-00-0506** までお気軽にお問合せ下さい。  
また、店舗へのご来店、心よりお待ちしております。



株式会社 神陵文庫 神戸本社

〒652-0032 神戸市兵庫区荒田町2-2-14(神戸大学医学部南)

TEL:078-511-5551 FAX:078-531-5550 <https://www.shinryobunko.co.jp>

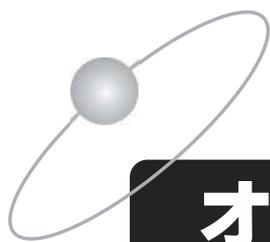
主な取扱商品

- ◆和洋医学、医療専門書籍、雑誌、電子ジャーナル、電子書籍、模擬カルテ教材
- ◆医療系国家試験対策問題集、実習図書、参考書 ◆聴診器、血圧計 ◆視聴覚教材(DVD)
- ◆文献検索データベース ◆医療系電子辞書 ◆教育模型シミュレーター

WEBからの  
ご注文は



こちらから



# 『理学療法』

## オンライン版年間購読

- 一年分の購読料で10年以上の論文が読めます。(最新号は発行後、すぐアップ)
- 人気の品切れ号ももちろん読めます。
- 検索機能の向上により、論文検索の時間が大幅にスピードアップしました。**
- 臨床実習、卒論作成にすぐお役立ていただけます。
- オンライン版をご注文いただきましたら、ID番号とパスワードをお届けいたします。(ご入金確認後、郵送)
- 32巻(2015年発行分)からプリントアウトが可能になりました。(パソコンのみ・各号5回)

### サービス概要

- ▶オンライン版は、ID番号とパスワードでご購読できます。PC、スマホ、タブレットなどから、いつでも、どこでも、読むことができます。画質は雑誌と同等で鮮明です。
- ▶検索はもちろん、**文章のコピー、マーカーや付箋、書き込み機能**を使い、自分専用の資料の感覚でご利用できます。

### 第39巻購読料(2022年発行分)

オンライン版での  
購読期間中は  
最新号から  
過去10年以上  
いつでも  
お読みいただけます

年決め購読 一般(税込み)			
オンラインのみ	19,800円(ID 1個)	23,100円(ID 2個)	41,800円(ID 5個)
冊子のみ	19,800円		
冊子+オンライン	23,100円(ID 1個)	26,400円(ID 2個)	41,800円(ID 5個)
年決め購読 学生(税込み)			
オンラインのみ	8,800円		
冊子のみ	11,000円		
冊子+オンライン	14,300円		

一般の方

※購読1件につきID2個を上限とさせていただきます。

※ID5個まとめてお申し込みの場合は、プラス22,000円(税込み)でお受けいたします。

学生の方

※対象は在校生のみです。卒業生は含まれません。

※IDは1個限定です。

※学生証を提示していただきます。(氏名と有効期限が確認できるもの)

オンライン版のサンプルをホームページで公開中です!!



メディカルプレス



〒179-0084 東京都練馬区氷川台 1-12-17  
TEL 03(3550)6400(代) FAX 03(3550)6260  
<https://www.medicalpress.co.jp/>  
振替口座 00170-7-169368 HPよりカード決済あり

関西理学療法学会関連書籍として、『運動器疾患の評価と理学療法』（2003年）、『神経疾患の評価と理学療法』（2004年）が産学社エンタプライズ出版部より発行された2冊。2009年、出版社を株式会社アイペックに変更後も多くのみなさまにご愛読いただいております。

このたび、理学療法現場の皆さまの強いご要望を受け、2022年4月「The 学ぶシリーズ」として改訂し、電子書籍として新たに発行しました。理学療法士を目指す多くの学生、理学療法士の皆さんに、是非、ご一読いただきたい内容となっております。

監修者：鈴木俊明・関西医療大学大学院 教授  
第27回日本基礎理学療法学会学術大会 大会長

電子書籍

好評発売中



## The 学ぶシリーズ① 神経疾患を学ぶ——評価から理学療法の実践まで

定価：6,490円（税込） 2022年4月1日発売  
593ページ 電子書籍（PDFダウンロード形式） ISBN：978-4-908121-16-6 C3047  
神経疾患の理学療法に携わられておられる理学療法士のみなさん必読の書

監修 鈴木俊明 関西医療大学大学院 保健医療学研究科 研究科長、教授  
編集 嘉戸直樹 神戸リハビリテーション福祉専門学校 副校長  
大沼俊博 園部病院リハビリテーション科 科長  
後藤 淳 スミレ会グループリハビリテーション法人本部 教育部長  
渡邊裕文 六地藏総合病院リハビリテーション科 科長

共著 金井一暁 関西医療学園専門学校 理学療法学科  
楠 貴光 園部病院リハビリテーション科 布谷美樹 伏見岡本デイケアセンター  
高木誠一 社会医療法人弘道会 福本悠樹 関西医療大学 保健医療学部 理学療法学科  
田淵 愛 前 京都田辺記念病院 文野佳文 関西医療大学 保健医療学部 理学療法学科  
薦谷星子 前 六地藏総合病院 米田浩久 関西医療大学 保健医療学部 理学療法学科

※目次など詳細は、右記QRコードよりご確認ください。



<https://editor-societas.stores.jp/items/6264dfd108e5e20fabf7d071>



## The 学ぶシリーズ② 運動器疾患を学ぶ——評価から理学療法の実践まで

定価：6,490円（税込） 2022年4月1日発売  
360ページ 電子書籍（PDFダウンロード形式） ISBN：978-4-908121-17-3 C3047  
理学療法士に必要な理学療法評価とその実践としての理学療法を学ぶ

監修 鈴木俊明 関西医療大学大学院 保健医療学研究科 研究科長、教授  
編集 谷笠予士次 関西医療大学 保健医療学部 理学療法学科 教授  
大工谷新一 北陸大学 医療保健学部 医療技術学科 教授

共著 高崎恭輔 東海学園大学 スポーツ健康科学部 スポーツ健康科学科  
高橋優基 神戸リハビリテーション福祉専門学校 理学療法学科  
西守 隆 関西医療学園専門学校 理学療法学科  
藤原 聡 北須磨病院・田辺中央病院 リハビリテーション科  
山崎 航 関西医療大学 保健医療学部 理学療法学科  
吉田隆紀 関西医療大学 保健医療学部 理学療法学科

※目次など詳細は、右記QRコードよりご確認ください。



<https://editor-societas.stores.jp/items/6264e0383463e7742dc7bbcf>

▼お求めは下記サイトより

**AMS.Pro** <https://amspro.biz/>

決済方法：クレジットカード、コンビニ決、PayPal、銀行振込キャリア決済、楽天ペイでお求めいただけます



▼お問い合わせ先



編集工房ソシエタス

お問い合わせフォーム  
<https://editor-societas.jp/contact.html>



# 機能解剖と運動療法

工藤慎太郎／編

□ 定価 7,150円 (本体 6,500円+税10%) □ B5判  
□ 261頁 □ ISBN 978-4-7581-0257-5



よりよい理学療法を身につけたい理学療法士におすすめ!

運動器理学療法に悩めるセラピストは必読! 押さえておくべき108の手技を見開き完結で解説。「その運動療法がなぜ必要か, どう実施すべきか」, 機能解剖学的視点からも学べる。

## 運動連鎖に着目した実践書

### 運動機能障害の理学療法

運動連鎖に基づく評価・治療

相澤純也, 大路駿介／編

臨床で避けては通れない18疾患について, 運動連鎖に着目した評価・治療方法を豊富な写真でわかりやすく解説。

□ 定価 6,380円(本体 5,800円+税10%)  
□ B5判 □ 255頁 □ ISBN 978-4-7581-0253-7



## 筋トレ・歩行分析の動画付き!

### 理学療法のための筋力トレーニングと運動学習

動作分析から始める根拠にもとづく運動療法

畠中泰彦／編

動作分析から「なぜ動けないのか?」を見極め, 「こうしたら動ける」を考えるための基礎理論が身につく1冊。

□ 定価 4,950円(本体 4,500円+税10%)  
□ B5判 □ 183頁 □ ISBN 978-4-7581-0237-7



## PT・OT ビジュアルテキスト

B5判

理学療法士・作業療法士を目指す学生のための

### 大好評教科書シリーズ!

#### シリーズラインナップ

- 精神医学
- ADL 第2版
- リハビリテーション基礎評価学 第2版
- 義肢・装具学 (2022年冬改訂予定)
- エビデンスから身につける物理療法 (2022年冬改訂予定)
- 運動学 第2版
- リハビリテーション管理学
- 地域リハビリテーション学 第2版
- 解剖学
- 姿勢・動作・歩行分析 (2022年冬改訂予定) ほか





東京赤坂キャンパス

## 保健・医療・福祉の高度専門職への キャリアアップを支援。 働きながら学べる環境を整えています。

国際医療福祉大学大学院は、日本の保健・医療・福祉の分野で指導的な役割を担うことができる高度医療専門職の人材育成を目的に1999年に開設されました。全国7都市(栃木県大田原市・千葉県成田市・東京都港区・神奈川県小田原市・静岡県熱海市・福岡県福岡市・福岡県大川市)にキャンパスを展開し、さまざまなICT教育ツールにより、全国の社会人の学びを支援しています。

### ICT教育ツール

- 1 居住地に近いどのキャンパスでも臨場感あふれる映像・音声で受講できる同時双方向授業システム
- 2 自宅など、どこからでも手軽に授業や研究指導を受けられる同時双方向ソフトウェア
- 3 通勤・休憩時間など、いつでもどこでも自分の都合に合わせて学修できるeラーニングシステム
- 4 多数のコンテンツで保健・医療・福祉を幅広く学べるVODライブラリー

### 医療福祉学研究所

#### 修士課程

##### 保健医療学専攻

- 看護学分野
- 特定行為看護師養成分野
- 助産学分野
- 理学療法学分野
- 作業療法学分野
- 言語聴覚分野
- 視機能療法学分野
- 福祉支援工学分野
- リハビリテーション学分野
- 放射線・情報科学分野
- 生殖補助医療胚培養分野
- 医療福祉教育・管理分野
- 臨床検査学分野
- 災害医療分野
- 遺伝カウンセリング分野
- 医療機器イノベーション分野

##### 医療福祉経営専攻

- 医療経営管理分野
- 診療情報アナリスト養成分野
- 医療福祉国際協力学分野
- 先進的ケア・ネットワーク開発研究分野
- 医療福祉学分野
- 医療福祉ジャーナリズム分野
- 医療通訳・国際医療マネジメント分野

##### 臨床心理学専攻

#### 博士課程

##### 保健医療学専攻

- 看護学分野
- 助産学分野
- 理学療法学分野
- 作業療法学分野
- 言語聴覚分野
- 視機能療法学分野
- 福祉支援工学分野
- リハビリテーション学分野
- 放射線・情報科学分野
- 生殖補助医療胚培養分野
- 医療福祉教育・管理分野
- 臨床検査学分野
- 災害医療分野
- 医療遺伝学分野
- 医療福祉経営学分野
- 診療情報管理・分析学分野
- 医療福祉国際協力学分野
- 先進的ケア・ネットワーク開発研究分野
- 医療福祉学分野
- 医療福祉ジャーナリズム分野
- 臨床心理学分野

### 薬学研究所

#### 博士課程

##### 医薬・生命薬学専攻

### 薬科学研究所

#### 修士課程

##### 生命薬学専攻

- 生命薬学分野
- 医療薬学分野

### 医学研究所

#### 博士課程

##### 医学専攻

- 基礎医学研究分野
- 社会医学研究分野
- 臨床医学研究分野

#### 修士課程

##### 公衆衛生学専攻

- 国際医療学分野
- 医療福祉管理学分野
- 疫学・社会医学分野
- 予防医学分野

## 大学院生募集

※短大、専門学校を卒業された方でも、修士課程の出願が可能です  
(各分野の出願資格、出願資格審査要件をご確認ください)

### 理学療法学分野

基礎理学療法学領域(運動・動作分析、評価など)と応用理学療法学領域(臨床、地域、教育、国際協力など)の2領域を展開しています。院生のほとんどが社会人で、eラーニングシステムを利用し、自宅での履修も可能です。あなたのキャリアアップを支援いたします。

### 福祉支援工学分野

動作計測によって人の動きや福祉用具などの効果を分析する福祉支援工学領域と、大学院として日本で唯一、福祉用具について学べる福祉用具管理指導者領域があります。医療や介護の現場で感じた疑問を研究としてまとめてみませんか。

### 医療福祉教育・管理分野

リハビリテーション専門職のための教育・管理の分野で、修士課程(1・2年コース)と博士課程があります。eラーニングシステムを利用し、多くの講義が自宅等で受けられます。教育や管理の専門家による魅力的な講義ばかりです。

### リハビリテーション学分野

理学/作業/言語療法学それぞれの範疇におさまらないような分野横断的な研究テーマ、もしくは臨床医学領域により近い研究テーマに取り組んでいただきます。海外への発信を目指して、世界に通じる研究を進めます。

出願前に、指導教員との事前面談が必要です。事前面談の詳細や募集要項などは大学院のホームページをご覧ください。

お問い合わせ 東京赤坂キャンパス入試事務室 TEL 03-5574-3903 MAIL daigakuin-nyushi@iuhw.ac.jp



Next Normalの主流

働きながら学べる

# オンライン大学院

令和5年度入試

人間総合科学大学大学院 人間総合科学研究科  
心身健康科学専攻

## 院生募集中

修士課程定員：30名

博士後期課程定員：9名

### 実践力

心身の健康に貢献する  
高度なデータ管理スキル。  
ヘルスプロモーターに必要な  
実践的スキルを習得。

### 研究力

心身の健康に貢献する  
生涯役立つスキル。  
研究者に必要な  
基礎力を習得。

## 人間総合科学大学大学院

University of Human Arts and Sciences

大学院  
事務局

〒339-8539 埼玉県さいたま市岩槻区馬込1288番地 URL: [www.human.ac.jp/](http://www.human.ac.jp/)  
TEL: 048-749-6111 FAX: 048-749-6110 Email: [graduate@human.ac.jp/](mailto:graduate@human.ac.jp/)

人間総合科学研究科  
心身健康科学専攻



日本基礎理学療法学会主催



## 第7回若手研究者ネットワーク シンポジウム

@仙台

<日時>

2023年8月26日 (土)

27日 (日)

<代表>

鈴木 博人 (東北文化学園大学)

(写真提供: 仙台観光協会)



# 24時間・365日フィットネスジム パーソナルトレーニング



## ダイエットサポート

ご自身の身体の特徴を把握し、無理のないトレーニングを中心に指導します。



## メディカルサポート

脳・神経、呼吸器・循環器、関節痛、スポーツ障害等の維持・改善、生活習慣病の改善に導きます。



理学療法士、健康運動指導士 在籍



樟葉駅徒歩3分



# シナジムくずは店

大阪府枚方市町楠葉1丁目4-1 第2愛染ビル3F [受付時間:11:00~20:00]

# ☎ 072-864-1500



HP



科学的根拠に基づく  
イノベーティブな  
医療・介護技術の実践のための  
オンデマンドセミナーの提供



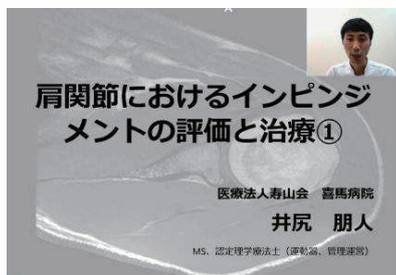
# 三輪 研修会

これまで数多くの研修会を行ってきた三輪研修会が、研修動画の  
**オンデマンド配信**を始動しています！**知識をどう臨床に活かして  
よいか悩んでいる方、必見です！現場スタッフだからこそ  
伝えられる、臨床への応用が盛りだくさん！！ぜひご覧あれ！！**

1

## 手軽！

1つの動画が  
**15～30分と短い**  
ので通勤などに  
ピッタリ！



2

## 安い！

**月額1000円**で  
見放題！追加  
**料金一切なし！**  
幅広いジャンル  
で提供します！



3

## 現場感！

知識だけでなく、  
**実際の患者さま  
への応用や研究  
データを数多く  
提示します！**



詳しくはこちらのHPから！



(株)三輪 研修事業部

<https://kibarehasns.wixsite.com/miwakensyukai>

三輪研修会

検索

