

Journal of Physical Therapy Fundamentals

# 基礎理学療法学

2024

VOL. 27

*Suppl. 1*

第29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27巻 特別号 2024年

## 目 次

卷頭言 ..... 金子 文成

### 第29回日本基礎理学療法学会学術大会抄録集

口述演題	1
ポスター演題	39

## 卷頭言

### 日本基礎理学療法学会第 29 回学術大会を終えて

第 29 回日本基礎理学療法学会学術大会  
東京都立大学 人間健康科学研究所  
大会長 金子 文成

拝啓 師走の候、ますますご清栄のこととお慶び申し上げます。このたび、日本基礎理学療法学会第 29 回学術大会を無事に開催できましたこと、また、本学会にお寄せいただいた多くのご支援とご協力に改めて心より感謝申し上げます。

本大会は、「Toward Meta-Physiotherapy」をテーマに掲げ、近未来の理学療法を高次にあるものと位置づけ、その高次の理学療法、または理学療法に関連した社会システムのありようについて討論し、考え、今よりも先にある世界へ向かうきっかけになる場にしていただきたいという思いの下で開催しました。基礎理学療法学は、解剖学・生理学といった基礎科学の成果を実践的なりハビリテーションへと還元する学際的になくてはならない分野であり、その重要性は皆様の知るところかと思います。結果的に本大会におきましても、非常に多くの皆様にご参加いただき、最新の研究成果が共有される場となり、活発な議論が展開されたことを実感しました。

一般演題を長めの質疑応答時間としたこと、公募シンポジウムへのチャレンジ、などの発表の機会に関する新しい試みに加え、アントレプレナーシップなど、理学療法業界にとってあまりなじみがない用語をキーとした討論も行いました。また、臨床教育を含めた教育システムについての討論も行いました。これらにより、基礎と臨床の双方に携わる会員・非会員の皆様が一堂に会する貴重な場になったと思います。さらに、特別講演や教育講演に様々な先生方にご協力いただけたことで、非常に充実したプログラムであった旨、ご参加いただいた諸氏からコメントをいただきました。そして、企業の皆様のご協力についても、大会の成功を考えるうえで外すことができないポイントであったと思っております。最新の製品をご紹介いただくことで、会場はより活発化しました。大会長として、ここに改めて御礼申し上げます。

本特別号では、本大会で発表された数多くの演題を掲載しております。これらの成果が、読者の皆様にとって新たな研究のインスピレーションとなり、臨床における取り組みの参考になることを願っております。

最後になりますが、本大会の開催に際し多大なるご尽力をいただきました関係各位に、改めて感謝の意を表しますとともに、本特別号が基礎理学療法学のさらなる発展に寄与することを心より祈念申し上げます。

**O-01-01 口述1(生体評価学1)****慣性センサーを用いた杖使用の効果検証**

○佐々木 翔健<sup>1)</sup>, 吉村 優希<sup>1)</sup>, 原口 徹郎<sup>1)</sup>, 増山 泰英<sup>1)</sup>, 木山 良二<sup>2)</sup>, 有馬 美智子<sup>3)</sup>

1)玉昌会 加治木温泉病院 総合リハビリテーションセンター

2)鹿児島大学 医学部保健学科 理学療法学専攻

3)玉昌会 加治木温泉病院 リハビリテーション科

**【目的】**

近年、歩行の定量化を目的に慣性センサーが用いられており、歩容を示す様々な指標が提案されている。臨床応用についての有用性も多く報告されているが、慣性センサーにより得られる歩容指標に対する補助具の影響を検証した報告は少ない。そこで我々は、慣性センサーを用いた歩行評価において、歩行安定性を示すとされる歩行定常性や歩行周期変動性などの指標を用いて杖が歩容に与える影響を分析した。

**【方法】**

対象は、当施設にて理学療法を受けており、杖を日常的に使用している13名とした。慣性センサー(Movella, MTw)を骨盤と両足部に取り付け、杖不使用時と使用時の快適速度での歩行測定を実施し、歩行速度と歩行安定性をそれぞれ比較した。安定性の指標には、骨盤加速度の自己相関係数(歩行定常性、対称性)、ステップ時間及びストライド時間の変動係数(CV)を用いた。さらに、サブ解析として杖を使用しても歩容が変化しないと感じている者のみの比較も行った。Shapiro-Wilk検定を用いデータ分布の正規性を確認し、正規分布と仮定できる場合には対応のあるt検定を、仮定できない場合はWilcoxonの符号付き順位検定を用いて分析した。統計学的検定にはR 4.3.1を用い有意水準は5%未満とし、効果量としてrを算出した。

**【結果】**

歩行速度には杖使用の影響を認めなかった( $p = 0.708$ ,  $r = 0.110$ )。骨盤加速度の前後、鉛直成分における定常性及び対称性は、杖を使用した際に有意に高かった(前後定常性 $p=0.031$ ,  $r = 0.576$ , 鉛直定常性 $p = 0.023$ ,  $r = 0.603$ , 前後対称性 $p=0.004$ ,  $r = 0.719$ , 鉛直対称性 $p=0.017$ ,  $r=0.625$ )。一方、側方成分については杖使用による差を認めなかっただ(側方定常性 $p = 0.475$ ,  $r = 0.208$ , 側方対称性 $p=0.604$ ,  $r=0.152$ )。ステップ・ストライド時間CVは杖を使用することで有意に低下した(ステップ  $p < 0.001$ ,  $r = 0.882$ , ストライド  $p = 0.002$ ,  $r = 0.804$ )。また、杖の使用効果を感じていない者の分析においても、ステップ時間CVは有意に低下した( $p = 0.031$ ,  $r = 0.899$ )。

**【考察】**

歩行定常性の低下や歩行周期変動性の増加は運動機能の低下や転倒に関連することが報告されている。杖の使用は、歩行周期変動性を減少させることが示された。歩行時に杖を使用することは、外乱時のフィードバック制御による姿勢回復に寄与するだけでなく、歩行安定性そのものを高める可能性が示唆された。また、サブ解析にて杖の使用効果を感じていない者においても杖使用時のステップ時間CVは有意に低下することから、杖使用の判断に難渋する事例の意思決定の一助になる可能性が考えられた。

**【結語】**

慣性センサーを用いることで、杖が歩容に与える影響を分析することが可能であった。また、杖使用の効果判定に応用できる可能性があり、慣性センサーの臨床応用が期待できるものと考える。

**【倫理的配慮、説明と同意】**

本研究は所属施設倫理委員会の承認を受けたものである(承認番号550)。対象者には研究内容を口頭での説明及び書面での同意を得て実施した。

**O-01-02 口述1(生体評価学1)****超音波せん断波イメージングで得られる筋粘弹性と他動運動時の力-角速度関係との関連**

○小出所 大樹<sup>1)</sup>, 中尾 学人<sup>2)</sup>, 山形 一真<sup>3)</sup>, 足立 梨紗<sup>2)</sup>, 石山 輝希<sup>2)</sup>, 小澤 和祥<sup>2)</sup>, 谷口 圭吾<sup>4)</sup>

1)国立スポーツ科学センター スポーツ科学研究部門

2)札幌医科大学大学院 保健医療学研究科

3)社会医療法人朋仁会 整形外科北新病院 リハビリテーション科

4)札幌医科大学 保健医療学部 理学療法学第一講座

**【はじめに・目的】**

筋固有の定量的な性状評価は理学療法の効果判定に重要である。骨格筋は粘弾性体であり、伸長量に比例する弾性と、温度や歪み速度に比例する粘性をあわせ持つ。とくに粘性は歪み速度に依存する指標であり、スポーツ傷害や神経疾患などで考慮すべき性状特性といえる。近年、せん断波エラストグラフィを使用することで個別組織の性状特性を定量評価する試みが進められている。本技術では組織に伝わるせん断波から得られる速度が弾性を、周波数ごとのせん断波速度分布の傾きである周波数分散性が粘性を反映するとされている。先行研究によって、せん断波速度から得られる弾性率については、その妥当性や運動器を対象とした知見が散見される。しかし、周波数分散性については肝臓を対象とした研究が多く、骨格筋への応用例は未だ少ない。そこで本研究では腓腹筋の弾性率と周波数分散性が足他動背屈時の力-角速度関係と関連するかを検討した。

**【方法】**

若年健常男性11名(年齢 $21.6 \pm 1.4$ 歳、身長 $173.0 \pm 6.2$ cm、体重 $64.9 \pm 5.9$ kg)を対象とした。オーダーメイドの足関節底背屈装置に利き脚の足部を固定し、4条件の角速度(°/秒; 1, 5, 10, 20)で他動的足関節背屈運動を行った。他動運動前に、超音波せん断波エラストグラフィ(SuperSonic Imagine MACH30)を用いて腓腹筋内側頭の縦断面における弾性率と周波数分散性を3条件(°; 底屈30, 15, 0)で測定した。被験者全てにおいて、角速度の増加に伴って足受動底屈トルクのピーク値は増加したため、個人ごとのピークトルク-角速度関係の回帰直線の傾きを体重で除した値を算出し、各個人の角速度依存性の指標とした。統計処理は角度ごとの弾性率および周波数分散性と角速度依存性に対して無相関分析とPearsonの積率相関係数の算出を行った。有意水準は5%とした。

**【結果】**

弾性率はいずれの角度においても角速度依存性と有意な相関はみられなかった。一方、周波数分散性は底屈 $15^\circ$ のみで角速度依存性との間に中等度の相関( $r = 0.784$ ,  $p = 0.004$ )がみられた。

**【考察】**

粘性は温度と速度に依存する指標であり、粘性が高いほど速度の増加に対して応力増加が大きくなる。今回の結果も腓腹筋内側頭の周波数分散性が高いほど、他動運動の角速度増加に伴う足底屈受動トルク増加が大きいことを示しており、周波数分散性が粘性と同様の傾向を持つことを確認できたといえる。

**【結語】**

せん断波イメージングで得られる周波数分散性は筋の粘性要素を反映する可能性が示唆された。

**【倫理的配慮、説明と同意】**

本研究は所属施設における倫理委員会の承認後に実施した(承認番号2023-012)。また、研究協力者には事前に書面および口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと書面で同意を得た。

## O-01-03 口述1(生体評価学1)

### 慣性センサーを用いた上肢運動時における肩関節の角度計測の妥当性

○宮崎 宣丞<sup>1,2)</sup>, 木山 良二<sup>3)</sup>, 部當 大尊<sup>4)</sup>, 鈴木 陸斗<sup>5)</sup>, 福田 将史<sup>5)</sup>, 中島 将武<sup>5)</sup>, 竹下 康文<sup>3,6)</sup>, 川田 将之<sup>3)</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)鹿児島大学大学院医歯学総合研究科  
 3)鹿児島大学医学部保健学科  
 4)大島郡医師会病院  
 5)鹿児島大学大学院保健学研究科  
 6)第一工科大学工学部情報・AI・データサイエンス科

#### 【はじめに・目的】

理学療法評価における上肢の運動範囲の計測は、肩の複合運動の再獲得に有益な情報をもたらす。正確な肩関節運動の把握には三次元動作解析装置による計測が必要だが、実現可能性に乏しく、臨床応用には測定制約の少ないウェアラブルセンサーの活用が必要と考えられる。本研究の目的は、慣性センサーを用いた肩関節の角度計測の妥当性を検討することとした。

#### 【方法】

若年健常成人男性 14 名 ( $172 \pm 6\text{cm}$ ,  $23 \pm 21\text{歳}$ ) を対象とし、右上肢を計測した。対象動作は単一動作として肩関節の屈曲と外転、複合動作として日常生活動作を想定した結帶（下垂位から第3腰椎レベルへのリーチ）と洗髪（下垂位から後頭部へのリーチ）を模した動作とし、計4動作を各動作5回ずつ計測した。慣性センサー（MTw Awinda）を胸郭前面、右上腕と前腕の後面の計3か所に貼付し、各セグメントの傾斜角度を計測した。同時に、三次元動作解析装置（Optitrack Flex13）を用いて体幹と右上肢に貼付した19個の反射マーカーを測定し、座標データを取得した。得られたデータから、国際バイオメカニクス学会の基準に従い、肩関節角度を算出した。両計測機器で計測した挙上角度が最大となるタイミングのデータを使用し、各動作5回の角度の平均値を代表値として扱った。統計学的解析は、級内相関係数（ICC (2, 1)）の算出とBland-Altman分析により、慣性センサーによる肩関節の角度計測の信頼性を検討した。解析ソフトはSPSS ver. 28.0を使用し、有意水準は5%とした。

#### 【結果】

単一動作では、肩関節の屈曲と外転動作ともに挙上角度と挙上面での中等度以上の妥当性が示された（ICC (2, 1) 0.599-0.791,  $p \leq 0.005$ ）。複合動作では、結帶動作の挙上角度中等度、洗髪動作ではすべての軸で中等度以上の妥当性が示された（ICC (2, 1) 0.474-0.908,  $p \leq 0.008$ ）。運動の方向によっては、固定誤差を認めた（ $p \leq 0.039$ ）。

#### 【考察】

今回、慣性センサーを用いた肩関節角度計測の妥当性を検討し、挙上面、挙上角度に関しては中等度以上の妥当性を示した。慣性センサーを用いた肩関節挙上角度や挙上面の計測は臨床応用可能と考えられるが、計測精度の向上に向けた取り組みは必要である。肩関節疾患者での計測、更衣動作などの三次元動作解析装置での測定が困難とされる動作についても検討を行い、臨床応用を進めていきたい。

#### 【結語】

慣性センサーを用いた肩関節角度計測について、特定の方向で中等度以上の妥当性が示された。

#### 【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行った（承認番号：180113疫）。対象者には事前に十分な説明を行い、同意を得た。

## O-01-04 口述1(生体評価学1)

### 下肢位置や座面高を変化させた場合の立ち上がり足底圧及び体幹加速度の変化

○吉田 啓晃<sup>1,2)</sup>, 橋口 謙次<sup>1)</sup>, 中山 恭秀<sup>2,3,4)</sup>, 安保 雅博<sup>3)</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 大学院医学研究科  
 3)東京慈恵会医科大学 リハビリテーション医学講座  
 4)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】大腿骨近位部骨折や脳卒中片麻痺患者の立ち上がり動作練習において、患側下肢の力発揮を高めるために、下肢接地位置や座面高を操作する練習方法が用いられる。下肢位置と座面高の組み合わせによって、患者の予備力の範囲内で適した運動パターンとなるように調整できると考えられるが、後側接地下肢の荷重量変化のメカニズムは明らかではない。Fujisawaらは、下肢を非対称に接地した立ち上がり動作において、体幹加速度から得られるJerk costが重心軌道の形成に関与することから、エネルギーコストが運動パターンの形成に関与することを示唆している。本研究では、下肢位置や座面高の変化が立ち上がり足底圧及び動作円滑性に及ぼす影響を検討した。

【方法】健常成人男性11名(31.2歳)を対象とし、座面高と下肢接地位置を変えた場合の立ち上がり足底圧と体幹加速度を測定した。立ち上がり動作は、座面高2条件(低/高)、下肢位置2条件(対称/非対称)を設定し、4条件を3回ずつおこなった。座面高は、低条件を各参加者の下腿長、高条件を下腿長+10cmとした。下肢位置は、対称条件は足関節背屈0度、非対称条件は右背屈10度・左底屈10度とした。立ち上がり足底圧は、Win FDM-T(Zebris社)を用いて、準備期のRFD [N/s/kg]、上昇期のPeak値[N/kg]を左右下肢で算出した。体幹加速度の測定は、3軸加速度計MVP-RF8 (Microstone社)を第3腰椎部(X軸:左右方向、Y軸:鉛直方向、Z軸:前後方向)に取り付け、XYZ軸合成成分のjerk cost及びX軸方向の変位を算出した。各指標は低・対称条件に対する比率で表し、統計は条件間の立ち上がり足底圧及びjerk costの変化を、二元配置分散分析にて検討した。

【結果】低・対称条件の立ち上がり足底圧は、RFD29.4±7.6N/sec/kg、Peak値6.2±0.9N/kg、Jerk costは31.4±5.1m<sup>2</sup>/s<sup>5</sup>、側方偏位幅は1.4±0.3cmであった。後側下肢の立ち上がり足底圧(RFD、Peak値)、加速度センサの側方偏位幅とともに下肢位置に主効果を認め、非対称が対称条件よりも高かった(RFD:非対称1.5対称1.1、Peak:非対称1.2対称1.0)。Jerk costは交互作用を認めた。低・非対称1.2、高・対称0.6、高・非対称0.6であり、高座面条件においてJerk costは低値で、非対称条件でもJerk costは上がらなかった( $P<0.05$ )。

【考察】高座面・非対称接地条件においてJerk costを上げずに、後側接地下肢の立ち上がり足底圧が高値を示した。つまり、座面高を上げることで、運動の滑らかさを保ちつつ重心軌道を変化させられた。片側に障害がある症例の練習において、患側の力発揮を高めるためには筋力強化だけではなく、運動パターンをどう学習できるかが重要な要素となる。座面高や下肢位置を設定した立ち上がり練習の継続が、運動パターンの形成に寄与する可能性がある。

【結語】非対称接地での立ち上がり動作において、座面高を上げることで動作円滑性を保ちつつ後側接地下肢に荷重負荷をかけられる。

【倫理的配慮】当大学の倫理審査委員会の承認(24-304)を受け施行した。

**O-02-01 口述2(神経生理学1)**

**休息時における経皮的迷走神経刺激(tVNS)は誤差学習を抑制する**

○松村 佳奈<sup>1)</sup>, 邁 拓哉<sup>2)</sup>, 川添 隆伸<sup>1)</sup>, 松下 光次郎<sup>3)</sup>, 菅田 陽怜<sup>1,2)</sup>

1)大分大学大学院 福祉健康科学研究科

2)大分大学 福祉健康科学部福祉健康科学科

3)岐阜大学 工学部機械工学科

**【はじめに・目的】**

経皮的迷走神経刺激(tVNS)は、迷走神経耳介枝を経皮的に電気刺激することで、神経伝達物質の放出が変調し脳の可塑性を促進すると言われている。一方、運動学習課題間のtVNSが運動学習効果に及ぼす影響については不明な点が多い。そこで、本研究は、運動学習課題間のtVNSが運動学習および脳律動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18歳以上の健常右利き男女38名（平均 $20.6 \pm 0.92$ 歳）とし、tVNSを行う群（tVNS群）と偽刺激を行う群（Sham群）に無作為に振り分けた。被験者は、非利き手で圧力センサーを制御する力制御課題を行った後、25分間の休息中に左耳甲介に電極を装着し、刺激を行った（刺激条件：20Hz、200μs、4.0-5.0mA、30秒on/off）。Sham群は迷走神経支配のない耳朶より刺激を行い、休息後に再度同課題を実施した。解析は、課題の誤差量解析と周波数パワー解析を行い、tVNSが運動学習および脳律動に及ぼす影響について検討した。誤差量解析では、休息前後における基準線と被験者が操作した点の誤差量（N）の平均値を算出した。休息時脳波の解析区間は、刺激に伴うアーチファクトの混入を考慮し、休息期におけるoff刺激時間とし、解析周波数は運動に関連するβ帯域（13-25Hz）とした。

**【結果】**

休息後の誤差量において2群間で有意差が認められた（ $p < 0.05$ ）。また、周波数パワー解析の結果、Sham群と比較して、tVNS群において左上側頭溝（STS）と左上側頭回（STG）にてβ帯域の有意な周波数パワーの上昇が認められた（ $p < 0.05$ ）。

**【考察】**

tVNSにより脳内GABAレベルが上昇するという報告（Bryant, 2018）があるが、刺激強度による抑制作用の効果は一定でない。本研究では、高強度刺激により刺激強度依存的にGABA作動性神経が駆動され、抑制性の神経回路が活性化した可能性がある。さらに、tVNSは側頭葉上部を含むデフォルトモードネットワーク（DMN）関連領域の活動を変化させると報告されている（Keatch, 2023）。DMNの活性化は、運動学習と負の相関を示す報告（Mary, 2018）があることから、本研究で確認されたtVNSによるSTSやSTGの変化が、その後の運動学習効果の抑制に作用した可能性がある。

**【結語】**

休息時におけるtVNSは誤差学習を抑制する。また、tVNSによる左STSと左STGの脳律動変調は、運動学習抑制に作用する可能性がある。

**【倫理的配慮・説明と同意】**

本研究では全て所属施設における倫理審査会で承認後に実施した（承認番号：1966-T18）。研究計画は全てヘルシンキ宣言に則り、研究協力者には研究目的や方法について口頭及び書面にて説明し、文書にて同意を得たうえで実験を実施した。

**O-02-02 口述2(神経生理学1)**

**小脳に対する経頭蓋直流電流刺激が片脚立位バランスとバランストレーニング効果に与える影響**

○犬飼 康人<sup>1,2)</sup>, 宮口 翔太<sup>1,2)</sup>, 仲村 萌<sup>1)</sup>, 高橋 ひろな<sup>2,3)</sup>, 小野 優翔<sup>2,4)</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)新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学専攻

4)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】**易転倒性を呈する高齢者は、片脚立位バランスが不良であることが明らかとなっており(Oliveira et al., 2018), 転倒予防として片脚立位でのバランストレーニングを取り入れることが推奨されている (Sherrington et al., 2017)。近年、小脳に対する経頭蓋直流電流刺激(Cb-tDCS)は、バランス機能を向上させる有効な非侵襲的脳刺激法であることが示唆されている (Jahromi et al., 2024)。しかしながら、Cb-tDCSが片脚立位バランスやバランストレーニング効果に与える影響は不明である。本研究の目的は、Cb-tDCSが片脚立位バランスとバランストレーニング効果に与える影響を明らかにすることである。

**【方法】**対象は、若年健常者28名（平均年齢： $20.5 \pm 0.5$ 歳）とし、Cb-tDCS群（14名）とSham群（14名）にランダムに振り分けた。対象者は、Preの評価として利き脚での片脚立位時の重心動描測定（30秒）を行った後にtDCS介入を実施した。tDCSの電極貼付位置は陽極を小脳（外後頭隆起の2cm外側）とし、陰極を前額部とした。刺激強度は2mA、刺激時間は20分間とし、Sham群は刺激時間の最初の30秒のみ刺激を行った。tDCS介入後、Post\_1としてPreと同様に片脚立位時の重心動描測定を行った。その後、バランストレーニング(BT)として片脚立位保持課題（30秒）とスラックライン上の片脚立位保持課題（1分）を各2回実施した。BT後にPost\_2として、再度片脚立位時の重心動描測定を行った。正規性の検定結果に基づき、Freidman検定後を行い、事後検定としてWilcoxonの順位和検定（Bonferroni補正）を行った。いずれも有意水準は5%とした。

**【結果】**片脚立位時の重心動描（総軌跡長）は、Cb-tDCS群においてPreと比較してPost\_1とPost\_2で有意な減少を認めた（ $p < 0.05$ ）。また、Post\_1と比較してPost\_2で有意な減少を認めた（ $p < 0.05$ ）。一方、Sham群では有意な変化を認めなかった。

**【考察】**本研究において、Cb-tDCS群は介入直後（Post\_1）に有意な減少を認めたことから、Cb-tDCSは即時に片脚立位バランスを向上させることが明らかとなった。さらにPost\_1と比較してPost\_2でさらに有意な減少を認めたことから、Cb-tDCSはBT効果を増大させる可能性が示唆された。

**【結語】**Cb-tDCSとBTの組み合わせは、効果的にバランス機能を向上させる可能性がある。

**【倫理的配慮・説明と同意】**本研究は、本研究は、所属機関における倫理委員会で承認を得た後、被験者には実験内容を十分に説明し、同意を得たうえで実験を実施した（承認番号：17620-150907）。

**O-02-03 口述2(神経生理学1)**

## 左LOC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

○高橋 琴美<sup>1)</sup>, 齊藤 慧<sup>1,2)</sup>, 平賀 大河<sup>2,3)</sup>,  
関根 悠介<sup>2,3)</sup>, 時田 優菜<sup>1)</sup>, 小島 翔<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 理学療法学部  
2)新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所  
3)新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 保健学専攻

**【目的】**

指で触れた物体の形状を知覚する際に一次体性感覚野や二次体性感覚野、頭頂溝領域、Lateral Occipital Complex (LOC) を含む大規模な神経ネットワークが重要な役割を果たしている。その中でもLOCは視覚および触覚刺激において形状を識別する際に活動することがわかっている。さらに、右手指で触れた物体の触覚情報は左LOCにて処理されることが明らかになっており、左LOCの興奮性を人為的に増大させることで右手指の触覚機能が向上する可能性がある。経頭蓋ランダムノイズ刺激(tRNS)は微弱なノイズ刺激で皮質領域の興奮性を増大させることができる非侵襲的脳刺激法である。そのため、左LOCに対してtRNSを与えることで左LOCの興奮性が増大し、右手指の触覚機能が向上すると考えられる。本研究では、左LOCに対するtRNSが触覚方位弁別能力にもたらす効果を検証した。

**【方法】**

対象は右利き健常成人14名（男性7名、女性7名）とした。tRNSの刺激電極は国際10-10法におけるPO7（左LOC）と左肩に貼付し、刺激周波数は0.1-640 Hz、刺激強度は0.7 mA、刺激時間は10分間とした。刺激条件はtRNSとsham刺激の2条件とし、3日以上の間隔をあけてランダムな順番で実施した。触覚機能の評価には触覚方位弁別能力課題(GOT)を用いた。GOTでは8種類の溝（3.0, 2.0, 1.5, 1.2, 1.0, 0.75, 0.5, 0.35 mm）が刻まれた半球形のブロックを右示指に機械的に押し当て、溝の方位を左手でボタンを押して回答してもらった。各刺激幅の正答率から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、刺激前後の弁別閾値を比較するために、対応のあるt検定を実施した。有意水準は5%とした。

**【結果】**

左LOCへのtRNSでは、刺激前の弁別閾値が $0.82 \pm 0.15$  mm、刺激後が $0.73 \pm 0.14$  mmであり、刺激後に弁別閾値が有意に低下した( $p=0.024$ )。一方、左LOCへのsham刺激では、刺激前が $0.87 \pm 0.17$  mm、刺激後が $0.81 \pm 0.17$  mmであり、刺激前後で弁別閾値の有意な変化は認めなかつた。

**【考察】**

左LOCへのtRNSを与えることで右示指の触覚方位弁別能力は向上した。LOCは触覚をはじめとした体性感覚の物体形状に関する触覚情報が処理されることから、tRNSによってその情報処理効率が高まり、右手指の触覚方位弁別能力が向上した可能性がある。

**【結論】**

左LOCに対するtRNSには右示指の触覚方位弁別能力を向上させる効果がある。

**【倫理的配慮】**

本研究は本学倫理審査会の承認後、対象には実験の内容について説明し書面にて同意を得られた上で、実験を実施した。

**O-02-04 口述2(神経生理学1)**

## 歩行中の一次運動野に対する律動経頭蓋直流電気刺激による筋内・筋間コヒーレンスの変化

○北谷 亮輔<sup>1,2,3)</sup>, 平野 志織<sup>1)</sup>, 反町 瑞菜<sup>1)</sup>, 沼田 莉奈<sup>1)</sup>, 星 春輝<sup>1,2)</sup>, 大鶴 直史<sup>1,2)</sup>, 芝田 純也<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部  
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

**【はじめに・目的】**

歩行中に大脳皮質、特に一次運動野(M1)から皮質脊髄路を介して30Hz周辺の神経律動が下肢筋へ伝搬しているが、脳卒中後患者では麻痺側下肢筋に対する30Hz周辺の神経入力が歩行中に低下しており、その程度は歩行能力と関連している。しかし、脳卒中後患者の歩行障害に対する非侵襲的脳刺激法による効果は限定的であり、脳の特定周波数の活動を人為的に変化させる律動経頭蓋直流電気刺激(otDCS)などの脳刺激法を用いて、歩行中の30Hz周辺の神経入力の変化を検討した報告はない。そこで、本研究では健常者を対象に歩行中のM1に対するotDCSによる効果を筋内・筋間コヒーレンス解析を用いて明らかにすること目的とした。

**【方法】**

若年健常者16名（年齢 $21.4 \pm 1.1$ 歳）を対象とした。DC-Stimulator Plusを用いて、陽極電極をM1の下肢領域（脳波国際10-20法によるCz）、陰極電極を左肩に設定して、刺激強度が1.5mA（0から1.5mA）のotDCSを実施した。otDCSは10分間の歩行中に実施し、刺激周波数が10Hz、30Hz、Sham刺激（10Hzか30Hzを30秒間のみ実施）の3条件を別日に実施した。脳刺激歩行の前後に5分間ずつの通常歩行を行い、前脛骨筋近位部・遠位部、内側・外側腓腹筋、内側・外側広筋、内側・外側ハムストリングスにおけるコヒーレンスを算出した。コヒーレンス解析により1名を除外した計15名における各コヒーレンスの10Hzと30Hzの値、アルファ帯域（7.5-12.5Hz）とベータ・低ガンマ帯域（20-40Hz）の平均値に対して、時間（刺激前・後）と周波数（10Hz、30Hz、Sham刺激）を2要因とした反復測定二元配置分散分析と多重比較(Bonferroni補正)を行った。

**【結果】**

前脛骨筋におけるコヒーレンスでは有意な時間の主効果と2要因の交互作用が得られた。多重比較の結果、30Hz刺激条件においてのみ、脳刺激前と比較して脳刺激後に30Hz ( $p<0.05$ )とベータ・低ガンマ帯域の平均値 ( $p<0.01$ )が有意に増加していた。他のコヒーレンスやアルファ帯域において有意差は得られなかった。

**【考察】**

ベータから低ガンマ帯域の筋内・筋間コヒーレンスは大脳皮質からの神経入力の程度を反映するとされている。前脛骨筋は下肢筋の中で最も皮質脊髄路からの入力が強く、歩行中は前脛骨筋などの下肢屈曲筋は大脳皮質による制御が優位とされていることから、30Hzの刺激条件において前脛骨筋における30Hz周辺のコヒーレンスが増加したと考えられる。

**【結語】**

歩行中のM1に対する30HzのotDCSにより、前脛骨筋に対する30Hz周辺の神経入力が増加した。

**【倫理的配慮・説明と同意】**

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、書面にて同意を得て実施した。

**O-03-01 口述3(身体運動学1)**

**歩行中の方向転換動作における高齢者の視線特性**  
 ○坂崎 純太郎<sup>1,2)</sup>, 室井 大佑<sup>1,2)</sup>, 橋口 貴広<sup>2)</sup>  
 1)千葉県立保健医療大学 リハビリテーション学科 理学療法学専攻  
 2)東京都立大学大学院 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

**【はじめに】**加齢は運動の冗長性を低下させ、状況に即した適応的な歩行調整が困難にする。その背景には、身体・バランス機能低下に加え、限局した視覚入力（足元への視線注視）が予期的な歩行調整を妨げている可能性がある（Yamada et al., 2012）。そこで本研究では、歩行中に先を見据えた方向転換動作環境を設定し、高齢者がどの程度先の状況を視認しながら歩行するのか、また、歩行調整（方向転換動作と歩幅の変化）が若齢者とどのように異なるのかを検討することを目的とした。

**【方法】**対象者は高齢者15名（75.2±7.73歳）、若齢者15名（20.6±0.48歳）とした。実験環境は5mの歩行路を使用し、0mをスタート位置とし、4m地点に1stターゲット（縦50cm×横25cm）、4mから参加者の一歩幅地点に2ndターゲット（10cm×10cm）を配置した。実験課題は、スタート地点から歩き始めて、1st・2ndの順にターゲットを踏み、方向転換することを参加者に要求した。実験操作は、2ndターゲット位置操作により、方向転換動作の支持基底面からの重心の逸脱度合いで安定・不安定状況に2段階に設定した。不安定状況を回避には、参加者は歩行区間で歩幅を調整し、1stターゲットに踏み込む軸足の変更が必要であった。データ計測は、運動学的指標を3次元動作解析装置（Qualisys社）、視線行動をアイマークレコーダ（Tobii社）で記録した。評価指標は、歩行調整は軸足の変更割合[%]、歩幅の平均値（1stターゲットに到達するまでの3歩分とし、参加者の通常歩幅で正規化）で評価し、視線行動は各ターゲット及び近位歩行路（スタート地点から1stターゲットまでの区間）の視線注視の割合[%]（スタート位置からターゲットに到達するまでの視線注視の割合）とした。参加者要因×条件要因にて2要因分散分析を実施した。

**【結果】**不安定状況では、軸足の変更割合は、高齢者52.0% vs 若齢者37.3%と高齢者の方が高くなかった。歩幅の平均値は、高齢者0.91vs若齢者1.01と高齢者は歩幅を狭め、若齢者は快適歩行時の歩幅を維持した。視線注視（高齢者vs若齢者）は、1stターゲット：13.4%vs15.5%，2ndターゲット：8.6%vs24.0%，近位歩行路：13.0%vs1.1%であり、高齢者は若齢者より足元近位への視線注視行動を認めた。

**【考察】**本研究の高齢者の歩行調整は、軸足を変更し、不安定状況を回避したもの、直前で支持基底面を狭める歩幅変化を行う事が分かった。先行知見では、高齢者は、足元の視覚情報のフィードバックに基づき、歩数を増やすことで歩行調整を行う傾向がある（Yamada et al., 2012）。このことから、高齢者の足下注視の視線行動が、方向転換動作を見越した歩行調整開始の遅れに繋がっている可能性を示唆した。

**【結語】**高齢者の足下注視の視線行動は、予期的な歩行調整を妨げる可能性を示唆した。

**【倫理的配慮・説明と同意】**本研究は東京都立大学倫理委員会による倫理審査・承認を得たうえで実施し。対象者には、実験開始前に書面にて実験に関して十分な説明を行い、同意を得た。

**O-03-02 口述3(身体運動学1)**

**歩行遊脚期とペダリング動作における下肢関節運動の関係性について**  
 ○辻川 昂輝, 伊藤 大輝, 黄瀬 鳩斗, 谷 祐樹,  
 横井 元貴, 前川 遼太  
 医療法人恒仁会近江温泉病院

**【はじめに・目的】**

ヒトの歩行動作はCentral Pattern Generator (CPG) により周期的かつリズミカルな下肢屈曲・伸展の交互運動が可能である（Kiehn,2003）。同様に、ペダリング動作も周期的な下肢の交互運動が可能であり、歩行動作再建において速度などパフォーマンス指標の改善に有効とされている（Veldema,2020）。しかしながら、歩容など運動パターンの変化に有効といった報告は少ない。その要因は両動作における関節運動の関係性が不明確であることが挙げられる。この関係性を明らかにすることは歩行動作における運動パターンの改善に寄与すると考える。そこで今回、歩行動作とペダリング動作の関係性について運動学的指標を用いて検討した。

**【方法】**

対象は健常成人10名とした。計測方法は歩行動作とペダリング動作の股関節屈曲・伸展、膝関節屈曲・伸展、足関節背屈・底屈運動を3次元動作解析装置マイオモーション（酒井医療株式会社）にて計測を行った。歩行動作は快適速度にて計測を実施した。また、ペダリング動作は下死点における膝関節伸展角度が30°とし、回転数は快適速度にて実施した。比較項目は歩行動作とペダリング動作の矢状面における股関節・膝関節・足関節の周期運動を100%に正規化し、その波形成分の類似性をAdjusted Coefficient of Multiple Correlations (CMC) にて検討した。

**【結果】**

歩行動作とペダリング動作の矢状面における波形成分は股関節において有意な正の相関関係を認めた（ $r=0.65$ 、 $P<0.05$ ）。また、膝関節および足関節においては相関関係を認めなかった。

**【考察】**

今回、歩行動作とペダリング動作の矢状面における股関節の波形成分は有意な正の相関関係を認めた。歩行動作とペダリング動作は股関節の屈曲・伸展運動を中心とした周期的運動が共通し（河島,2010; Raasch,1999）、運動パターンの類似性を示したと考える。一方で、矢状面における膝関節および足関節の波形成分は相関関係を認めなかった。歩行動作立脚期における膝関節と足関節は荷重応答期に衝撃を吸収する役割を果たすが、ペダリング動作では衝撃吸収の必要がない（Perry,2010; Neptune, 1995）。この違いが、両動作における関節運動パターンの相違として現れたと考える。

**【結語】**

歩行動作とペダリング動作の矢状面における股関節屈曲・伸展運動は正の相関関係を認めた。この結果より、歩行動作再建においてペダリング動作は股関節の運動パターンの変化に有効である可能性があると考えた。

**【倫理的配慮・説明と同意】**

本研究は近江温泉病院における倫理審査委員会で承認を得て実施した。研究協力者には事前に書面および口頭にて研究目的や方法について説明し、書面で同意を得た。

**O-03-03 口述3(身体運動学1)****ロボットによる立脚期中の足関節制御が股関節伸展に与える影響**

○佐藤 輝太郎<sup>1)</sup>, 中川 慧<sup>1)</sup>, 渡邊 愛<sup>1)</sup>, 田中 英一郎<sup>2)</sup>, 高橋 真<sup>1)</sup>

1)広島大学大学院医系科学研究科

2)早稲田大学理工学術院大学院情報生産システム研究科

**【はじめに・目的】**

脳血管障害後の片麻痺患者に頻繁にみられる足関節の動作不良は歩行周期全体の膝関節に影響を与え、代償として歩行中の股関節パターンにも変化が生じる。近年の歩行理学療法では、足関節を補助するロボットが使用されており、立脚期中の足関節の補助により対象者の膝関節パターンを誘導できると報告されている。そこで本研究では、ロボットによる足関節制御が股関節に与える影響を検討し、片麻痺患者の歩行理学療法の一助となるか検討することを目的とした。

**【方法】**

対象は、健常成人15名とした。対象者の右下肢に足関節補助ロボット(RE-Gait)を装着して、複数の条件下での快適速度での平地歩行を評価した。設定条件は踵接地～立脚中期で補助をしない設定(FLAT条件)、背屈補助を行う設定(DF条件)、底屈補助を行う設定(PF条件)の3条件とした。動作中の運動学データは3次元動作解析システム(Vicon)を用いて取得し、矢状面関節角度(股関節、膝関節、足関節)を算出した。股関節角度は、立脚期を踵接地～荷重応答期、荷重応答期～立脚中期、立脚中期～立脚後期に相分けし、各相の伸展角度変化量を算出した。統計学的解析では、正規性を確認し、反復測定一元配置分散分析を行い、多重比較はBonferroni補正した対応のあるt検定を用いた。有意水準は5%とした。

**【結果】**

膝関節の立脚期最大伸展角度は、他条件と比較してPF条件で有意に高値を示した( $p<0.001$ )。一方で足関節最大背屈角度および股関節最大伸展角度に有意差は認められなかった。しかし、立脚期の各相の股関節伸展角度変化量は荷重応答期～立脚中期でPF条件が有意にFLAT条件より大きく( $p<0.05$ )、立脚中期～立脚後期ではPF条件はFLAT条件と比べて有意に小さくなり( $p<0.05$ )、股関節伸展のタイミングに差異が認められた。

**【考察】**

PF条件では、他条件と比較して立脚期の前半から股関節伸展角度変化が認められた。立脚期の膝関節の安定化には、ハムストリングスが寄与するとされている。本研究では足関節の底屈補助により立脚期に膝関節が伸展方向に誘導され、その際にハムストリングスの働きが関係し、股関節角度変化のタイミングに影響を与えた可能性がある。しかし、股関節伸展角度には有意差が認められなかった。股関節伸展角度と足関節角度は相関があるとされているが、本研究において足関節角度に有意な差は認められなかった。今後は、足関節角度に変化が生じる条件設定で股関節への影響を検討していく。

**【結語】**

ロボットによる立脚期中の足関節底屈補助は歩行中の股関節角度変化に影響を与える可能性がある。

**【倫理的配慮・説明と同意】**

所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:E2020-2096)の承認を得て実施し、対象者には事前に本研究の趣旨と目的を十分に説明し、口頭による同意を得た。

**O-03-04 口述3(身体運動学1)****反力推定機能を利用した筋骨格モデル解析の結果に基づく筋シナジー同定の試み**

○徳永 由太, 菊池 俊彦, 半田 健祐, 久保 宗平  
株式会社テラバイト 技術2部 筋骨格技術課

**【目的】**

筋シナジー解析を行う際には身体の多数の筋から筋電図計測によって筋活動量を取得する必要があり、計測にかかるコストが高いといった問題が存在している。前述の課題を解決する方法として、我々は身体運動と床反力の2つのデータから筋骨格モデル解析を行い、その結果として得られた筋活動量を用いて筋シナジー解析を行う方法を提唱している。しかし、床反力計による計測も筋電図と同様に計測コストが高いことが問題であった。そこで本研究では、動作データだけから床反力を推定できる反力推定機能を利用した筋骨格モデル解析の結果から筋シナジーを同定し、その妥当性について考察することを目的とした。

**【方法】**

身長1.75 m、体重66 kgの被験者より取得した歩行データを使用してAnyBody modeling systemによる筋骨格モデル解析を行い、動作中の筋活動量を取得した。なお、筋骨格モデル解析は、計測床反力を使用した条件(計測条件)、推定床反力を使用した条件(推定条件)、の2つの条件で実施した。Barrosoらの知見を参考にし、中殿筋、大腿直筋、外側広筋、大腿二頭筋長頭、半腱様筋、腓腹筋内側頭、ヒラメ筋、前脛骨筋の8筋を解析対象とした。筋シナジー解析は非負値行列因子分解により実施し、VAFが90%を超えた最小の筋シナジー数を採択した。計測・推定の両条件で同定された筋シナジーの筋結合パターンの類似性を、コサイン類似度によって評価した。

**【結果】**

同定された筋シナジーの数は計測条件で4、推定条件で5であった。また、計測・推定条件で同定された筋シナジーの筋結合パターン間のコサイン類似度は0.81-0.99であり、高い類似性を示していた。

**【考察】**

本研究で同定された筋シナジーの数は計測条件で4、推定条件で5となっていた。先行研究において、歩行時の筋シナジーの数は3-8の範疇であることが報告されている。本研究の結果では、計測・推定条件間では同定された筋シナジー数に乖離がみられたが、先行研究の知見を踏まえても妥当な筋シナジー数の範疇に収まっていると考えられた。

コサイン類似度に基づく筋結合パターンの類似度評価の結果、計測・推定条件で同定された筋シナジーの筋結合パターン間には高い類似性があることが明らかとなった。我々の過去の検証において、計測床反力を用いた筋骨格モデル解析の結果を利用した筋シナジー解析は、部分的にはEMGを用いた筋シナジー解析と同じ情報を同定できることを明らかにしている。これまでの検証結果を踏まえると、推定条件で同定された筋シナジーも計測条件で同定された筋シナジーと同程度の妥当性があることが考えられた。

**【結語】**

反力推定機能と筋骨格モデル解析を組み合わせることにより、身体運動データだけから、ある程度の妥当性を有する筋シナジーが同定できることが明らかとなった。

**【倫理的配慮・説明と同意】**

本研究の遂行において倫理的配慮が必要な事項は存在しない。

**O-04-01 口述4(構造・機能・情報学1)**

## 脳活動イメージングを用いた脳卒中後疼痛発症のメカニズム解明

○小川 有生人<sup>1,2)</sup>, 長坂 和明<sup>2,3)</sup>, 長尾 彩音<sup>1,2)</sup>,  
 五十嵐 岚実<sup>2,3,4)</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 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)新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学専攻

### 【はじめに・目的】

感覚情報に重要な視床に脳卒中が生じると、その数週間に後に脳卒中後疼痛と呼ばれる持続的な疼痛症状が生じることがある。これらの痛みの原因として有力な説は、脳卒中後の中枢神経系の不適切な可塑性であるとされているが、どのような脳活動変化が生じて、異常な痛みを誘発しているのかは未だ明らかになっていない。そこで本研究では、病態モデル動物を用いて、脳卒中後疼痛に関連する脳活動変化を内因性信号に対する光学イメージングを用いて検証した。

### 【方法】

Wistar系雄性ラット ( $n=10$ , 体重:  $270 \pm 10\text{g}$ ) を実験に用いた。病態モデル作成のため、Ketamine (80mg/kg) および xylazine (10mg/kg) 麻酔下で、視床後外側腹側核に血管壁を脆弱化させるCollagenase type IV (100U/ml, Sigma) を3分かけて0.25μl投与した。また、Control群には生理食塩水を0.25μl投与した。脳卒中後疼痛の発症は、後肢に対するフォンフレイフィラメントを用いた機械刺激に対する逃避閾値の測定と、アセトンを用いた寒冷刺激に対する過敏性を評価することで確認した。視床損傷から2週間後、後肢刺激時の脳活動変化をラビンタンパク質自家蛍光イメージング(FAI)を用いて計測した。実験終了後、出血損傷領域を同定するため、クリューバー・バレラ染色を行った。

### 【結果】

クリューバー・バレラ染色切片は出血損傷による組織の瘢痕化を示すグリオーシスが視床後外側腹側核に位置していることを示した。視床損傷後2週目では、フォンフレイフィラメントを用いた逃避閾値では閾値低下が確認された ( $p = 0.04$ )。アセトンを用いた寒冷刺激に対しても、当刺激に対する過敏性が増加する傾向がみられた。これら変化はControl群では確認されなかった。FAIの結果、Control群に比べて病態モデル群で、体性感覚誘発性の活動応答が広がっていることが確認され、特に、視床損傷と同側の一次体性感覚野と背側前頭前野では顕著であった(一次体性感覚野,  $p=0.04$ ; 背側前頭前野,  $p=0.04$ )。

### 【考察】

視床損傷後2週で確認された一次体性感覚野と背側前頭前野での活動上昇は脳卒中後疼痛の発症に関連していることを示唆する。しかし、本研究ではこれらの領域の活動上昇と痛みとの因果関係の証明はできていないため、薬理学的手法を用いて因果関係に迫る検証が必要である。

### 【結語】

脳卒中後疼痛発症後に損傷と同側の一次体性感覚野と背側前頭前野の活動上昇が引き起こされる。

### 【倫理的配慮・説明】

本実験は新潟医療福祉大学 動物実験委員会の承認を受けて行われた(承認番号: D2023-008)。

**O-04-02 口述4(構造・機能・情報学1)**

## 脳梁膨大後部皮質と前頭葉における機能解剖の解明 – 膜電位感受性色素を用いた光イメージングによる検証 –

○長尾 彩音<sup>1,2)</sup>, 長坂 和明<sup>2,3)</sup>, 五十嵐 岚実<sup>2,3,4)</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 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 理学療法学科  
 4)新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学専攻

### 【はじめに・目的】

慢性疼痛病態に対する機能的磁気共鳴画像による研究から、空間記憶に重要な脳梁膨大後部皮質(RSC)と感覚知覚に重要な背側前頭前野(dPFC)の異常な活動同期現象が確認されている。RSCはdPFC領域全体に解剖学的な軸索投射をもっており、この神経回路の機能構造の理解は慢性疼痛などの疾患メカニズム解明に繋がる。しかし、これまでの研究では、解剖学的な投射パターンは明らかになっているが、RSCの賦活化によってどのような神経活動をdPFCに引き起こすのかは分かっていない。本研究では、健常ラットを対象に、RSCからdPFCへの機能的投射について膜電位感受性色素(VSD)を用いた神経活動のリアルタイムイメージングと薬理学的阻害を組み合わせて明らかにすることを目的とした。

### 【方法】

Wistar系ラットを実験に用いた( $n=6$ )。ケタミン・キシラジン混合麻酔下で左半球の背側頭蓋骨と硬膜を除去した。その後、周囲に染色用チャンバーを設置し、VSD (RH795)による染色後、中の溶液を生理食塩水に置換した。VSDイメージングは細胞膜に結合したRH795へ励起光を照射し、その蛍光をCMOSセンサーで受光することで行った。RSCには同心円電極を留置し、先端から単相性電気刺激(刺激幅300 μs, 刺激強度200 ~300 μA)を与えた。薬理学的阻害実験では、非NMDA受容体拮抗薬を皮質に局所投与し、再度VSDイメージングを行った。

### 【結果】

VSDイメージングの結果では、RSC刺激はまずその刺激近隣領域を脱分極させ、この脱分極性応答はdPFCの尾側へ伝達し、そこからさらにdPFCの吻側方向へ広がる様子が観察された。尾側dPFCと吻側dPFCの脱分極を示す蛍光変化量のピークの差は約2msであった。非NMDA受容体拮抗薬の尾側dPFCへの投与によって、RSC刺激で誘発される吻側dPFCの脱分極を示す蛍光変化量は減少した(平均56%)。このことは、吻側dPFCの興奮性応答が尾側dPFCを介していることを示す。

### 【考察】

本研究結果より、RSCからdPFCへの神経回路は興奮性であり、尾側から吻側dPFCへ伝搬することが明らかになった。当回路がそれぞれどのように慢性疼痛病態に関与するのか今後明らかにする必要がある。

### 【結語】

RSCの活性化は、dPFCの異なる領域に興奮性応答を引き起こすことが示された。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

新潟医療福祉大学における動物実験倫理委員会(承認番号:D2023-036)の承認を得て実施した。

## O-04-03 口述4(構造・機能・情報学1)

Micro-CTを用いた腰部多裂筋の解剖学的観察  
～シングルケーススタディ～  
○原野 達也<sup>1,2)</sup>, 田平 陽子<sup>3)</sup>, 清水 圭悟<sup>1)</sup>, 拝形 祐登<sup>1)</sup>,  
渡部 功一<sup>3)</sup>  
1)久留米大学大学院 医学研究科 博士課程 肉眼・臨床解剖分野  
2)雪の聖母会 地域共生センター  
3)久留米大学 解剖学講座肉眼・臨床解剖部門

### 【はじめに・目的】

腰部多裂筋(以下, LM)は脊髄神経後枝の支配を受け、仙骨・腸骨・腰椎にまたがり腰椎の安定性に関与していると言われている。また、腰仙骨移行部では最も支持性を提供する筋で、腰痛(以下, LBP)との関連性も報告されている。そのため、LMの形態について注目されているが先行研究では一貫した見解がない。

近年、軟部組織の走行や形態を把握するためにMicro-CT(以下, MCT)を用いた報告があり、MCTは緻密な構造を描出するのに有用であると言われ、LMを評価することで、複雑な解剖学的特徴を把握することができる可能性がある。そこで、本研究はLBPと関連のあるLM構造を理解するために、MCTを利用した評価を検証することとした。

### 【方法】

対象は、2022年にA大学に供されたホルマリン固定を施された女性の御献体1体で、第1腰椎棘突起から仙骨、LMへの侵襲がなく、LM組織の損傷がないことを確認して実施した。

御献体からLM、第1～5腰椎椎体、仙骨、腸骨の一部を一塊に摘出し、採取した組織は椎体中央の矢状面で切断し、右側のみを評価対象とした。MCTによる軟部組織造影は、先行研究を参考に50%、70%エタノールで十分に脱水後、1%のリソチアムステン酸粉末を70%エタノールに拡散させた溶液(以下、PTA溶液)を作成し、組織をプラスチック容器に入れてPTA溶液で満たした。その後振盪機にて搅拌させ12週後にMCT撮像した。

### 【結果】

MCT撮像の結果、第1腰椎棘突起に停止するLMは、第4腰椎乳頭突起から起始する走行と、第4腰椎付近の腰背腱膜方向への走行が観察され、2層構造となっていた。前者を深層、後者を表層と分類すると、起始した部位からそれぞれ1椎体程度頭方の高さで合流し、共同となって棘突起に停止していた。第2腰椎棘突起に停止するLMも同様に第5腰椎乳頭突起と第5腰椎腰背腱膜方向に走行する2層構造となっていた。LMの深部の造影は困難であった。

### 【考察】

今回、LM構造を理解するためにMCTによる評価を試みた。結果、付着部位や走行を明確にすることはでき、一部の先行研究を支持する結果となったが、異なる走行も確認することができた。

深層部の造影不良については、仙骨から第1腰椎までの組織を一塊に評価したことが原因と考えられるため、今後は組織を分けて評価するなど検討を重ねていきたい。

### 【結語】

MCTによる軟部組織構造の評価は可能であるが、造影方法には十分な課題がある。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」に従って実施し所属研究機関倫理委員会と研究機関長の許可を受けて実施した(承認番号24036)。研究に使用した御遺体はすべて所属大学に献体されたものであり、研究の使用に際し、遺族に対し説明し同意を得ている。

## O-04-04 口述4(構造・機能・情報学1)

8週間の自発的なWheel running exerciseが筋内のリンパ管および毛細血管へ与える影響  
～週齢の異なるマウスヒラメ筋を用いて～  
○田村 悠磨<sup>1)</sup>, 川島 隆史<sup>2,3)</sup>, 紀 瑞成<sup>1,3)</sup>,  
大塚 章太郎<sup>1,3)</sup>, 児玉 歩生<sup>3)</sup>, 富永 夏帆<sup>3)</sup>, 伊東 佑太<sup>4)</sup>,  
河上 敬介<sup>1,3)</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 リハビリテーション部  
3)大分大学 福祉健康科学部 理学療法コース  
4)名古屋学院大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

【はじめに・目的】Wheel running exercise(WRE)は毛細血管増加やサルコペニアを予防する(Manzanares)が、筋内リンパ管へ与える影響や、その影響が週齢によって異なるかは不明である。そこで本研究は週齢の異なるマウスを用いてWREが筋内リンパ管へ与える影響について検証することを目的とした。

【方法】C57BL/6J雄マウス(若齢群; 12週齢、高齢群; 79週齢)を走行距離の記録が可能なwheel付きケージで8週間飼育しExercise(Ex)群とした。また、同週齢のマウスを通常ケージで飼育しSedentary(Sed)群とした(各群n = 6)。各群よりヒラメ筋を採取して凍結横断切片を作製し、抗LYVE-1抗体でリンパ管、抗CD31抗体で毛細血管を免疫組織化学染色にて同定し、単位面積あたりの数(密度)を測定した。統計処理は運動の有無と週齢の違いを要因とした2要因分散分析を行った。

【結果】リンパ管密度(LVD)は交互作用を認め、若齢Sed群( $129.8 \pm 14.0$ 本/mm<sup>2</sup>)に比べ若齢Ex群( $178.9 \pm 19.7$ 本/mm<sup>2</sup>)で有意に高値を示したが( $p < .05$ )、高齢Sed群( $143.9 \pm 33.2$ 本/mm<sup>2</sup>)と高齢Ex群( $146.8 \pm 18.9$ 本/mm<sup>2</sup>)の間に有意な差は認めなかった( $p = .87$ )。毛細血管密度(CVD)では交互作用はなかったが、運動の有無で主効果を認め、若齢Sed群( $1284.8 \pm 226.5$ 本/mm<sup>2</sup>)に比べ若齢Ex群( $1526.4 \pm 131.1$ 本/mm<sup>2</sup>)で有意に高値を示した( $p < .05$ )。一方、高齢Sed群( $1392.2 \pm 194.0$ 本/mm<sup>2</sup>)と高齢Ex群( $1318.9 \pm 173.8$ 本/mm<sup>2</sup>)の間に有意な差は認めなかった( $p = .89$ )。走行距離は若齢Ex群( $456.6 \pm 93.1$  km)に比べ、高齢Ex群( $221.0 \pm 58.2$  km)で有意に低値を示した( $p < .01$ )。

【考察】LVDは若齢Ex群で増大し、高齢Ex群では増大しなかった。このことから筋内リンパ管は加齢に伴い運動に対する応答が低下すると考える。CVDは若齢Ex群では先行研究同様に増大したが、高齢Ex群では増大しなかった。WREが高齢マウスの筋内毛細血管へ与える影響については不明な点が多いが、本結果より筋内毛細血管も加齢に伴い運動に対する応答が低下すると考える。一方、高齢Ex群では走行距離が短く、運動量の違いが筋内リンパ管や毛細血管へ影響した可能性もある。この因果関係の検証は今後の課題である。

【結語】8週間のWREで若齢マウスのLVD、CVDは増大したが、高齢マウスでは増大しなかった。

【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; 235701)。本研究に関する開示すべき利益相反はない。

## O-05-01 口述5(神経生理学2)

### 脳卒中患者の歩行時筋シナジーと遊脚期膝関節屈曲角度の関連性

○狩野 大河<sup>1)</sup>, 青山 敏之<sup>2)</sup>, 吉川 憲一<sup>3)</sup>, 石橋 清成<sup>3)</sup>, 河野 豊<sup>4)</sup>

1)茨城県立医療大学大学院保健医療科学研究科

2)茨城県立医療大学理学療法学科

3)茨城県立医療大学付属病院理学療法科

4)茨城県立医療大学医科学センター

#### 【はじめに・目的】

脳卒中後の歩行は、遊脚期膝関節屈曲角度が減少し、転倒リスクの増大や非効率的な歩行パターンを呈する場合がある。遊脚期膝関節屈曲角度減少は、大腿直筋や下腿三頭筋などの異常な活動パターンが関連すると報告されているが、歩行に関連する多数の筋間の協調とどのように関連するかは十分に検証されていない。このような複数筋の協調性を評価する手法として筋シナジー解析が挙げられる。本研究では筋シナジー解析を用いて、脳卒中患者の歩行時筋シナジーと遊脚期膝関節屈曲角度の関連性について明らかにすることを目的とした。遊脚期膝関節屈曲角度に関連する筋シナジーの特徴の特定は、転倒リスクを軽減させる歩行獲得の観点から意義深いと考える。

#### 【方法】

初発脳卒中患者で近位見守り歩行が可能な11名（平均年齢 $63.2 \pm 8.5$ 歳）を研究対象者とし、快適歩行時の麻痺側下肢8筋の筋活動を記録した。また、ハイスピードカメラにより撮影された矢状面の動画からOpenPoseを使用して遊脚期膝関節最大屈曲角度を算出した。筋シナジー解析は、非負値行列因子分解（non-negative matrix factorization: NMF）を用いてVAF1、筋シナジー数とその時空間的パターンを算出した。VAF1は筋シナジー数を1つとした場合に算出されるVAFの値を意味し、高値であるほど簡略化された運動制御戦略が用いられていることを反映する。全患者から得られた全ての筋シナジーをそれぞれの筋の重みづけに基づき、k-means法を用いて分類した。統計解析はSPSS version29を使用し、VAF1と遊脚期膝関節最大屈曲角度の関連をスピアマンの相関分析により、筋シナジー数における遊脚期膝関節最大屈曲角度の群間差をマンホイットニーのU検定により解析した。有意水準は $p < 0.05$ とした。

#### 【結果】

遊脚期膝関節最大屈曲角度とVAF1は有意な負の相関を示した。筋シナジー数は2つ(3名)、または3つ(8名)有する群に分かれ、遊脚期膝関節最大屈曲角度は群間に有意差を示さなかつたが、3シナジー群で高値の傾向であった。また、3シナジー群は8名全員に立脚後期に活動のピークを迎える、下腿三頭筋を中心とした筋シナジーが存在した。

#### 【考察】

VAF1と遊脚期膝関節最大屈曲角度に有意な負の相関が得られたことは、下肢筋活動をより1つの筋シナジーで説明可能な簡略化された運動制御戦略を採用する症例ほど、遊脚期の膝関節屈曲が生じにくくことを示唆する。3シナジー群において遊脚期膝関節最大屈曲角度が高値の傾向にあったことは、下腿三頭筋によるプッシュオフの働きが遊脚期の膝関節屈曲に寄与した可能性を示唆する。

#### 【結語】

脳卒中患者の遊脚期膝関節屈曲角度には、筋シナジー解析によって得られたVAF1と下腿三頭筋を主とした筋シナジーの有無が関連する可能性がある。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した（承認番号：877）。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## O-05-02 口述5(神経生理学2)

### 障害物跨ぎ歩行開始時の予測的姿勢調節の発達過程

○木下 大頌<sup>1)</sup>, 黒木 堯稀<sup>2,4)</sup>, 鞍馬 貴史<sup>3,5)</sup>, 川端 安耶子<sup>1)</sup>, 熊野 陽奈<sup>1)</sup>, 平田 恵介<sup>6)</sup>, 萬井 太規<sup>1,2,3)</sup>

1)大分大学 福祉健康科学部 福祉健康科学科

2)大分大学大学院 医学系研究科 理学療法研究領域

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)別府発達医療センター リハビリテーション課

5)明野中央病院 リハビリテーション科

6)東京家政大学健康科学部リハビリテーション学科

#### 【はじめに・目的】

小児期では玩具や段差を跨ぐ動作が日常的に必要となるが、外界の物体に適応した動作が困難とされている (Yoshimoto et al., 2023)。随意運動に先行する足圧中心点(COP)の後方から遊脚方向の移動（予測的姿勢調節(APAs)）は、前方への推進力や姿勢安定性に寄与し、障害物を安全に跨ぐ際に重要なことから (Bouisset&Do., 2008; Eric et al., 2016)、発達過程の解明が不可欠である。本研究の目的は、5~16歳を対象に障害物跨ぎ歩行開始時のAPAsの発達過程を明らかにすることである。

#### 【方法】

44名の5~16歳の定型発達児と16名の健常成人 ( $21.1 \pm 1.4$ 歳) を対象とした。44名の児は4歳毎に群分した（5~8歳16名、9~12歳16名、13~16歳12名）。両上肢を下垂、足幅を上前腸骨棘間距離とした初期姿勢から、歩行開始時に前方の障害物を跨ぐ課題を10試行実施した。障害物は対象者の足尖から歩幅の50%前方に設置し、障害物の高さは下肢長の10%に統一した。2基の床反力シグナルから、COPの変位開始時間と最大変位量を前後軸と左右軸に分けて算出した。変位開始時間は、静止立位時の足圧中心点の平均値から2倍の標準偏差を超えた時点と定義した。COPの後方最大変位量は足長、側方最大変位量は左右上前腸骨棘間距離で正規化した。群間比較には一元配置分散分析を使用し、多重比較にはTukey-Kramer法を用いた。有意水準は5%未満とした。

#### 【結果】

COP後方変位の開始時間に群間の主効果が認められ、5~8歳群、9~12歳群は成人群と比較して有意に遅かった ( $p < 0.05$ )。同様に、COP側方変位の開始時間にも群間の主効果が認められ、5~8歳群、9~12歳群は13~16歳群、成人群と比較して有意に遅かった ( $p < 0.05$ )。さらに、COP後方最大変位量にも群間の主効果が認められ、5~8歳群は成人群と比較して有意に大きかった ( $p < 0.05$ )。一方、COP側方最大変位量は群間の主効果が認められなかった ( $p > 0.05$ )。

#### 【考察】

5~8歳群、9~12歳群は成人と比較してAPAsの開始時間が有意に遅かった。8~12歳はAPAsの時間制御に関わる cingulo-oculocularネットワーク、frontoparietalネットワーク、somatosensory-motorネットワークの活動が未発達である (Cignetti et al., 2018)。ゆえに、成人のように早期にAPAsを产生できなかったと考えられる。そして、5~8歳群では、APAsの時間制御の遅延を代償するために、後方のAPAsを過大にした可能性が考えられる。また、5~8歳児は、視覚情報処理に関する視覚野や前頭前野の機能が未発達とされる (Huttenlocher et al., 1997)。よって、5~8歳群は、前方の障害物に対して適切に物体を認識出来ず、後方のAPAsを過大とすることで、障害物を確実に跨ごうとしたとも考えられる。

#### 【結語】

障害物跨ぎ歩行開始におけるAPAsの空間制御は9歳頃、時間制御は13歳頃に成人と同等に達する。

【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会で承認後に実施した（承認番号：F220002）。研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと書面で同意を得た。

## O-05-03 口述5(神経生理学2)

### 歩行開始時の予測的姿勢制御が歩行速度に与える影響の検証

○榎 悠介<sup>1)</sup>, 川田 亜弥<sup>1)</sup>, 赤木 啓真<sup>1,2)</sup>, 石村 光<sup>1)</sup>,  
西山 仁<sup>1)</sup>, 浅野 葵<sup>1)</sup>, 川村 るか<sup>1)</sup>, 萬井 太規<sup>3)</sup>,  
長谷川 直哉<sup>4)</sup>

1)北海道大学大学院保健科学院

2)医療法人博仁会福岡リハビリテーション病院リハビリテーション部

3)大分大学福祉健康科学部

4)北海道大学大学院保健科学研究院

#### 【目的】

歩行速度の低下は転倒リスクを増加させると報告されている。従って、歩行速度の低下に影響を与える因子を同定することは、今後の転倒予防介入を考える上で必要不可欠である。先行研究では、予測的姿勢制御(APA)の前後(AP)方向の振幅の減少は前方への推進力の低下を、左右(ML)方向の振幅の減少は歩行開始動作の姿勢不安定性の増加を反映しており、それぞれ異なる要因で歩行速度を低下させると報告されている。また、APAの持続時間は歩行開始時に生じるML方向の重心移動時間と定義されることが多く、姿勢不安定性が増加する疾患において延長することが報告されている。しかし、APAの持続時間と歩行速度の関係性は明らかになっていない。従って、本研究の目的は歩行開始時のAPAと歩行速度間の関連性を検証することとした。

#### 【方法】

健常若年者22名( $23.1 \pm 1.1$ 歳)を対象とした。対象者は足部と腰部に加速度計を装着した状態で、1分間最大歩行速度で7mの歩行路を往復する課題を実施した。腰部の加速度計で計測された加速度を用いて1分間の直線歩行の平均歩行速度、AP方向とML方向の振幅を算出した。加えて、歩行開始時のAPAの持続時間はML方向の加速度を用いて算出した。Pearsonの相関係数を用いて各測定項目間の関連性を検証し、有意水準は5%未満とした。

#### 【結果】

平均歩行速度とAPAの持続時間、AP方向の振幅との間に有意な相関関係が認められた( $r = -0.592, p = 0.004; r = 0.546, p = 0.009$ )。加えて、APAの持続時間とAP方向の振幅の間に有意な負の相関が認められた( $r = -0.512, p = 0.015$ )。一方、ML方向の振幅とAPAの持続時間、歩行速度との間には有意な相関関係が認められなかった。

#### 【考察】

APAの持続時間と平均歩行速度の間に負の相関がみられたことから、歩行開始時のML方向の重心移動時間の延長により、歩行速度が低下することが示された。加えて、APAの持続時間とAP方向の振幅の間に負の相関がみられる一方で、ML方向の振幅とは相関関係が認められないことより、歩行開始時のML方向の重心移動時間は、歩行速度の產生に影響を与えると考えられる。

#### 【結語】

健常若年者において、歩行開始時のAPAの持続時間の延長は、歩行開始時の前方への推進力、および歩行速度に影響を与える。

#### 【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。

## O-05-04 口述5(神経生理学2)

### 母趾外転筋の運動単位の発火特性とアーチ高との関連について

○川守 佑奈<sup>2)</sup>, 青山 敏之<sup>1)</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研究科

#### 【はじめに・目的】

内側縦アーチを支える筋として、足部内在筋である母趾外転筋が重要であることが知られている。先行研究では、外側広筋の運動単位発火特性は座位での随意運動課題と立位での姿勢保持課題によって異なることが明らかにされており、同様の現象が母趾外転筋でも生じる可能性がある。本研究では、母趾外転筋の運動単位の発火特性が座位と立位という姿勢変化によって変化するかどうか、さらにはその変化が姿勢変換に伴うアーチ高変化と関連するかどうかについて明らかにすることを目的とした。

#### 【方法】

対象は健常な男女13名(年齢 $21.0 \pm 0.6$ 歳)とし、舟状骨ドロップテスト(Navicular drop test; NDT)にてアーチ高を評価した。対象者は右足部を固定し、足関節底背屈0度に保持した。事前に、母趾外転筋の随意最大筋力(Maximum Voluntary Contraction; MVC)を座位にて測定した。前に設置したモニターに整流平滑化された母趾外転筋の筋活動を表示し、ランプアップ時間3秒、30%MVCの筋活動保持時間10秒、ランプダウン時間3秒を目標値として追跡させた。この筋収縮課題は座位と立位の2条件で実施した。Trigno Galileo Sensor(Delsys社製)を用い、母趾外転筋の筋活動を記録した。得られた筋活動から、Neuromap software(Delsys社製)を用いて、運動単位活動電位の平均発火頻度・平均発火閾値を算出し、対応のあるt検定により2条件間ににおいて比較した。さらに、平均発火頻度と平均発火閾値について、立位/座位比を算出し、NDTの値についてスピアマンの相関分析を行った。

#### 【結果】

平均発火頻度、平均発火閾値のいずれにおいても座位課題・立位課題間に有意差は見られなかった。平均発火頻度の立位/座位比について、NDTとの間に有意な相関は見られなかった。平均発火閾値の立位/座位比について、NDTの結果との間に統計学的に有意な負の相関を示した( $\rho = -0.818, p < 0.05$ )。

#### 【考察】

座位課題と立位課題間で母趾外転筋の運動単位発火特性に有意差が認められなかったことは、本研究の対象者全体としては母趾外転筋の運動課題に依存した運動単位発火特性の変化が生じないことを示唆する。一方、平均発火閾値の立位/座位比とNDTとの間に有意な負の相関が認められた。このことは、座位から立位への姿勢変換におけるアーチ降下度が大きい者、すなわち、アーチの柔軟性が高い者ほど、姿勢変換に伴い低閾値の運動単位が動員されやすい、または運動単位の発火閾値が低下しやすいことを示唆する。

#### 【結語】

本研究の結果より、座位と立位での筋収縮課題における運動単位の発火特性の相違は、姿勢変換に伴うアーチ高の変化に関連することが示唆された。このことは、アーチ高保持に対する動的支持機構の一つである母趾外転筋の機能的役割を解明する上で有益な知見になり得る。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究の目的と内容を参加者へ説明し口頭と書面にて同意を得た。本研究はヘルシンキ宣言に基づき、所属機関の倫理委員会での承認を得た上で実施した。

**O-06-01 口述6(身体運動学2)****足圧中心位置の変化がスクワット中の膝蓋大腿関節負荷に与える影響**

○石田 知也, 北村 優, 寒川 美奈, 遠山 晴一  
北海道大学 大学院保健科学研究院

**【はじめに・目的】**スクワット動作は、下肢の筋力強化などを目的に広く用いられる治療運動の一つである。しかし、膝蓋大腿関節痛を惹起する動作としても知られており、膝蓋大腿関節へ加わる負荷を考慮することは重要である。本研究の目的は、スクワット中の足圧中心(COP)位置の変化に伴う膝蓋大腿関節負荷の変化を明らかにすることである。

**【方法】**健常男性16名を対象とした(年齢 $22.9 \pm 1.5$ 歳)。動作課題は両脚のスクワット動作とし、自然条件と3つのCOP位置条件(前方、中間、後方)を実施した。各COP位置条件では、対象者の前方に配置したモニターにCOP位置を提示し、決められた範囲内にCOP位置が収まるようにスクワットを行うよう指示した。目標範囲は、それぞれ第一中足骨頭、第一足根中足関節、舟状骨結節の位置を基準として足長の $\pm 2.5\%$ の範囲を提示した。スクワット動作は三次元動作解析システムおよび床反力計により計測し、筋骨格モデル解析(OpenSim)を用いて膝蓋大腿関節間力を算出した。さらに先行研究に準じて、膝関節屈曲角度に応じた膝蓋大腿関節の接触面積を算出し、関節間力を接触面積で除すことによりstressを算出した。条件間の比較には、反復測定分散分析とBonferroni testを用いた。

**【結果】**COP位置は、踵を0%、足先を100%として自然条件 $36.1 \pm 7.8\%$ 、前方条件 $72.5 \pm 4.0\%$ 、中間条件 $54.7 \pm 3.2\%$ 、後方条件 $38.4 \pm 3.0\%$ であった。自然条件と後方COP条件の間を除いて、各条件間で有意差を認めた。一方、膝関節最大屈曲角度は条件間に有意差を認めなかった。膝蓋大腿関節の最大関節間力(体重比、以下BW)は自然条件 $5.7 \pm 0.9$  BW、前方COP条件 $5.3 \pm 1.0$  BW、中間COP条件 $5.4 \pm 1.0$  BW、後方COP条件 $5.7 \pm 0.8$  BWであり、自然条件と比較して前方および中間COP条件が有意に小さな値を示した(それぞれ $P < 0.001$ ,  $P = 0.041$ )。また、最大stressは自然条件 $4.6 \pm 0.6$  MPa、前方COP条件 $4.2 \pm 0.7$  MPa、中間COP条件 $4.3 \pm 0.6$  MPa、後方COP条件 $4.6 \pm 0.6$  MPaであり、自然条件と比較して前方および中間COP条件が有意に小さく(それぞれ $P = 0.001$ ,  $P = 0.023$ )、後方COP条件と比較して前方COP条件が有意に小さかった( $P = 0.023$ )。

**【考察】**本研究結果は、スクワット運動中のCOP位置を変化させることにより膝蓋大腿関節の負荷が変化することを示した。スクワット中の膝蓋大腿関節負荷を減じるために、COP位置を前方へ誘導する指導が有用と考えられる。

**【結語】**COP位置を変化させることは、スクワット中の膝蓋大腿関節負荷を調整するための一つの手段となりうる。

**【倫理的配慮・説明と同意】**本研究は所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:21-59)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

**O-06-02 口述6(身体運動学2)****筋骨格モデルを用いた健常成人の階段昇降時における膝関節内・外側反力の解析**

○鈴木 陸斗<sup>1)</sup>, 川田 将之<sup>2)</sup>, 竹下 康文<sup>3)</sup>, 宮崎 宣丞<sup>4)</sup>, 中島 将武<sup>1)</sup>, 福田 将史<sup>1)</sup>, 西川 智喜<sup>1)</sup>, 宇都 由貴<sup>1)</sup>, 松浦 央憲<sup>1)</sup>, 下世 大地<sup>1)</sup>, 追田 彩夏<sup>1)</sup>, 當房 寛丈<sup>1)</sup>, 木山 良二<sup>2)</sup>

1)鹿児島大学大学院保健学研究科

2)鹿児島大学医学部保健学科

3)第一工科大学工学部情報・AI・データサイエンス科

4)熊本保健科学大学 保健学科 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

**【はじめに・目的】**

変形性膝関節症患者は階段昇降中に膝関節内側の疼痛を訴えることも多く、階段昇降では歩行よりも膝関節内側関節面の反力が大きいと推察される。筋骨格モデルシミュレーションを用い、歩行中の膝関節の内・外側関節面の反力を検討している報告はあるが、階段昇降の検討は少ない。本研究の目的は筋骨格モデルシミュレーションを用いて、健常成人の階段昇降時の膝関節内・外側関節面の反力を解析することである。

**【方法】**

健常成人男性10名(年齢:  $23.6 \pm 0.6$  歳)を対象に、右下肢の立脚相の反力を分析した。対象動作は通常歩行、1足1段の階段昇降(高さ20cm)とした。モーションキャプチャと3枚の床反力計のデータを筋骨格モデルシミュレーションソフトAnyBody7.4に入力し、得られた関節反力からRichards (2018) の方法で膝関節内・外側反力を算出した。各反力は二峰性となるため、第1ピーク、第2ピークを算出し、体重で正規化した。昇段、降段、歩行の3条件における内・外側反力をそれぞれ対応のあるt検定もしくはWilcoxon検定のHolm修正にて分析した。有意水準は5%とした。

**【結果】**

膝関節内側反力の第1ピークは降段時( $171.0 \pm 15.3\%$ BW)が、昇段時( $154.7 \pm 15.3\%$ BW)と歩行時( $151.1 \pm 9.9\%$ BW)に比べ有意に大きかった( $P \leq 0.019$ )。第2ピークも同様に、降段時( $311.9 \pm 52.1\%$ BW)が、昇段時( $147.9 \pm 15.7\%$ BW)と歩行時( $165.5 \pm 19.3\%$ BW)に比べ、有意に大きかった( $P < 0.001$ )。外側反力の第1ピークは降段時( $83.5 \pm 18.8\%$ BW)と昇段時( $95.0 \pm 14.4\%$ BW)が、歩行時( $47.9 \pm 15.2\%$ BW)に比べ、有意に大きく( $p \leq 0.001$ )、第2ピークも同様に、降段時( $211.3 \pm 34.3\%$ BW)が、昇段時( $92.9 \pm 17.7\%$ BW)と歩行時( $95.5 \pm 16.7\%$ BW)に比べ、有意に大きかった( $p < 0.001$ )。

**【考察】**

膝関節反力は降段動作で増加するとされており、本研究における膝関節内側反力も同様に降段動作で増大した。降段動作では外的膝関節内転・屈曲モーメントが増大することが原因として挙げられる。特に降段の立脚後期では膝関節屈曲角度が大きく、外的屈曲モーメントも大きいことから、内側反力の第2ピークが大きい値を示したと考えられた。

**【結語】**

筋骨格モデルシミュレーションによる解析の結果、降段動作の膝関節内側反力は歩行や昇段動作よりも大きかった。

**【倫理的配慮・説明と同意】**

本研究は所属施設倫理審査委員会において承認を受け(承認番号: 230169)、ヘルシンキ宣言に則り研究を行った。

## O-06-03 口述6(身体運動学2)

腰部多裂筋の萎縮による椎間板の負荷の変化  
～持ち上げ動作に着目して～

○福田 将史<sup>1,2)</sup>, 川田 将之<sup>3)</sup>, 竹下 康文<sup>3,4)</sup>, 中島 将武<sup>1)</sup>,  
西川 智喜<sup>1)</sup>, 鈴木 陸斗<sup>1)</sup>, 當房 寛丈<sup>1)</sup>, 下世 大治<sup>1)</sup>,  
松浦 央憲<sup>1)</sup>, 宮崎 宣丞<sup>5)</sup>, 木山 良二<sup>3)</sup>

1)鹿児島大学大学院保健学研究科

2)医療法人 安松整形外科

3)鹿児島大学医学部保健学科

4)第一工科大学工学部情報・AI・データサイエンス科

5)熊本保健科学大学 保健科学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

### 【はじめに・目的】

腰部多裂筋は、腰椎を安定させる機能を有する (Ward SR, 2009)。腰部多裂筋の萎縮は、動作時の腰椎安定性の低下を招き、椎間板の負荷を増加させると推測されるが、そのメカニズムは不明である。本研究の目的は、腰部負荷の大きい動作である持ち上げ動作に着目し、筋骨格モデルシミュレーションを用いて、腰部多裂筋の萎縮とL4/5椎間板の負荷との関連を明らかにすることである。

### 【方法】

対象は、健常成人男性8名 ( $21.9 \pm 1.3$ 歳)とした。対象動作は、10 kgの荷物を正面の高さ約15 cmの台上から4秒間で持ち上げる動作とした。膝関節は可能な限り伸展位とし、終了肢位は体幹正中位、肘関節90°屈曲位になるように指示した。8台のカメラと2台の床反力計を用い、モーションキャプチャを行った。得られたデータを筋骨格モデルシミュレーションソフトAnyBody7.3に入力した。

本研究では、標準的な筋骨格モデル（正常モデル）と多裂筋の最大筋力を50%減少させた筋骨格モデル（萎縮モデル）を比較した。両モデルの椎体間関節の自由度は5とし、前後・左右方向の並進運動を許容した。L4に付着する多裂筋、最長筋、腸肋筋、腰方形筋を対象とし、L4/5間に作用する剪断力、圧縮力を椎間板の負荷とした。各筋における左右の筋張力の平均値とL4/5の剪断力、圧縮力を胸郭前傾90°の肢位にて算出した。算出した値は体重にて正規化し (%BW), 3試行の平均値を代表値とした。モデル間の筋張力、剪断力、圧縮力のデータ分布の正規性を確認し、対応のあるt検定またはウィルコクソンの符号付順位和検定にて分析した。有意水準は5%とした。

### 【結果】

腰部多裂筋の筋張力は正常モデル $1.40 \pm 0.17$  N/kgと比較して、萎縮モデル $0.70 \pm 0.08$  N/kgで有意に低かった ( $p = 0.008$ )。剪断力は正常モデル $4.8 \pm 0.9$ %BWと比較して、萎縮モデル $5.9 \pm 0.4$ %BWで有意に高かった ( $p = 0.004$ )。圧縮力は正常モデル $453.0 \pm 46.4$ %BWと比較して、萎縮モデル $448.3 \pm 45.1$ %BWであり、有意な差を認めなかつた ( $p = 0.051$ )。最長筋、腸肋筋、腰方形筋の筋張力は正常モデルと比較して、萎縮モデルで有意に高かった ( $p = 0.007$ )。

### 【考察】

腰部多裂筋が萎縮した筋骨格モデルでは、椎間板の水平方向への負荷が増加した。また、最長筋、腸肋筋、腰方形筋は、腰部多裂筋の機能低下に伴う腰椎の動的安定性の低下を代償すると考えられた。

### 【結語】

腰部多裂筋の萎縮は、持ち上げ動作中の水平方向の椎間板の負荷を増加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、所属施設の倫理委員会の承認を得て行った（承認番号: 220187 疫）。対象者には事前に十分な説明を行い、同意を得た。

## O-06-04 口述6(身体運動学2)

外骨格ベルトが体幹回旋および側屈を伴う前屈姿勢における体幹可動域と筋活動への影響

○太田 光洋<sup>1,2)</sup>, 宮原 敏郎<sup>2)</sup>, 岩本 義隆<sup>3)</sup>, 石井 陽介<sup>2)</sup>,  
平岡 綾<sup>4)</sup>, 阿部 泰彦<sup>4)</sup>, 高橋 真<sup>2)</sup>

1)広島医療保健専門学校

2)広島大学大学院 医系科学研究科 生体動作・動作解析学

3)広島大学病院 診療支援部リハビリテーション部門

4)広島大学大学院 医系科学研究科 先端歯科補綴学

### 【はじめに・目的】

近年、腰痛予防策として、身体装着型補助具（外骨格）の開発が進み、職場に導入されるようになってきた。腰部外骨格の主な目的は、体幹前屈を伴う作業中に、作業者の可動性を維持しつつ、傷害を防止することである。しかし、実際の前屈を伴う作業では純粋な体幹前屈運動のみで行われるものではなく、体幹の回旋や側屈が含まれることが多い。そこで本研究は、体幹回旋や側屈を伴う前屈姿勢の補助を行いうように調整した外骨格ベルトが体幹可動域および筋活動に及ぼす影響について検証し、有用な姿勢保持装具の開発の一助とすることとした。

### 【方法】

対象者は腰痛の既往がなく、BMIが25以下の健常若年者7名を対象とした。課題動作は右爪先より50cm前・側方で肘頭の高さの位置に配置した目標物に両手を近づけた肢位で5秒間保持した。測定条件は体幹前屈のみを補助する外骨格（DARLING SATT〈ダイヤ工業社製〉：以下DS型）を装着する条件と、体幹前屈・回旋・側屈を補助するように調整した外骨格（DARLING ADJUST〈ダイヤ工業社製〉：以下DA型）を装着する条件とした。データ測定方法は、運動学データを全身の46箇所に貼付した赤外線反射マーカーの空間座標を3次元動作システムを用いて取得した。次に、筋電図データはワイヤレス筋電計を用いて、左右の僧帽筋下部、腰部脊柱起立筋、大殿筋、大腿二頭筋に貼付し、取得した。統計解析はShapiro-Wilk検定を使用しデータの正規分布の確認を行なった。正規分布に従う場合はt検定を、正規分布に従わない場合はWilcoxon順位和検定を実施した。すべての統計解析は、EZRを用いて実施した。帰無仮説は、 $p < 0.05$ で棄却した。

### 【結果】

DS型装具装着時と比較し、DA型装具装着時に有意に体幹前屈角度が低値を示し、体幹回旋角度が高値を示した。体幹側屈角度に有意差は認めなかった。筋電図データは右の腰部脊柱起立筋の筋活動のみが有意に低値を示した。

### 【考察】

DS型装具に比べ、DA型装具では体幹回旋・側屈も補助されるため、体幹の伸展・側屈の作用のある腰部脊柱起立筋の筋活動を抑え体幹回旋角度を増加させることができ、一方で体幹前屈角度を抑制することができたと考えられた。

### 【結語】

複合的な前屈位保持動作において体幹前屈・回旋・側屈を補助するように調整したDA型装具を装着することで、腰痛の原因となる腰部への負荷が軽減され、作業現場における有用性が高いことが示唆された。

### 【倫理的配慮、説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、同意を得たのちに実施した。

**O-07-01 口述7(構造・機能・情報学2)**

## サルコペニアに関する選択的スプライシング変化の包括的解析

○檜森 弘一<sup>1)</sup>, 松井 佑介<sup>1,2)</sup>

1)東海国立大学機構 糖鎖生命コア研究所

2)名古屋大学大学院 医学研究科

**【目的】**mRNAの選択的スプライシング異常が老化の特徴として新たに認識されており、先行研究では老齢ラットの骨格筋における選択的スプライシングの異常が報告されている。しかしながら、ヒトにおいてサルコペニアにおける選択的スプライシングの変化は検討されておらず、その役割は十分に明らかにされていない。本研究では、ヒトサルコペニアにおける選択的スプライシング変化の包括的な解析を行なった。**【方法】**Gene Expression Omnibusから公開されている骨格筋RNA-seqデータ(GSE111006)を取得し、健常高齢者28例とサルコペニア高齢者4例のデータを解析に使用した。遺伝子発現データはedgeRパッケージでライブラリーサイズの正規化を行い、limmaパッケージを用いて発現変動遺伝子を同定した。また、STARでアライメントしたBAMファイルをnf-core/rnaspliceパイプラインのSUPPA2にインプットし、各イベントおよびアイソフォームごとのスプライシング含有率の変動を検定した。機能解析は、HumanBaseの骨格筋特異的ネットワークを使用し、検出されたモジュールの生物学的機能を取得した。**【結果】**スプライシング変動解析の結果、検出された228,481個のスプライシングイベントのうち、2群で有意差があったイベントは10,667個で、その内訳はAlternative 3' splice-siteが898個、Alternative 5' splice-siteが782個、Alternative first exonが4,729個、Alternative last exonが1,455個、Mutually exclusive exonsが325個、Retained intronが413個、Skipping exonが2,065個であった。アイソフォームレベルでエクソン含有率が有意に変化した遺伝子は13個であった。発現変動遺伝子の遺伝子オントロジー解析では、Biological processカテゴリとして選択的スプライシングの調節(GO:0000381)が、Cellular componentカテゴリとしてスプライソームtri-snRNP複合体(GO:0097526)が有意に濃縮することを確認した。サルコペニアの高発現遺伝子を筋特異的ネットワークに入力すると、炎症に関連する機能モジュールが検出され、そこにスプライシング変動遺伝子(COX6A2, FUT9)が含まれていた。**【考察】**サルコペニアではスプライシング制御因子の変化を介して、選択的スプライシングの変化が生じている可能性が示された。また、遺伝子変動解析とスプライシング変動解析の結果を統合すると、炎症を介してサルコペニアの発症や進行プロセスの一部に選択的スプライシングの変化が関与する可能性が示唆された。**【結語】**本研究は、サルコペニアにおける選択的スプライシングの異常が発症や進行に関与する可能性を示した。これらの知見は、サルコペニアの分子メカニズムの理解を深めるとともに、運動が選択的スプライシングを変化させることを考慮すると、運動療法の効果メカニズムの解明にも繋がる可能性がある。

**【倫理的配慮・説明と同意】**本研究は、すでに公開されているデータのみを用いた研究である。

**O-07-02 口述7(構造・機能・情報学2)**

## 脳損傷後のマカクサル運動機能回復と大脳皮質間ネットワークの大規模な可塑的变化

○山本 龍也<sup>1,2)</sup>, 吉田 由子<sup>2)</sup>, 林 拓也<sup>3)</sup>, 村田 弓<sup>2)</sup>,合瀬 恭幸<sup>3)</sup>, 肥後 篤行<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 人間情報インターラクション研究部門

3)理化学研究所 脳コネクトミクスイメージング研究チーム

**【はじめに・目的】**中枢神経系損傷による運動機能障害が残存するシステムにより機能代償されるメカニズムを理解する。第一次運動野(M1)損傷後には運動麻痺が生じる。しかし、このような麻痺は回復することがある。我々は、ヒトに近い把握能力を有するマカクサルを用いた実験により、M1損傷後のリハビリ訓練により手指の把握運動(特に手の巧緻性)が回復すること、その背景には、損傷を免れた他の大脳皮質運動領域(特に損傷同側の腹側運動前野:ip-PMv)による機能代償や、ip-PMvから小脳へと投射する下降路における神経回路再編成があることを報告してきた。本研究では、同一の動物モデルを用いて、ip-PMvと頭頂葉(特に頭頂間溝野)を繋ぐ大脳皮質間ネットワークの可塑的变化を検証した。

**【方法】**M1損傷後に運動機能が回復したマカクサル群(M1損傷/回復群:n=3)と健常群(n=4)のip-PMvに解剖学的トレーサー(BDA)を注入し、両側半球の頭頂間溝野におけるBDA陽性の軸索末端と細胞体の数を計測した。また、連合ニューロンであるSMI32陽性細胞の数と細胞体の大きさも計測した。軸索末端は3次元ステレオロジー解析法(Stereo Investigator)を用いて、その他は手作業にて計測した。機能的なシナプス形成を確認するためにシナプスマーカーを用いた蛍光4重染色実験も行った。

**【結果・考察】**損傷同側の頭頂間溝野前方領域(特にip-AIP)では、BDA陽性の軸索終末および細胞体がM1損傷/回復群にて有意に減少していた。これは、把握動作のプログラム形成に関わるPMv-AIP相互ネットワークがM1損傷により2次的な障害を受けたことを示唆する。ip-PMv第III層に位置する中型のSMI32陽性細胞数が有意に減少しており、ip-PMv連合ニューロンが損傷による1次的な障害を受けたことが示された。また、損傷対側のAIPでもBDA陽性軸索終末が有意に減少しており、この結果は大脳半球間の可塑的な変化を示唆する。一方、損傷同側の頭頂間溝野後方部(特にip-VIP)ではBDA陽性軸索終末が有意に増加しており、頭頂葉後方領域のネットワークによる機能的代償が示唆される。ip-VIPにてシナプスマーカーとBDA陽性軸索終末の共発現が観察されたことから、ip-PMvからip-VIPへの投射が機能的シナプスを形成していることが確認された。

**【結語】**成体霊長類の脳は、大規模な神経回路可塑性を有し、脳損傷後における機能回復の基盤となることが示唆された。本研究は、脳の可塑性に関する理解を深め、リハビリテーションのエビデンスを築き、臨床における効果的なリハビリテーション戦略の開発に寄与するものである。

**【倫理的配慮・説明と同意】**所属施設における動物実験倫理委員会(承認番号:MA2009-12-7)の承認を得て実施した。

**O-07-03 口述7(構造・機能・情報学2)**

## 複合持続ストレス誘発性疼痛モデルラットにおける筋痛覚過敏の脊髄機構

○山本 陸央<sup>1)</sup>, 太田 大樹<sup>1,2)</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

**【はじめに】**ストレス誘発性疼痛 (Stress-induced Pain, SiP) は長期間の肉体的／精神的ストレスにより発症・増悪する慢性難治性疾患である。SiPでは器質的変化が明らかでないため痛覚変調性疼痛として分類され、多くの場合、理学療法が困難である。SiPの痛みは主として筋を含む深部組織に知覚されるが、これまでに皮膚痛覚過敏の存在は示されているものの、筋痛覚過敏の実証はない。そこで本研究では、肉体的および精神的因素を含む複合持続ストレス (Multiple continuous stress, MCS) を用い、SiPにおける筋痛覚過敏の実証とその脊髄機構の一端を解明することを目的とした。**【方法】**先行研究 (Yasui et al., J Neuroinflammation, 2019) に準じ、深さ1.5 cmの水を張った飼育用プラスチックケージ内でラットを6日間飼育し、MCSモデルを作製した。モデル作製後、イソフルランで麻酔したラット前脛骨筋の筋腹中央部にカブサイシン (300 μM, 50 μL) を投与した。投与2時間後、ペントバルビタールナトリウムの腹腔内投与により深麻酔を行い、リン酸緩衝液と10%ホルマリン液を用いて灌流・固定を行った。L3～L5腰髄を摘出し、凍結組織標本を作製した。クライオスタットにて薄切切片を作成後、痛みの神経マーカーとして汎用されるc-Fos陽性細胞を免疫組織化学染色し、脊髄後角における数および局在を無処置対照群と比較した。統計学的有意水準は5%未満とした。**【結果】**対照群において、カブサイシン投与側のL3およびL4腰髄では、投与反対側に比べc-Fos陽性細胞数が顕著に増加した。また、MCS群において、カブサイシン投与側のL3～L5腰髄では、投与反対側に比べc-Fos陽性細胞数が顕著に増加した。これらの変化は脊髄後角全体 (I～VI層) でみられたが、特に、侵害受容に重要な後角I～II層において有意であった ( $p < 0.05 \sim 0.0001$ 、二元配置分散分析後、Sidakの多重比較を実施)。興味深いことに、c-Fos陽性細胞数の有意な増加はMCS群のカブサイシン投与反対側にも観察された。**【考察・結論】**カブサイシンはC線維を選択的に活性化するため、MCSモデルの脊髄後角では筋C線維からの痛み入力が亢進し、脊髄後角の侵害受容経路が強く活性化することがわかった。また、その活性化は前脛骨筋の主たる支配髄節であるL4に隣接する分節にも拡大して生じることがわかった。これらの結果は、ストレス誘発性疼痛患者にみられる筋痛覚過敏の脊髄機構を説明する神経解剖学的知見として重要であると考えられる。**【倫理的配慮】**本研究は新潟医療福祉大学動物実験委員会（承認番号：D2023-037）の承認を受け、適切に実施した。

**O-07-04 口述7(構造・機能・情報学2)**

## 健常成人における足部形態評価指標の参考値および足部機能との関連

○大須田 祐亮<sup>1)</sup>, 堀本 佳誉<sup>2)</sup>, 佐藤 一成<sup>1)</sup>,

長谷川 純子<sup>1)</sup>, 大谷 拓哉<sup>2)</sup>

1)北海道医療大学 リハビリテーション科学部 理学療法学科

2)千葉県立保健医療大学 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

### 【はじめに・目的】

足部形態には様々な評価指標が用いられているが基礎的数据が不足しており、足部機能と関連づけられたものも少ない。本研究では健常成人において足部形態に関する指標の参考値範囲および外れ値が多い指標を検討し、足部形態の各指標と足部機能との関連を検討することを目的とした。

### 【方法】

20～25歳の健常成人99名198足（男39名、女60名）を分析対象とした。立位荷重条件（体重の10%、50%）ごとにカメラ撮影した足部内側画像からArch Height Index (AHI) と舟状骨高下降距離（ΔND）を計測した。AHIは足長50%位置の床面から足背面までの高さを切頂足長で除して算出した。ΔNDは床面から舟状骨結節までの高さについて10%荷重時から50%荷重時の値を引いて算出した。加えて足型分析装置を用いて横アーチの指標であるFICK角を計測した。足部機能の指標として足趾把持力、Functional Reach Test (FRT) 距離を計測した。

足部形態の各指標について各四分位数、四分位範囲 (IQR)、最小値、最大値を求め、外れ値を「第一四分位数-1.5×IQR」から「第三四分位数+1.5×IQR」の範囲を逸脱する値と定義した。また、参考値範囲は外れ値があればそれらを除いた最小値と最大値の範囲と定義した。足部形態と足部機能の関連については、各指標間のSpearman相関係数を求めて検討した。なお、統計処理にはSPSS Ver.29を使用し、有意水準はすべて5%とした。

**【結果】**足部形態の各指標の参考値範囲（[下限値-上限値]）は、AHIでは10%荷重時、50%荷重時でそれぞれ [0.268-0.380]、[0.251-0.361] だった。ΔNDでは1 [0.0-5.7] mmだった。FICK角では [11.2-19.3] 度だった。外れ値が存在したのはAHIで3足、ΔND (50%荷重時) で3足、FICK角で4足であった。

足部形態の各指標と足部機能の関係については、ΔNDと足趾把持力およびFICK角とFRT距離との組み合わせにおいて、弱い相関が認められた。

### 【考察・結語】

各指標で参考値範囲が明らかとなり、健常成人の中にも外れ値を示す場合があることが分かった。この結果はリハビリテーション対象者の足部を評価する上での対照データとして有益であると考えられた。また足部形態と足部機能の間に有意な関係性を示す組み合わせも見られたが相関は弱かつた。今後は発達途上の小児対象者でも検討を行い、発達過程の中で両者の関係性にどのような変化が見られるか検討する必要があると考えられた。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は所属施設における倫理審査会で承認された後に実施した（承認番号：20R136124、2020-03）。また対象者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法を説明し、書面で同意を得た。

## O-08-02 口述8(神経生理学3)

### 手指を用いた両手交互運動の課題成績と灰白質容積との関連

#### -脳構造画像解析手法を用いた検討-

- 小島 翔<sup>1,2)</sup>, 長坂 和明<sup>1,2)</sup>, 齊藤 慧<sup>1,2)</sup>, 近藤 優樹<sup>2,3)</sup>,  
田邊 かこ<sup>2,4)</sup>, 櫻井 典子<sup>2,5)</sup>, 児玉 直樹<sup>2,5)</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)新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 保健学専攻 理学療法学分野  
4)新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 医療福祉学専攻  
5)新潟医療福祉大学 医療技術学部 診療放射線学科

#### 【はじめに・目的】

両手運動時の皮質活動は一次運動野のみならず、補足運動野や運動前野、小脳など広範な領域で確認されている。運動機能や感覚機能は灰白質容積と関連することが数多く報告されており、両手運動においても特定の脳領域の灰白質容積が関連する可能性がある。よって、本研究の目的は、脳構造画像解析(VBM)を用いて、手指による両手交互運動の課題成績と灰白質容積との関連を明らかにすることとした。

#### 【方法】

対象は、健常大学生61名(年齢21.5 ± 1.2歳、男性39名、女性22名)であった。運動課題は手指のタップ課題(計測時間:15秒)とした。タップ課題の計測は、母指と示指に装着した磁気センサーにより二指間の距離を100 Hzで記録した。被験者には、左右交互に可能な限り素早くかつ大きく母指と示指を開閉するように指示をした。課題成績の指標は、合計タップ回数と両手運動の類似度(値が低いほど逆位相で運動していたことを示す指標)とした。両手運動の類似度は、得られた時系列データを基に、両手指の距離データの相互相関係数を算出した。

脳画像データは、3テスラの磁気共鳴画像装置を用いて、T1強調画像を撮像した。画像解析は、Matlab上で起動するSPM12を用いてVBMを行った。各被験者の画像は、灰白質、白質、脳脊髄液に分割化し、灰白質画像に対して解剖学的標準化および平滑化を実施した。その後、タップ課題時の合計タップ回数と両手運動の類似度と相關のあるボクセルを全脳レベルで探索した。初期閾値は、全脳のボクセルレベルで  $p = 0.001$  とし、その後、クラスターレベルによる多重比較補正(Family-wise error: FWE制御補正)を行い、 $p < 0.05$  を示す領域を有意な相関領域とした。

#### 【結果】

VBM解析の結果、手指の合計タップ回数と相關する領域は確認されなかった。一方、両手運動の類似度のスコアは、左帯状皮質運動野の灰白質容積と有意な負の相関が認められた( $p = 0.001$ , FEW cluster-corrected)。

#### 【考察】

本研究の結果、交互運動を逆位相で円滑に行える被験者は左帯状皮質運動野の灰白質容積が大きいことが示された。帯状皮質運動野は、順序課題に関与することや運動に伴うパフォーマンスのモニタリングに関与することが報告されている。本研究で用いたタップ課題は、左右指の運動状況を常にモニタリングしながら交互運動を継続する必要があり、そのモニタリング機能に関与している帯状皮質運動野の灰白質容積が課題成績と関連したと考えられる。

#### 【結語】

両手交互運動の課題成績が良い被験者は、左帯状皮質運動野の灰白質容積が大きいことが示唆された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は我々の所属する機関の倫理委員会の承認を得て行った。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た。

## O-08-03 口述8(神経生理学3)

### 若年健常者における片脚立位バランスの左右差と小脳の灰白質容積との関連: Voxel based morphometry(VBM)を用いた全脳解析による検討

- 高橋 ひろな<sup>1,2)</sup>, 犬飼 康人<sup>2,3)</sup>, 長坂 和明<sup>2,3)</sup>,  
宮口 翔太<sup>2,3)</sup>, 櫻井 典子<sup>2,4)</sup>, 児玉 直樹<sup>2,4)</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 医療福祉学専攻  
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)新潟医療福祉大学 医療技術学部 診療放射線学科

#### 【はじめに・目的】

片脚立位バランスの左右差は、アスリートに生じる下肢損傷の発生リスク増大に関連することが明らかになっている(Plisky et al., 2006)。片脚立位時には小脳の活動が増大することや(Ouchi et al., 1999), 小脳には特定の機能に応じた機能的局在があると報告されている(Stoodley et al., 2012)。しかしながら、片脚立位バランスの左右差に関連する小脳の特定領域があるのか否かは不明である。本研究の目的は、脳画像解析手法の1つであるVoxel-based morphometry (VBM) 解析を用いて、片脚立位バランスの左右差に関連する構造学的特徴を有する小脳の特定領域を明らかにすることである。

#### 【方法】

対象は、右利き手の若年健常者45名(21.2±0.9歳)とし、MRI撮像と片脚立位時の重心動揺測定を同日に実施した。MRI撮像は、3テスラのMRIスキャナを用いて、T1強調画像を取得した。MRI撮像後に、右脚および左脚の開眼片脚立位時の重心動揺測定を実施し、総軌跡長を算出した。片脚立位バランスの左右差の指標として、各脚における総軌跡長の差の絶対値を算出し、片脚立位バランスの左右差と関連する小脳の特定領域を明らかにするために、VBM解析を実施した。VBM解析にはMatlab R 2020bとSPM12を用いて分割化、解剖学的標準化、平滑化の前処理を行った。その後、片脚立位バランスの左右差と各小脳領域の灰白質容積についてノンパラメトリックの相関分析を実施した。多重比較補正には、Family-wise error (FWE) 制御による補正を用いた。有意水準は5%とした。

#### 【結果】

統計解析の結果、片脚立位バランスの左右差と小脳Ⅷの灰白質容積に負の相関があり(FWE cluster-corrected p value = 0.028)、片脚立位バランスの左右差が大きい対象者ほど小脳Ⅷの灰白質容積が小さいという関係性が認められた。

#### 【考察】

本研究では、片脚立位バランスの左右差と小脳Ⅷの灰白質容積の間に負の相関を認めた。小脳Ⅷは、大脳皮質の感覚運動皮質と機能的結合を有し、感覚運動制御に関与する脳領域である(Buckner et al., 2011)。本研究の結果より、片脚立位バランスの左右差には感覚運動制御に関与する右小脳Ⅷの灰白質容積が関連することが示唆された。

#### 【結語】

若年健常者において、片脚立位バランスの左右差が大きい対象者ほど、小脳Ⅷの灰白質容積が小さいことが明らかになった。本研究結果から、片脚立位バランスの左右差には小脳Ⅷの灰白質容積が関与することが示唆された。

#### 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は、所属機関における倫理委員会で承認を得た後、対象者には実験内容を十分に説明し、同意を得た上で実験を実施した(承認番号: 19252-240308)。

**O-08-04 口述8(神経生理学3)**

Go/NoGo課題における刺激頻度は $\theta$ 帯域の事象関連同期を変調する

○松田 裕弥<sup>1)</sup>, 齊藤 秀和<sup>2)</sup>, 赤岩 真悠<sup>3)</sup>, 菅原 靖<sup>1)</sup>, 黒川 凌<sup>1)</sup>, 小菅 澄<sup>1)</sup>, 工藤 哲史<sup>4)</sup>, 柴田 恵理子<sup>5)</sup>, 佐々木 健史<sup>3)</sup>, 菅原 和広<sup>3)</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)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

4)柏葉脳神経外科病院 リハビリテーション科

5)北海道文教大学 医療保健科学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

【はじめに・目的】 Go/NoGo課題では刺激提示後に $\theta$ 帯域の事象関連同期(Event-related synchronization: ERS)が観察され、刺激弁別を含む認知処理や反応抑制への関与が示唆されている。先行研究において、Go/NoGo課題の刺激頻度が刺激の認知処理を変調することが報告されており、 $\theta$ 帯域活動にも影響を及ぼす可能性がある。本研究ではGo/NoGo課題における刺激頻度が、 $\theta$ ERSに及ぼす影響を調査した。

【方法】 右利き健常成人18名を対象とし、対象者には予告刺激の2000 ms後に提示されるGo刺激に反応して右示指伸展を行い、NoGo刺激に対しては安静を保持するよう教示した。Go刺激とNoGo刺激の提示比率は1:3 (NoGo高頻度条件)と、3:1 (NoGo低頻度条件)に設定した。脳波は国際10-20法に従い、Fz, Cz, Pzより導出した。サンプリング周波数は1000 Hz、バンドパスフィルターは0.01-200 Hzとした。脳波信号に対し、Temporal Spectral Evolution (TSE)にて $\theta$ 帯域(4.7 Hz)の活動を抽出し、Go/NoGo刺激後0-600 ms区間におけるTSE波形の最大振幅を $\theta$ ERSとして算出した。統計解析は各電極における $\theta$ ERSに対して、刺激 (Go, NoGo)と条件 (NoGo高頻度, NoGo低頻度)を要因とした反復測定二元配置分散分析を実施した。

【結果】 Fz, Cz, Pzの $\theta$ ERSにおいて、刺激と条件の交互作用を認め ( $p < .001$ )、NoGo刺激後の $\theta$ ERSはNoGo低頻度条件で増大した。FzとCzでは刺激の主効果 ( $p < .001$ )と条件の主効果 (Fz,  $p = .004$ ; Cz,  $p = .002$ )を認め、 $\theta$ ERSがGo刺激よりもNoGo刺激後に、NoGo高頻度条件よりもNoGo低頻度条件で増大することが示された。

【考察】  $\theta$ ERSは認知負荷の増加に伴って増大することが報告されている。高頻度刺激と比較して低頻度刺激後にはより強い葛藤が生じ、認知負荷が増加したことで $\theta$ ERSが増大したと考えられる。またFz, Czでのみ刺激の主効果を認め、反応抑制が必要なNoGo刺激後に $\theta$ ERSが増大した。前頭正中部で記録される $\theta$ 帯域活動は、反応抑制に重要な役割を担う前頭状回の活動を反映していると報告されている。前頭状回における神経活動が、NoGo刺激後の前頭-中心部における $\theta$ ERSに影響を及ぼした可能性がある。

【結語】 Go/NoGo課題における刺激頻度は、誘発される $\theta$ 帯域活動に影響を及ぼし、低頻度に提示されるNoGo刺激によって $\theta$ ERSが増大することが明らかになった。

【倫理的配慮・説明と同意】 所属施設における倫理委員会承認後に実施し(承認番号: 3-1-12), 対象者には研究内容を十分に説明し、書面にて同意を得た。

**O-09-01 口述9(運動生理学1)**

抗炎症作用に着目した大腿四頭筋への末梢磁気刺激による最適な周波数の検証

○張 逸帆<sup>1)</sup>, 劉 芮<sup>1)</sup>, 嶋山 隼平<sup>1)</sup>, 横井 謙<sup>1)</sup>, 劉 畔<sup>1)</sup>, 若山 将弘<sup>1)</sup>, 姜 涵林<sup>1)</sup>, 蘇 展<sup>1)</sup>, 趙 廷睿<sup>1)</sup>, 森山 英樹<sup>2)</sup>

1)神戸大学大学院保健学研究科

2)神戸大学生命・医学系保健学域

【はじめに・目的】

不健康な生活習慣や高齢化が相まって、心疾患や脳血管疾患などの慢性疾患有する患者数は増加している。あらゆる慢性疾患有共通する基盤病態として、慢性炎症がある。一方、運動は、抗炎症効果をもつことが実証されていることから、慢性炎症の抑制に有効と考えられる。しかし、虚弱高齢者など、運動の有益な効果を得るために十分な強度で運動を行えない者も多いため、代替手段を開発することが求められる。末梢磁気刺激(Peripheral Magnetic Stimulation: PMS)は、筋骨格系にメカニカルストレスを負荷する点で、運動と同様といえ、実際に抗炎症作用を有することも報告されている。そこで、PMSによる抗炎症作用が慢性疾患の治療法になると着想した。しかし、抗炎症のための最適なPMSの条件は明らかではない。本研究では、リポ多糖(Lipopolysaccharide: LPS)により炎症を誘発したモデルマウスに対し、PMSで大腿四頭筋を刺激することで、有意な抗炎症効果を持つ治療パラメーターを同定した。

【方法】

本研究では、8週齢の雄性C57BL/6Nマウス16匹を用い、通常飼育群、LPS群、LPS+10Hz群、LPS+75Hz群の4群に均等に分けた。LPSを3.3mg/kg体重の濃度で腹腔内投与した2時間後、大腿四頭筋を対象に、PMSのデューティーサイクル4%、0.9Tの刺激強度、10Hzあるいは75Hzで、20分間介入を行った。そして、LPS投与18時間後に腓腹筋、十二指腸、結腸を採取した。介入の効果は、炎症細胞の浸潤の程度を組織学的に観察することで評価した。組織学的観察はヘマトキシリンエオジン染色を用いて行った。

【結果】

LPS投与により、すべての臓器で炎症細胞の浸潤が観察された。腓腹筋では、10HzのPMS介入により、周鞘および内鞘における炎症細胞の浸潤の減少が認められた。結腸では、10HzのPMS介入により、粘膜層、粘膜下層、固有筋層において炎症細胞の浸潤の減少が認められた。一方、75HzのPMS介入では、筋肉と結腸における炎症細胞の浸潤の減少は見られなかった。

【考察】

LPSの投与により、全身の臓器における炎症細胞の浸潤に伴う、全身性炎症が誘発された。10HzのPMS治療は腓腹筋と結腸における炎症細胞の浸潤を減少させ、炎症の程度を改善できることが示唆された。一方で、75HzのPMS治療はLPS投与のみの群と差がみられなかった。これらの結果から、10HzでのPMS治療は、炎症を改善するための最適な条件である可能性がある。75HzのPMS治療に効果が認められなかったのは、75Hzの周波数が筋肉疲労を引き起こし、筋肉が完全に収縮できず、運動を模倣する抗炎症効果を発揮できないためと考える。脳、肺、肝臓におけるPMSの介入効果については、現在解析中である。

【結語】

大腿四頭筋への75HzのPMSには炎症に対する治療効果が認められず、10Hzが局所炎症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、神戸大学動物実験委員会の承認を得た(承認番号:P221211)。

**O-09-02 口述9(運動生理学1)**

## 代償動作が長下肢装具歩行の筋活動パターンに与える影響

○池田 隆太郎<sup>1,2)</sup>, 岩本 義隆<sup>3)</sup>, 水谷 将之介<sup>4)</sup>,  
 山本 佳穂<sup>1)</sup>, 横山 光<sup>5)</sup>, 鳥山 実<sup>6)</sup>, 中川 慧<sup>1)</sup>,  
 石井 陽介<sup>1)</sup>, 高橋 真<sup>1)</sup>, 佐藤 優子<sup>2)</sup>  
 1)広島大学大学院医系科学研究科 生体運動・動作解析学  
 2)医療法人光臨会荒木脳神経外科病院 リハビリテーション部  
 3)広島大学病院診療支援部 リハビリテーション部門  
 4)マツダ株式会社マツダ病院 リハビリテーション科  
 5)東京農工大学大学院 工学研究院先端電気電子部門  
 6)広島大学病院 スポーツ医科学センター

【はじめに・目的】重度運動麻痺では効率的な歩行練習を実施するため、早期より長下肢装具(KAFO)が用いられる。KAFO使用に伴う機械的制約による代償動作が出現するが、誤学習へ繋がる可能性があるため筋活動に与える影響を検討する必要がある。近年、冗長性を有する骨格筋の制御を簡略化し検討するため筋シナジー解析が用いられ、動作中の複数筋からえられる情報を簡略化し比較検討することが可能となった。本研究の目的は、代償動作がKAFO歩行の筋活動パターンに与える影響について筋シナジー解析を用いて検討し、KAFO歩行の特性についての知見を深めることである。【方法】健常若年者20名を対象とし、KAFO歩行を5分間練習した後、快適スピードで行うKAFO歩行を10試行実施した。三次元動作解析装置(VICON)、床反力計(TF-400-A)、表面筋電図計(Trigno Wireless System)を用い運動学データ、運動力学データ、表面筋電を測定した。対象筋は体幹4筋、下肢9筋とした。解析区間は1歩行周期としKAFO装着側の踵接地から連続した対側の踵接地までを立脚期、つま先離地から連続した同側の踵接地までを遊脚期とした。表面筋電は時間正規化と加算平均を行い、非負値行列因子分解を用いて筋シナジーを抽出した。代償動作の分類は、関節角度に対し主成分分析を用い主成分得点を算出後、階層型クラスター解析を行った。主成分は固有値1以上かつ累積寄与率80%以上に達する、寄与率が5%以上を採用した。クラスター間の筋シナジーの空間パターンと時間パターンを比較した。【結果】主成分分析、階層型クラスター解析の結果、群間の差はぶん回しの有無(主成分3)(非装着側股関節外転・装着側股関節外転)(p<0.05)、最大値は非装着側股関節前額面(p=0.03)、装着側骨盤前額面(p=0.04))と解釈し、ぶん回し無(Non-CD)(n=12)、ぶん回し有(CD)(n=8)に分類された。空間パターンでは、シナジー1は大腿直筋貢献度の低下(p=0.012)、シナジー2は腹直筋貢献度の低下(p=0.049)、シナジー3は大殿筋貢献度の増加(p=0.035)を認めた。【考察】遊脚期における大殿筋貢献度の増加は前方推進力低下に関与する可能性がある。ぶん回しと前方推進力の関連性が示されており、立脚期での大腿直筋、腹直筋貢献度の低下は矢状面上での姿勢制御に関するモジュール調整であると考える。【結語】KAFO歩行におけるぶん回しは、遊脚期の骨盤、股関節前額面上の関節運動の逸脱により、立脚期で前方推進力低下をもたらすモジュール調整が行われる。【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審査会で承認後に実施した(承認番号:E-467-4号)。また研究協力者に事前に口頭で研究目的や方法について説明し、同意を得た。

**O-09-03 口述9(運動生理学1)**

## 腹囲変化率を用いたDraw-inの運動強度が側腹筋の弾性率に及ぼす影響

○小澤 和祥<sup>1)</sup>, 中尾 学人<sup>1,2)</sup>, 奈良 銀二<sup>1,3)</sup>, 足立 梨紗<sup>1)</sup>,  
 石山 輝希<sup>1)</sup>, 関口 慶大<sup>1)</sup>, 谷口 圭吾<sup>1,4)</sup>  
 1)札幌医科大学大学院 保健医療学研究科  
 2)札幌医学技術福祉歯科専門学校 理学療法士科  
 3)NTT東日本札幌病院 リハビリテーション科  
 4)札幌医科大学 保健医療学部 理学療法学科

【はじめに・目的】Draw-inとは呼気時に下腹部を引き込む運動であり、体幹表層筋から独立した腹横筋(TrA)の選択的活動による神経筋再教育を目的として実施されている。しかしながら、その効果について一貫した見解は得られておらず、近年では効果的な運動方法の確立に向けた検討が散見される。先行研究では下腹部を引き込む際の主観的な強度に依存して側腹筋の活動動態が異なることを示唆しているものの、TrAが選択的に活動する最適な運動強度は詳細に検討されていない。そこで本研究の目的は、臨床場面において簡易的に測定可能な腹囲変化率を運動強度として規定し、活動張力の指標となる弾性率を定量することで、Draw-inの運動強度が側腹筋の活動に及ぼす影響を明らかにすることとした。

【方法】対象者は若年健常男性8名とし、測定肢位は膝立て背臥位とした。安静呼気時の腹囲(0%)と最大強度でDraw-inを実施させた際の腹囲(100%)の差から、運動強度を6条件(0%, 20%, 40%, 60%, 80%, 100%)に設定した。無作為な順序で各強度のDraw-inを実施させ、せん断波エラストグラフィ機能搭載の超音波画像診断装置を用いて右側のTrA、内腹斜筋(IO)、外腹斜筋(EO)の弾性率を測定した。TrAの選択的活動の指標として、TrAとIOの弾性率比(TrA/IO)を算出した。統計処理としては、TrAの弾性率に対してWelch検定、IO、EOの弾性率とTrA/IOに対してFriedman検定を実施し、主効果を認めた場合に多重比較検定を実施した。有意水準は5%とした。

【結果】TrA、IOの弾性率とTrA/IOは運動強度の要因に主効果を認めたが(P < 0.05)、EOの弾性率は主効果を認めなかった(P > 0.05)。多重比較の結果、TrAの弾性率は0%から40%にかけて有意に增加了後にプラトーとなり、100%で再度增加了。一方で、IOの弾性率は0%から40%まで変化せず、40%から100%にかけて有意に增加了。TrA/IOは40%で最も高値を示した。

【考察】運動強度を変化させた際に、TrAは低強度、IOは中強度付近から弾性率が増加したことより、低強度でのDraw-inの実施はTrAの選択的活動を促進し、運動強度を増加させることで体幹表層筋であるIOの活動が動員される可能性がある。

【結語】腹囲変化率を運動強度として規定した場合において、40%強度でのDraw-inを実施させることでTrAがより選択的に活動することが示唆された。

【倫理的配慮・説明と同意】所属施設における倫理委員会の承認後に実施した(承認番号:30-2-26)。また、研究協力者には事前に書面および口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもとで書面の同意を得た。

**O-09-04 口述 9 (運動生理学1)**

### 脳血管内皮機能評価の確立に向けた血管拡張の変動に対する血流による補正法の検証

○坂本 琳太郎<sup>1)</sup>, 鴨田 樹<sup>2)</sup>, 佐藤 晃平<sup>2)</sup>, 根木 亨<sup>3)</sup>, 片寄 正樹<sup>3)</sup>, 岩本 えりか<sup>3)</sup>

1)国立研究開発法人 産業技術総合研究所

2)札幌医科大学大学院 保健医療学研究科

3)札幌医科大学 保健医療学部 理学療法学科

**【はじめに・目的】**理学療法の主な対象疾患である脳血管疾患は、脳血管内皮機能の低下に起因するため、内皮機能の改善が重要な治療目標となる。よって、脳血管内皮機能の適切な評価の開発が、理学療法の効果判定に必要である。近年、脳血管内皮機能は、二酸化炭素(CO<sub>2</sub>)混合ガス吸入によって脳血流刺激を増加させ、それによって生じる内頸動脈の拡張反応(FMD)で評価できることが報告された。しかし、CO<sub>2</sub>ガス吸入による脳血流刺激量には個人差があり、様々な疾患者にて適切に脳血管内皮機能が評価できるかは明らかでない。末梢血管では、血流刺激量が大きいほどFMDが高値を示すが、総血流刺激量にてFMDを補正することで、血流刺激量の影響を排除できることが明らかにされている。脳血管においても同様の方法が適応可能ならば、適切に脳血管内皮機能の評価ができる可能性がある。以上より、本研究は、脳血流刺激量が大きいほど、内頸動脈のFMDが高値を示すが、刺激量によってFMD変化を補正できるという仮説を検証した。

**【方法】**13名の若年成人(うち女性6名)を対象に、内頸動脈のFMDを30秒間の二酸化炭素吸入を用いて3回測定した。各測定におけるCO<sub>2</sub>の吸入の程度は、ランダムに安静時の呼気終末二酸化炭素分圧(P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>)より6mmHg、9mmHg、12mmHg増加させた値を目標値とした。超音波診断装置を用いて、内頸動脈の血管径・血流速度を測定した。脳血流刺激量は、血流速度を血管径で除した値とした。FMDは、安静時径からCO<sub>2</sub>吸入後の最大拡張径までの拡張率とした。またFMDを脳血流刺激量で除したNormalized-FMDを算出した。全指標に対し、試行を要因とした一般化線形混合モデル分析を行い、後検定にはBonferroni法を用いた。反復測定相関を用いて、脳血流の増加の程度とFMDの増加の程度の関係性を分析した。

**【結果】**P<sub>ET</sub>CO<sub>2</sub>の増加の程度が高いほど、脳血流刺激量が増加し(試行の主効果, P < 0.05)、FMDも高値を示した(試行の主効果, P < 0.05)。反復測定相関より個人内における正の相関を認め、脳血流刺激量が増加するほど、内頸動脈の拡張反応が増加した( $r_{(rm)} = 0.47, P = 0.01$ )。Normalized-FMDは試行間で差は認められなかった(P = 0.27)。

**【考察】**脳血流刺激量が増加するほど、脳血管の内皮細胞にて血管拡張物質である一酸化窒素の産生量が増加し、その結果としてFMDが高値を示したと考えられる。一方で、測定時の血流刺激量にてFMDを補正することで、同じ生体内での拡張反応が同程度となったことから、本手法を用いることで脳血管内皮機能を適切に評価できる可能性が示された。

**【結語】**内頸動脈の拡張反応は、脳血流刺激量の増加量が大きいほど高値を示すが、刺激量によって拡張反応の変化を補正できる可能性が示された。

**【倫理的配慮・説明と同意】**本研究はヘルシンキ宣言および「人を対象とする医学系研究に係る倫理指針」に則り、対象者に事前に書面にて説明し、実験参加の同意を得た。本研究は所属施設の倫理委員会の承認を得て実施し(承認番号: 3-1-9)、利益相反はない。

**O-10-01 口述 10 (神経生理学4)**

### 反復他動運動の視覚的運動錯覚は脊髄相反性抑制と運動機能を向上させた

○大河内 健琉<sup>1,2)</sup>, 平林 怜<sup>2,3)</sup>, 須貝 菜央<sup>1,2)</sup>,

横田 裕丈<sup>2,3)</sup>, 関根 千恵<sup>2,3)</sup>, 石垣 智恒<sup>2,3)</sup>, 小宮 誠<sup>2,3)</sup>,

坂本 航大<sup>2)</sup>, 江玉 瞳明<sup>2,3)</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

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

#### 【はじめに・目的】

加齢や痙攣に伴う相反性抑制(RI)の減弱は、過剰な同時収縮により関節運動の機能低下を引き起こす。RI増強法である反復他動運動(RPM)は、簡便かつ効果的に実施が可能であるが、痙攣に伴う対象には効果的なRPMが実施できない可能性がある。そこで、関節運動を伴わずに中枢神経系の活動を変化させる視覚的運動錯覚に着目し、本研究の目的を、RPMの視覚的運動錯覚はRIと足関節運動に影響を与えるかを検討することとした。

#### 【方法】

対象は健常成人18名とした。実験は2つ実施し、実験1は介入条件前後でRIの計測、実験2は介入条件前後で足関節運動機能を計測した。介入条件は、sham条件(足部静止画像), illusion条件(RPM介入映像)の2条件とし、介入時間は10分間とした。RPM介入映像は最も効果的な運動パラメータで実施した。実験1、2の計測は、介入前(Pre)と介入後0分、5分、10分(Post 0, 5, 10)で計測した。筋電図(EMG)電極は前脛骨筋(TA)とヒラメ筋(Sol)に貼付した。RIはTAからSolに対する計測を行いH反射振幅値で解析をした。RI条件は、試験刺激のみ、条件刺激試験刺激間隔(CTI)2 ms, 20 msの3条件をランダムに実施した。足関節運動は、運動課題を底屈30°から背屈10°を反復する課題とした。解析項目は遂行時間、EMG、EMG比、関節運動発揮率とした。統計処理として、実験1では、3要因(介入条件、刺激条件、時間)に対する反復測定三元配置分散分析を実施し、事後検定として対応のあるt検定にボンフェローニ補正を行った。実験2では、2要因(介入条件、時間)に対する反復測定二元配置分散分析を実施し、事後検定として多重比較検定を実施した。スピアマンの順位相関係数またはピアソンの相関係数を用いて検討した。いずれも有意水準は5%とした。

#### 【結果】

実験1では、illusion条件のCTI 20 msにて、Preと比較してPost 10でH反射振幅値が有意に低値を示した(p=0.023)。実験2では、Post 10において、底屈中のEMG比がcontrol条件と比較してillusion条件で有意に低値を示した(p=0.005)。TAEMGと錯覚の程度との間に正の相関を認め(p=0.006)、EMDとCTI 20 ms変化率との間に正の相関を認めた(p=0.045)。

#### 【考察】

視覚的運動錯覚により、RIの介在ニューロンが活性され、RIが増強した可能性が示唆された。RI増強に伴い、同時収縮が抑制され主動筋優位の関節運動が遂行可能となり関節運動機能が向上したことが考えられる。

#### 【結語】

視覚的運動錯覚によりRIが増強した結果、足関節運動機能が向上した。

#### 【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。

## O-10-02 口述 10 (神経生理学4)

**触覚の知覚学習にトレーニング課題施行回数がもたらす影響**

○齊藤 慧<sup>1,2)</sup>, 大鶴 直史<sup>1,2)</sup>, 平賀 大河<sup>2,3)</sup>, 関根 悠介<sup>2,3)</sup>, 小島 翔<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)新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 保健学専攻

### 【目的】

知覚学習は知覚刺激を用いたトレーニング課題を繰り返すことと、その課題成績が向上するプロセスである。視覚の知覚学習では課題の施行回数が増大すると学習効果が高くなるが、ある一定の施行回数を超えると課題成績は変化しなくなる。そのため、触覚の知覚学習でもある一定の施行回数を超えると学習効果が得られなくなると考えられるが、十分に検証されていない。本研究では、触覚方位弁別 (GOT) を用いたトレーニング課題の施行回数が触覚方位弁別能力にもたらす効果を検討した。

### 【方法】

対象は健常成人48名とし、4つの施行回数群に12名ずつ振り分けた。トレーニング課題および触覚方位弁別能力の評価にはGOTを用いた。GOTでは8種類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。トレーニング課題は弁別可能な最小の刺激幅を用いて実施し、施行回数は①50施行、②150施行、③200施行、④300施行の4条件とした。触覚機能の評価として、GOTを課題前と課題終了直後で実施した。GOTは各刺激幅を16回ずつ提示し、それらの正答率から50%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、課題前後の弁別能力を比較するために、対応のあるt検定を実施した。また、学習効果が得られた試行回数で弁別閾値の変化率を比較するために、一元配置分散分析（要因：施行回数）を実施した。有意水準はいずれも5%とした。

### 【結果】

50施行群では、課題前の弁別閾値が $1.17 \pm 0.32$ mm、課題終了後が $1.05 \pm 0.35$ mmであり、弁別閾値の有意な変化は認められなかった。一方、150施行群では課題前の弁別閾値が $1.06 \pm 0.12$ mm、課題終了後が $0.83 \pm 0.18$ mm、200施行群では課題前が $1.32 \pm 0.55$ mm、課題終了後が $1.05 \pm 0.40$ mm、300施行群では課題前が $1.26 \pm 0.24$ mm、課題終了後が $1.01 \pm 0.21$ mmであり、いずれの試行回数でも課題後に弁別閾値が有意に低下した。また、150施行群、200施行群、300施行群の間で弁別閾値の変化率に有意差は認められなかった。

### 【考察】

触覚方位弁別を用いた課題を150回以上施行することで右手指の触覚方位弁別能力が向上するが、150施行以上のトレーニングを行っても短期的な学習効果に違いはみられなかっただ。視覚の知覚学習では一定の試行回数を超えると課題成績は変化せずに、知覚学習の安定性が増加することがわかっている。そのため、触覚の知覚学習でも一定の施行回数を超えると課題成績の向上よりも知覚学習の安定性増大が優位になり、学習効果に違いが生じなかっただと考えられる。

### 【結語】

触覚の知覚学習では一定の課題施行回数を超えると学習効果に違いは見られなくなる。

### 【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の承認を得て実施した。

## O-10-03 口述 10 (神経生理学4)

**体性感覚誘発電位の呼吸相依存的モジュレーション**

○渡邊 龍憲<sup>1)</sup>, 板垣 篤典<sup>2)</sup>, 高橋 碧希<sup>1)</sup>, 石坂 陸<sup>1)</sup>, 南 航大<sup>1,3)</sup>, 宮崎 泰成<sup>1)</sup>, 田中 優生<sup>1)</sup>, 尾崎 勇<sup>1,4)</sup>

1)青森県立保健大学大学院健康科学研究科

2)東京都立大学健康福祉学部理学療法学科

3)東京湾岸リハビリテーション病院

4)弘前医療福祉大学保健学部医療技術学科

### 【目的】

ヒトの認知運動機能は呼吸相（吸気相・呼気相）の影響を受けて変動することが報告されている。例えば、発揮筋力は強制吸気時と比較して強制呼気時に大きく、自発的な運動は吸気相と比較して呼気相に生じやすい。また、恐怖表情に対する反応は呼気相と比較して吸気相で速い。これらの呼吸相依存的なモジュレーションは、嗅皮質で生じる呼吸サイクルに合わせた律動的な神経活動が関連脳領域に伝播したことことが要因と考えられており、認知運動機能に関わる脳領域のみならず、感覚野にも伝播することが報告されている。しかしながら、呼吸相が体性感覚処理に及ぼす影響は明らかとなっていない。本研究の目的は、呼吸相が体性感覚誘発電位（somatosensory evoked potentials: SEPs）に及ぼす影響を明らかにすることであった。

### 【方法】

健常成人20名が実験に参加した。被験者の頭部に脳波記録用の電極を国際10-20法に従い装着した。また、呼吸ネイザルアダプターを鼻腔内と口の直前に装着し、カブノメーターを用いて呼気の二酸化炭素をモニターした。そして、呼気二酸化炭素分圧が20 mmHgを超えた時点（呼気相早期）、および20 mmHgを下まわった時点（吸気相早期）において、右手首の正中神経を電気刺激しSEPsを記録した。呼気相と吸気相に別けて加算平均を行い、N20, P20, P22, N27, P27, N30, P45, N60, P100, P200の頂点振幅を計測した。

### 【結果】

前頭部N60の振幅は吸気相と比較して呼気相で有意に減衰し、中心部P100およびP200の振幅は吸気相と比較して呼気相で有意に増大した。また、SEP波形の呼吸相間の振幅差は正中神経刺激からの時間経過に伴い増大した。

### 【考察】

嗅皮質は呼吸サイクルに合わせて律動的に活動しており、その局所電場電位は吸気相で陽性にシフトし呼気相で陰性にシフトする。嗅皮質は脳底部に位置することから、嗅皮質から伝播する電位を頭皮上で記録すると、吸気相で陰性にシフトし呼気相で陽性にシフトすると考えられる。SEP波形の呼吸相間の振幅差が正中神経刺激からの時間経過に伴い増大していることから、嗅皮質の活動が容積伝導して直接SEPsに影響を及ぼしSEP波形をシフトした可能性、または、この嗅皮質の神経律動に同期した感覚野の神経律動がSEPsに影響を及ぼした可能性が示唆された。

### 【結語】

SEPs成分は呼吸相によって変動する。呼吸相を考慮した理学療法が必要かもしれない。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属機関の研究倫理委員会の承認を得て行われた。対象者には研究の内容を書面及び口頭にて説明し同意を得た上で実施した。

## O-10-04 口述 10 (神経生理学4)

### Effect of Dual Sensory-Modalities Input on Corticomuscular Coherence - A Single Case Feasibility Study

○Khin Win Thu<sup>1)</sup>, Kenya Tanamachi<sup>1,2)</sup>, Megumi Okawada<sup>1,2)</sup>, Wataru Kuwahara<sup>1,2)</sup>, Takuya Ideriha<sup>4)</sup>, Junichi Ushiyama<sup>3)</sup>, Fuminari Kaneko<sup>1,2)</sup>

1)東京都立大学大学院健康福祉学部理学療法学科

2)慶應義塾大学医学部リハビリテーション医学教室

3)慶應義塾大学環境情報学部

4)慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科

#### 【Introduction-and-Objective】

Corticamuscular coherence\_(CMC) is index of coupling between cortical pathways and associated muscles. It is well known that tendon vibration\_(TV) or visual stimulation\_(VS), in which an artificial body part is shown moving images over actual body, induces kinesthetic illusion-(KI). Purpose of this study was to explore the feasibility of using CMC analysis to detect differences in relationship of cortico-muscular electrical signals during KI.

#### 【Methods】

A right-handed female healthy subject-(age 40) participated. This study compared two conditions. First was combined TV with VS (TV-VS). Second was TV only condition where subject hand was covered. Frequency set of TV was 80Hz, 60Hz, and 100Hz. VS was set up as hand on display was matched with position of actual hand, then video was displayed. CMC analysis (Ushiyama et al, 2017) was performed from electroencephalogram\_(EEG) and electromyogram\_(EMG) recorded during KI.

#### 【Results】

Gamma( $\gamma$ )-CMC was stronger at C3 of all frequencies set for TV condition, however, it was only present at C3 of 60 Hz frequency in TV-VS condition.

#### 【Discussion】

Gamma-CMC was stronger during all TV frequencies in TV condition, however frequency of TV with stronger CMC was limited in TV-VS condition. Whether this result is robust or not remains to be determined without further study. Importantly, as a feasibility study, results of CMC analysis indicated that different input sensory modalities are likely to produce different results.

#### 【Conclusions】

These results may indicate that it is worth further systematic investigation to explore whether it can reveal differences in sensory modality-dependent relationships between EMG and EEG that emerge during KI.

#### 【Ethical considerations-and-Informed consent】

"Study was approved by Ethical Review Board of my institution in Japan (approval number\_22050) and was performed according to ethical standards of Declaration of Helsinki. All participants provided written informed consent before participation".

## O-11-01 口述 11 (身体運動学3)

### 変形性膝関節症患者における脳の構造的・機能的变化と膝症状との関連

○佐藤 淳<sup>1)</sup>, 谷口 匡史<sup>1)</sup>, 中井 隆介<sup>2)</sup>, 八木 優英<sup>1)</sup>, 岡田 笠吾<sup>1,3)</sup>, 福元 喜啓<sup>1,4)</sup>, 岡田 紗也花<sup>1)</sup>, 仲里 楓<sup>1,3)</sup>, 本村 芳樹<sup>1,5)</sup>, 小林 政史<sup>5)</sup>, 金光 京石<sup>6)</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)京都大学人と社会の未来研究院

3)日本学術振興会特別研究員DC

4)関西医大リハビリテーション学部

5)小林整形外科医院

6)金光診療所

【はじめに・目的】慢性疼痛患者では、構造的・機能的な脳変性が生じることが報告されている。運動器慢性疼痛の中でも膝痛の有病率は高く、変形性膝関節症(膝OA)も慢性疼痛疾患と捉えられる。膝OAでも脳灰白質や脳機能の変化が一部報告されているが、構造的・機能的因素を包括的に調べ、膝症状との関連を調査した研究はない。本研究の目的は、膝OA患者と健常高齢者における脳の構造・神経線維・機能を比較し、脳変性と膝症状との関連を明らかにすることである。

【方法】女性の膝OA患者47名( $70.7 \pm 6.9$ 歳)と健常高齢者 30名( $71.4 \pm 6.6$ 歳)を対象とした。Knee Society Score (KSS)の症状スコアを用いて膝関節の症状を評価した。KSS症状は25点満点で低値ほど症状が重度であることを示す指標である。また、3.0 Tの磁気共鳴画像(MR)装置と32chヘッドコイルを用いて、脳の3次元T1画像、拡散強調画像、安静時の脳機能画像を撮像した。それぞれのMR画像に対し、灰白質のvoxel-based morphometry(VBM)、白質神経線維部の拡散異方性を用いたtract-based spatial statistics(TBSS)、安静時機能的結合からネットワーク構造を分析するnetwork based statistics(NBS)を適用した。膝OA患者と健常高齢者の2群比較の後、有意差のあった項目についてKSS症状との相関分析を行った。有意確率は5%とし、多重比較補正を行った。

【結果】2群比較の結果、VBMでは灰白質の体積に有意差を認めなかった一方、TBSSでは視床放射と皮質脊髄路の拡散異方性が、NBSでは一次運動野・補足運動野間、体性感覚連合野・一次運動野間などの機能的結合が、膝OA群で有意に高値を示した。KSS症状との相関分析の結果、拡散異方性は有意な相関を認めず、一次運動野・補足運動野間、一次運動野・背外側前頭前野間などの機能的結合に有意な負の相関を認めた。

【考察】健常高齢者と比較して、膝OAでは灰白質の構造に差はないが、白質の神経線維密度や機能的結合において、疼痛調整に関する皮質脊髄路や補足運動野、運動の計画や実行に関する一次運動野、感覚および感覚情報の統合に関する体性感覚連合野において拡散異方性や機能的結合が増加していた。また、機能的結合の増加は膝症状の悪化と関連しており、特に下行性疼痛抑制に関する背外側前頭前野の機能的結合が増加していた。

【結語】膝OAでは脳変性の中でも比較的短期間で変化するとされる、脳の機能的結合が変化していた。他の慢性疼痛疾患と同様に、膝OAでも疼痛調整に関する脳機能が強化されている可能性がある。

#### 【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。対象者には本研究の趣旨を説明し、書面にて同意を得た。

## O-11-02 口述 11 (身体運動学3)

### 変形性膝関節症患者における運動学的特徴と軟骨下骨病変の量的特徴との関連

○小島 理志<sup>1)</sup>, 黒尾 元基<sup>6)</sup>, 畑 純一<sup>4,5)</sup>, 中村 高仁<sup>2,3)</sup>, 国分 貴徳<sup>2,3)</sup>

1)埼玉県立大学保健医療福祉学研究科博士前期課程

2)埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科

3)埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

4)東京都立大学健康福祉学部 放射線学科

5)東京都立大学人間健康科学研究所 放射線科学域

6)埼玉県立大学修士研究員

#### 【はじめに・目的】

変形性膝関節症(膝 OA)は関節軟骨変性・摩耗、軟骨下骨変性等を呈し、疼痛や関節機能障害により日常生活に支障をきたす疾患である。超高齢化社会である本邦においては、有病者数は増加の一途を辿るため、予防的治療を確立することが喫緊の課題であるが発症メカニズムは未解明である。これまで我々は、膝 OA 患者において、部位特異的な病変と歩行の運動学的特徴の関係について調査を行ってきた。本研究では、MRI画像に基づいて初期の膝OAにみられる骨病変の量的解析から運動学的な特徴との関連を示すことを目的とした。

#### 【方法】

対象は、ボランティアおよび研究協力医療機関からの被験者をMRI画像に基づき、大腿脛骨関節における BMLs を有するもののみを抽出した。計測は、MRI撮影を行っていない方のみ、京都立大学にてMRI撮影を実施し、その後三次元動作解析装置を用いて歩行を計測した。解析区間は、歩行立脚期の初期接地(IC)から立脚中期(MSt)とした。解析項目は、膝関節屈曲角度(KFA)、屈曲、内転モーメント(KFM, KAM)の最大値、最小値、Osirixを用いて算出されるBMLs容積、BMLsの評価指標であるBLOKS (Boston-Leeds Osteoarthritis Knee Score)とした。その後各パラメータとBMLs容積、BLOKSとの相関係数を算出した。

#### 【結果】

本研究の対象者のKL分類の平均gradeは2であった。BMLsの容積と各データとの相関係数について、最大KFAで0.593、最小KFAで0.802、最大KFMで0.692、最小KFMで0.548、最大KAMで-0.984、最小KAMで-0.746であった。BLOKSと各データとの相関係数について、最大KFAで0.989、最小KFAで0.736、最大KFMで0.964、最小KFMで0.866、最大KAMで-0.344、最小KAMで-0.363であった。

#### 【考察】

本研究の結果は、膝OAにおけるBMLsの指標であるBLOKS及びBMLs容積と、膝関節屈曲角度及びモーメントとの間に一定の相関関係があることを示した。膝OA有病者の特徴的な歩行として、屈曲歩行や外側動描歩行が挙げられる。これらの疾患に特徴的でありながら、多くの患者と共に通して観察される運動学的異常が、画像初見で観察される病変の発症と何らかの関連があったとしても何ら不思議ではない。今回相関関係が認められたものの、現状では因果関係については言及できないが、今後被験者数および分析データをさらに抽出していくことで、発症要因に迫るデータを明らかにできると考えている。

#### 【結語】

本研究結果はMRIから得られるデータと運動学的特徴の関連について基礎的な知見を提供するものであり、今後、画像から得られる容積について矢状面上からのデータを考慮し精度をあげることや、sample数を増やすことで膝OAの発生メカニズムについての知見を提供しうるものである。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言における「ヒトを対象とする医学研究の倫理的原則」を遵守し、埼玉県立大学倫理審査委員会(承認番号 22522)、東京都立大学および研究協力医療機関における倫理審査委員会の承認の下に実施した。

## O-11-03 口述 11 (身体運動学3)

### 膝関節屈曲角度及び脛骨外旋角度の変化が膝関節内側半月板逸脱量に与える影響について

○高橋 知希<sup>1,2)</sup>

1)学校法人 平成医療学園 名古屋平成看護医療専門学校 理学療法学科  
2)学校法人 名古屋石田学園 星城大学 研究員

#### 【はじめに・目的】

変形性膝関節症 (Knee Osteoarthritis: 膝OA) は、本邦の疫学調査によると、2,530万人が罹患していると報告されている。膝OAの初期変化に内側半月板逸脱 (medial meniscal extrusion: MME) がある。先行研究ではMMEを増加させる要因として荷重が報告されている。しかし、膝関節屈曲角度及び脛骨外旋角度の変化がMMEに与える影響については明らかにされていない。本研究の目的は、超音波診断装置 (ultrasonography: US) を使用し、膝関節の屈曲角度及び脛骨回旋角度がMMEを増加させるかを明らかにすることである。

本研究の意義は、MMEが増加する肢位や動作を特定することにより、膝OAの運動療法実施におけるリスク管理や進行予防の基礎的データを構築することである。

#### 【方法】

##### 1. 対象者

包含基準は、18歳～30歳代の健常ボランティア30名とした。除外基準は下肢に外傷の既往がある者、測定を安全に行えない者とした。

##### 2. 方法と手順

MME測定は、超音波診断装置LOGIQ e (GE Healthcare社製)を使用し、内側副韌帯浅層が最も良好に描出される画像を用い0.1mm単位で計測した。測定肢位は、非荷重(以下、NWB)、荷重位(以下、WB)、膝関節屈曲10度(以下、10°), 30度(以下、30°)、脛骨内外旋中間位(以下、N)、最大外旋位(以下、ER)を組み合わせた、計8肢位とした。また、身長、体重、BMI、膝関節可動域、大腿四頭筋の筋厚、Hip knee ankle angleの測定を行い、MMEに影響を与える因子を検討した。

##### 3. 統計解析

統計解析にはEZRを使用した。各条件におけるMMEデータを Friedman検定にて比較し、その後、多重比較検定としてSteel法を用いて解析を行った。また、MMEと身体機能およびアライメントの測定項目では、Shapiro-Wilk検定を行い正規性の確認後、Pearsonの相関分析もしくは、Spearmanの相関分析を行った。

#### 【結果】

NWB10° N ( $2.35 \pm 0.54$  mm)に対してWB30° N ( $2.75 \pm 0.11$  mm,  $p < 0.01$ )、WB30° ER ( $2.84 \pm 0.71$ ,  $p < 0.01$ )の2つの条件で有意差を認めた。また、NWB10° NにおけるMMEと、膝関節屈曲可動域 ( $r = -0.45$ ,  $p = 0.01$ )、WB30° ERにおけるMMEとBMI ( $r = 0.44$ ,  $p = 0.02$ )、膝関節屈曲可動域 ( $r = -0.43$ ,  $p = 0.02$ )間に有意な相関関係を認めた。

#### 【考察】

大腿骨に荷重が加わると、半月板は楔状断面を有しているため、外側へ逸脱する分力が生じる (hoop 応力)。この応力により、荷重量及びBMI上昇に伴い、MMEを増加させると考えられる。また、膝関節屈曲及び脛骨外旋角度の増加は、膝関節の接触圧力を増加させると報告されており、外側への分力が増加しMMEが増加したと考えられる。

#### 【結語】

健常膝において、荷重の有無、膝関節屈曲角度、脛骨外旋角度の変化がMMEに影響を与えるかを検討したところ、それぞれ単独の要因では変化が見られなかったが、荷重、膝関節屈曲角度及び脛骨外旋角度が増加する複合要因ではMMEが増加することが示唆された。そのため、荷重下での運動時は、下肢アライメントにより注意が必要である。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は、星城大学研究倫理審査委員会で承認された(承認番号: 2021A0010)。対象者には研究内容を口頭及び文章にて説明を行い、同意を得た。

## O-11-04 口述 11 (身体運動学3)

### 変形性膝関節症動物モデルにおけるPAI-1動態の探索

○高島 啓<sup>1,2)</sup>, 出口 真次<sup>3)</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)日本学術振興会 特別研究員

3)大阪大学大学院基礎工学研究科 機能創成専攻 生体工学領域

#### 【はじめに・目的】

多因子疾患である変形性膝関節症（膝OA）において、メカニカルストレスと老化は主たる発症要因として認識されており、両因子が相互に作用することで膝OAを発症させる可能性が報告されつつある。近年、プラスミノーゲン活性化阻害因子（PAI-1）が数多くの細胞で老化を引き起こすと注目されており、軟骨細胞においてもin vitroでメカニカルストレスにより誘発されることが報告されているが、生体内での挙動は明らかとなっていない。そこで本研究ではメカニカルストレス由来の膝OAモデルにおける関節内PAI-1の動態を明らかにすることとした。

#### 【方法】

BL6雄性マウス12週齢を対象に非侵襲的に前十字靱帯を破断したACL-R群を作成し、その対側肢をControl群とした。モデル作製4、14日後に脛骨内側面の関節軟骨、滑膜を採取し、real time PCRを実施した。ハウスキーピング遺伝子としてGAPDHを使用し、PAI-1、軟骨分解因子MMP-13、炎症性サイトカインTNF-aの相対発現量を $\Delta\Delta Ct$ 法を用いて算出した。統計学的解析として対応のあるt検定を用い、有意水準は $p<0.05$ とした。

#### 【結果】

4日時点では、ACL-R群の関節軟骨においてMMP-13: 11.2倍、TNF-a: 1.8倍、PAI-1: 1.5倍、滑膜においてはMMP-13: 15.9倍、TNF-a: 0.9倍、PAI-1: 2.0倍の示した。一方、14日時点では、関節軟骨においてMMP-13: 5.3倍( $p<0.001$ )、TNF-a: 27.3倍( $p=0.006$ )、PAI-1: 0.6倍、滑膜においてMMP-13: 57.0倍( $p=0.002$ )、TNF-a: 1.0倍、PAI-1: 0.9倍となつた。

#### 【考察】

IL-1bによる炎症誘発は軟骨細胞におけるPAI-1増大を介して軟骨変性因子を誘導する(Davis+, Biochem Soc Trans. 2021)。また、低強度のメカニカルストレスは軟骨細胞におけるPAI-1を誘発する一方、高強度ではPAI-1発現量が低下することが報告されている(Wei+, Mol Med Rep. 2013)。本研究では、4日時点でPAI-1が軟骨/滑膜共に増大傾向にあつたにも関わらず14日時点ではやや減少したことから、前十字靱帯損傷による急性炎症がPAI-1を増大させた一方、14日時点ではメカニカルストレスが高強度に該当した可能性が示唆された。今後はより詳細なタイムポイントでPAI-1動態を解析することで、膝OA発症との関連性を調査していく。

#### 【結語】

メカニカルストレス由来の膝OA発症過程の急性期において、関節内組織におけるPAI-1増大が示唆された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における動物実験倫理委員会（承認番号：2023-06）の承認を得て実施した。

## O-12-01 口述 12 (神経生理学5)

### 低酸素性虚血性脳症後のミエリン化の誘導は運動機能向上を促進する。

○後藤 太一<sup>1,2,3)</sup>、鈴木澤 朋和<sup>4,5)</sup>、小牧 裕司<sup>6)</sup>、

高島 一郎<sup>2,7)</sup>、岩木 直<sup>1,8)</sup>、九里 信夫<sup>2)</sup>

1)筑波大学 人間総合科学学術院 人間総合科学研究群 ニューロサイエンス学位プログラム

2)国立研究開発法人 産業技術総合研究所 統合神経科学研究所グループ

3)独立行政法人 日本学術振興会 特別研究員DC2

4)国立研究開発法人 産業技術総合研究所 心身機能モデル化研究グループ

5)筑波大学システム情報系

6)公益財団法人 実中研 バイオイメージングセンター

7)第一工科大学工学部

8)国立研究開発法人 産業技術総合研究所 人間情報インターラクション研究部門

【目的】近年の周産期医療の進歩に伴い、脳性麻痺の原因である新生児低酸素性虚血性脳症(HI)後の生存率は飛躍的に上昇した。しかし、運動機能障害は生涯に渡り残存し、機能回復を実現するための効果的なリハビリテーション技術の開発は成されていない。また、発達期特有の脳内の可塑的変化の中でも、ミエリン化は運動機能の獲得や定着に貢献すると指摘されているが、HI損傷後の運動機能の向上に関わるミエリン化の関与は未だ明らかでない。そこで、本研究ではHIモデルラットを作成し、運動機能の向上とミエリン化の関連を明らかにすることを目的に研究を行った。

【方法】HIモデルラットは、出生後7日目に仔動物の右側頸動脈を結紮離断し、低酸素環境へ暴露させることで作成した。出生後21日目より、ロータロッド装置を用いた運動機能評価と運動介入を実施した。出生後43日に脳試料を摘出し、7T MRIを用いた拡散強調画像と免疫組織学実験により、ミエリンとミエリンを形成するオリゴデンドロサイトOLの変化について、解析を行った。加えて、ミエリン化を促進するクレマスチン、もしくは生理食塩水を運動介入前に腹腔内投与し、運動介入に伴う運動機能の行動学的変化と脳内のミエリン化促進の関連を検証した。

【結果】HI動物ではSham損傷動物と比較してロータロッド課題における運動機能の有意な低下と、頸動脈の結紮離断と同側の一次体性感覺皮質S1の体積減少、および、拡散異方性FA値の有意な上昇が生じた。しかし、運動介入を行ったHI動物では、運動機能の有意な向上に加え、同側S1でのFA値のさらなる上昇と、ミエリンの密度増加、OLの数的増加を引き起こした。さらに、HI動物に対する運動介入とミエリン化の薬理的促進を併用することで、運動機能のさらなる向上と、同側S1でのミエリンの密度増加、OL数の増加が生じた。

【考察】HI動物への運動トレーニングは、同側S1においてミエリン化の促進示唆するFA値の上昇とミエリン密度の増加を生じさせた。運動介入を実施しなかったHI動物では、これらの変化が生じていなかったことから、運動によるS1でのミエリン化が運動機能回復にとって重要な役割を有すると考えられる。さらに、運動介入とクレマスチン投与によるミエリン化の促進は、さらなる運動機能向上とミエリン化を引き起こしたことから、運動介入とミエリン化の薬理的促進の併用が、HI損傷後の新たなリハビリテーション戦略となりうる可能性がある。

【結語】HI損傷後の運動機能向上には、ミエリン化が関与しており、運動介入と薬理的介入の併用は、HI損傷後のさらなる運動機能回復を導く新たなリハビリテーション戦略となる可能性がある。

【倫理的配慮・説明と同意】本研究は、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(承認番号：動2023-0351)の承認の下、実施された。

**O-12-02 口述 12 (神経生理学5)**

有酸素運動が脳内出血後の機能障害と脳由来神経栄養因子発現動態に与える影響 -生体発光イメージングを用いた検証-

○杉山 拓也<sup>1,2)</sup>, 高松 泰行<sup>3)</sup>, 芳賀 早苗<sup>4)</sup>, 尾崎 倫孝<sup>4)</sup>, 岡 優一郎<sup>3)</sup>, 福地 守<sup>5)</sup>, 前島 洋<sup>3)</sup>

1)北海道大学 大学院保健科学院

2)札幌秀友会病院

3)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

4)北海道大学 大学院保健科学研究院生体応答制御医学分野

5)高崎健康福祉大学 薬学部分子神経科学研究室

【はじめに・目的】脳内出血(intracerebral hemorrhage, ICH)に対するリハビリテーション(以下、リハ)の生理学的機序として、脳由来神経栄養因子(brain derived neurotrophic factor, BDNF)の関与が示唆されている。BDNF は有酸素運動などの神経活動に伴い発現が増加し、神経可塑性を調節する。BDNF を定量化する方法として、近年 Bdnf-Luciferase (Luc)マウスが開発され、BDNF の発現を非侵襲的に生体発光として検出可能となった。本研究は有酸素運動が ICH 後の BDNF 発現および機能障害に与える影響を生体発光イメージング(bioluminescence, BLI)技術により検証することを目的とした。【方法】対象は Bdnf-Luc マウス(10 週齢, n = 9)とし、左線条体への ICH 術後に運動介入を行わない ICH-sed 群(n = 5)と、ICH 術施行日を 0d として 3d より週 5 回の運動介入(6 m/分×3 分、9 m/分×3 分、12 m/分×50 分の漸増運動)を行う ICH-ex 群(n = 4)の 2 群に分けた。BDNF 発現を生体発光として検出する BLI を 1d(pre), 2d, 10d に実施した。BLI では、脳全体の発光量(whole brain:WB), 左右各半球からの発光量(left/right hemisphere:LtH/RtH), WB に対する LtH の割合(%LtH)を算出、比較した。行動評価として 5-point scale を 3d と 11d に、Grid-walk test を 2d と 3d, 11d に実施した。WB, LtH, RtH, %LtH の結果は Friedman 検定(post hoc:Tukey 法)により処理し、有意水準は 5%とした。

【結果】BLI では WB, LtH および RtH にて、ICH あるいは有酸素運動による有意な発光量への影響は認められなかった。一方で、ICH-ex 群の%LtH は pre および 2d と比較して、10d で増加し(2d vs 10d:p = 0.0004, pre vs 10d:p = 0.0003)、ICH 術後の有酸素運動により損傷半球に優位な BDNF 発現動態が誘導された。行動評価では、両群で ICH 術後に機能障害が生じ、11d まで残存した。

【考察】本研究では世界で初めて BLI により ICH リハの効果を検討した。本研究では機能回復の誘導には至らなかったが、損傷半球に優位な BDNF 発現が ICH 後の機能回復に正に相関することが先行研究にて報告されていることから、本研究の結果は機能回復過程の一端を示している可能性ある。今後の研究では運動プロトコルなどの再検討が行われていく必要がある。

【結語】本研究は新しい技術により ICH リハの生理学的機序に関する示唆を与えるものであった。今後 Bdnf-Luc マウスを用いた研究により ICH リハ研究が進歩することを期待する。【倫理的配慮】全ての行程は動物実験委員会および遺伝子組換え実験委員会の承認のもと、当該委員会規定に則り実施された。

**O-12-03 口述 12 (神経生理学5)**

半側空間無視の回復における内側無顆粒皮質(M2)の部位による差異—半側空間無視モデルマウスでの検討—

○石井 大典<sup>1,2)</sup>, 尾崎 弘展<sup>3)</sup>, 四津 有人<sup>6,7)</sup>, 山本 竜也<sup>4)</sup>, 山本 哲<sup>1)</sup>, 宮田 麻理子<sup>5)</sup>, 河野 豊<sup>1)</sup>

1)茨城県立医療大学保健医療科学研究所

2)千葉大学大学院医学研究院 認知行動生理学

3)同志社大学脳科学研究所

4)つくば国際大学医療保健学部理学療法学科

5)東京女子医科大学生理解剖学講座(神経生理学分野)

6)日本医科大学医学部リハビリテーション学

7)東京大学大学院工学系研究科人工物工学研究センター

【はじめに・目的】半側空間無視は、大脳半球の損傷によって生じる高次脳機能障害のひとつで、損傷した大脳半球とは反対側へ注意を向けることや反応することが障害される。げつ歯類を用いた研究では、前頭皮質に位置する内側無顆粒皮質が空間注意に関連すると報告されており、当該領域を損傷したマウス・ラットは半側空間無視の症状を呈する。

内側無顆粒皮質の解剖学的特徴は、吻側部に体性感覺の入力が多く、尾側に視覚入力が多いことである。そこで、われわれは半側空間無視モデルマウスと新規行動解析を組み合わせ、内側無顆粒皮質の損傷部位の違いが体性感覺に依存する半側空間無視の重症度および回復の程度と関連があるかを調べた。【方法】光塞栓法(Photothrombosis)によりマウスの右内側無顆粒皮質(bregmaから吻側2.0, 1.5, 1.0, 0.4 mmの4か所)に局所梗塞を作成した。半側空間無視の評価は、8方向放射状迷路を用いて実施した。8方向放射状迷路は、放射状に延びた8本のアームとそれらのアームを連結するホーム部からなる。マウスに8方向放射状迷路内を11分間自由に探索させ、マウスが自身からみて左側にあるアームを選択する割合(左選択率)を算出した(左選択率 = 左アームへの進入回数/全てのアームへの総進入回数)。半側空間無視の評価は、梗塞前、梗塞後2-7日、10, 14, 18日の全10回実施した。半側空間無視の最終評価後(脳梗塞後18日目)、10%ホルムアルデヒドにて灌流固定し、脳を取り出した。脳切片を作成し、ニッスル染色後に損傷領域を同定した。

【結果】局所梗塞の2日後、右内側無顆粒皮質を損傷したすべてのマウスで8方向放射状迷路での左選択率は梗塞前に比べて有意に低下した。また、損傷部位が吻側に位置する個体ほど、半側空間無視様の症状の回復が遅延した。運動機能に関して、局所梗塞後の全アームへの総進入回数と各アーム間の移動速度は梗塞前と比べて有意な変化はなかった。【考察】本研究では、条件が統制された半側空間無視のマウスマodelを作製し、損傷位置と症状およびその回復に関連があるかを調べた。右内側無顆粒皮質の局所梗塞は、領域内の損傷部位の違い(吻側から尾側)に関わらず半側空間無視様の症状を引き起こした。一方、半側空間無視様症状の回復においては、損傷部位の違いにより差異が認められた。

【結語】マウスの内側無顆粒皮質は、領域に関係なく方向選択に重要な役割を担っていることが示唆された。一方で、体性感覺に依存した半側空間無視の回復においては、内側無顆粒皮質の解剖学的特徴を反映している可能性がある。【倫理的配慮・説明と同意】所属施設における動物実験委員会(承認番号:2022-14)の承認を得て実施した。

## O-12-04 口述 12 (神経生理学5)

遠隔虚血プレコンディショニング(RIPC)はPGC-1 $\alpha$ /FNDC5/BDNF経路を介してラット脳梗塞後の脳神経保護効果を発揮する

○松岡 輝樹<sup>1)</sup>, 松崎 凌真<sup>1)</sup>, 中西 和毅<sup>2)</sup>, 川谷 卓矢<sup>1)</sup>, 柿元 翔吾<sup>1)</sup>, 加藤 夕貴<sup>1)</sup>, 横間 春利<sup>2)</sup>

1)鹿児島大学大学院保健学研究科

2)鹿児島大学医学部保健学科理学療法学専攻

### 【目的】

運動により骨格筋からは様々なマイオカインが分泌され、内分泌的に脳などの遠隔の臓器へ作用することが報告されている。Irisinは、膜タンパク質のFNDC5が切断されることにより産生されるマイオカインであり、代謝やミトコンドリアの恒常性に関係したタンパク質で脳卒中後の神経保護に重要な役割が示されている。Irisinの発現や転写はPGC-1 $\alpha$ の発現と密接に関係しており、骨格筋でのPGC-1 $\alpha$ の発現増加はIrisinの産生と放出を増加させる。RIPCはあらかじめ四肢骨格筋に駆血、再還流を繰り返し行うことで、脳などの標的臓器に保護効果を発揮する治療アプローチであるが、RIPCの作用メカニズムに関してはまだよく分かっていない。我々はRIPCの脳保護効果を認知症予防など予防リハに応用すべく研究を行っている。今回、RIPCがIrisin発現を介した脳保護効果を発揮するのか検討した。

### 【方法】

雄性SDラットを脳梗塞群 (IR群、n=11)、RIPC+脳梗塞群 (RIPC群、n=11)、正常Control群 (n=5)に分類した。さらにPGC-1 $\alpha$ 阻害剤 (SR-18292) を脳梗塞作製1時間前に投与した後にRIPCを行い、イリシン産生阻害による影響を調べた (n=7)。RIPC群は両後肢大腿部に10分間の駆血と10分間の再還流を3サイクル行い、1日後に左中大脳動脈虚血再還流による脳梗塞モデルを作製した。脳梗塞2日後に脳梗塞体積、神経学的所見、感覚・運動機能を評価した。脳梗塞半球やペナンブラにおける、PGC1 $\alpha$ 、FENDC5、BDNF、アポトーシス活性を調べた。

### 【結果】

IR群と比較して、脳梗塞体積はRIPC群で有意に縮小した。さらに神経学的所見、感覚・運動機能はRIPC群で有意に改善した。脳におけるPGC-1 $\alpha$ 、FENDC5、BDNF発現はRIPC群で有意に増加し、Bax/Bcl2比はRIPC群で有意に減少した。さらに、ペナンブラにおけるTUNEL陽性細胞数やCaspase3陽性細胞面積比はRIPC群で有意に減少していた。PGC-1 $\alpha$ 阻害剤を投与した群はIR群と同様な感覚・運動機能障害を認め、RIPCによって有意な改善を認めなかつた。

### 【考察】

RIPCにより、脳梗塞後の神経学的所見、感覚・運動機能の改善を示した。そのメカニズムとして、脳内におけるPGC-1 $\alpha$ やFENDC5 (Irisin) の発現増加、BDNF発現の上方調節、ミトコンドリア依存性のアポトーシス活性の減少が関与していることが示唆された。PGC-1 $\alpha$ 阻害剤の投与により脳梗塞後の脳保護効果認められなかつたことは、RIPCの脳保護メカニズムにPGC-1 $\alpha$ /FNDC5/BDNF経路が関与していることを示唆している。

### 【結語】

本研究は、RIPCによる神経保護メカニズムの一つとして、脳内におけるPGC-1 $\alpha$ /FNDC5/BDNF経路を介した脳保護効果を明らかにした。RIPCもよる脳保護効果は脳梗塞だけでなく認知症の治療や予防にも有益であり、予防リハに応用できるかもしれない。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は鹿児島大学動物実験審査倫理委員会の承認 (No. M19001)を得て実施した。

## O-13-01 口述 13 (身体運動学4)

短・長橈側手根伸筋の効果的なストレッチング肢位の検討

○吉田 紗子, 八木 優英, 廣野 哲也, 野田 大雅, 市橋 則明

京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

### 【はじめに・目的】

上腕骨外側上顆炎の治療として、短・長橈側手根伸筋のストレッチングが選択される。二筋の伸張量にはモーメントアームだけでなく、二筋と連結した筋張力の増加や二筋と骨との衝突が影響すると考えられている。しかし、モーメントアーム以外の影響まで考慮し、二筋それぞれの伸張量の違いを生体で調べた研究ではなく、これらの筋の効果的なストレッチング肢位は明らかではない。本研究の目的は、短橈側手根伸筋、長橈側手根伸筋が最も伸張されるストレッチング肢位を明らかにすることとした。

### 【方法】

対象者は健常若年男性34名とした。対象筋は非利き手の短・長橈側手根伸筋とし、超音波診断装置のせん断波エラストグラフィー機能で筋の弾性率を測定した。測定肢位は背臥位、肩関節外転45°における16条件とした。肘関節屈曲0°、30°、60°、90°の4角度、前腕最大回内外の2角度、そして手指屈曲0°、最大屈曲の2角度を組み合わせた。全肢位で共通して手関節は最大掌屈させた。肘関節屈曲、前腕回内、手指屈曲を各要因とする反復測定三元配置分散分析とBonferroni法による事後検定を各筋に行った。有意確率は5%とした。

### 【結果】

三元配置分散分析の結果、短橈側手根伸筋では、各要因の主効果が認められ、二次の交互作用は認められなかった。一次の交互作用は肘関節屈曲角度と前腕回内外、肘関節屈曲角度と手指屈曲で認められた。事後検定の結果、肘関節屈曲30°、前腕回内、手指屈曲0°で弾性率が有意に最も高値を示した。長橈側手根伸筋では、各要因の主効果が認められ、二次の交互作用は認められなかった。一次の交互作用は肘関節屈曲角度と前腕回内外、肘関節屈曲角度と手指屈曲で認められた。事後検定の結果、肘関節屈曲0°、前腕回内、手指屈曲0°で弾性率が有意に最も高値を示した。

### 【考察】

二筋は肘関節屈曲、回外のモーメントアームを有するため、その反対方向である肘関節屈曲30°や0°、回内でより伸張されたと考えられる。一方、肘関節屈曲0°より30°の方で短橈側手根伸筋が伸張されたこと、手指屈曲0°で両筋が伸張されたことはモーメントアームだけでは説明できない。これらには肘関節伸展位から軽度屈曲位では橈骨頭との接触により短橈側手根伸筋の腱の起始部が伸張すること、短・長橈側手根伸筋の近位部が総指伸筋と連結していることが影響したと考えられる。

### 【結語】

短橈側手根伸筋の最適なストレッチング肢位は肘関節屈曲30°、前腕回内、手関節掌屈、手指屈曲0°で、長橈側手根伸筋の最適なストレッチング肢位は肘関節屈曲0°、前腕回内、手関節掌屈、手指屈曲0°であることが明らかになった。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言を遵守し、所属施設の倫理委員会による承認を受けて実施した。また、参加者には十分な説明を行い、書面にて同意を得た上で実施した。

**O-13-02 口述 13 (身体運動学4)****大腿筋膜張筋および大殿筋の腸脛靭帯を介した膝関節伸展作用の検討**

○八木 優英<sup>1)</sup>, 谷口 匠史<sup>1)</sup>, 嶽田 光里<sup>1,2)</sup>, 岡田 瑞吾<sup>1,2)</sup>,  
廣野 哲也<sup>1)</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)日本学術振興会 特別研究員DC

**【はじめに・目的】**

大腿筋膜張筋(TFL)と大殿筋(GM)は腸脛靭帯(ITB)に付着しており、これらの筋の張力はITBを介して膝関節まで伝達され、膝関節に作用する可能性がある。また、この二筋は大腿近位でITB内の異なる線維に付着するため、ITB内での張力伝達の違いによって、膝関節への作用が異なる可能性がある。しかし、これら二筋による膝関節への作用の違いは十分に明らかになっていない。本研究の目的は、TFLとGMの筋収縮による膝関節伸展作用と各筋の張力伝達の特徴を明らかにすることである。

**【方法】**

対象は健常若年男性15名の右下肢とした。電気刺激装置を用いて、TFLとGMそれぞれに、筋収縮を触知可能となる収縮閾値、収縮閾値+25%、収縮閾値+50%の強度で電気刺激を行った。安静時と電気刺激中に超音波画像装置せん断波エラストグラフィ機能を使用し、大腿遠位でITB前部線維、ITB後部線維、外側広筋、大腿直筋の弾性率を測定した。ハンドヘルドダイナモーターで各筋への電気刺激中の膝関節伸展トルクを計測した。測定肢位は、仰臥位股関節伸展0°、外転0°、膝関節屈曲30°とした。電気刺激の強度増加に伴う膝関節伸展トルクの変化と各組織の弾性率の変化を検討するため、各指標において刺激部位ごとにFriedman検定を行った。主効果が認められた場合には、Wilcoxon符号順位付検定を用いた事後検定を実施した(Shaffer補正)。有意水準は5%とした。

**【結果】**

TFLへの刺激では、膝関節伸展トルクとITB前部線維の弾性率に有意な主効果を認め、他の指標に主効果を認めなかっただ。事後検定の結果、膝関節伸展トルクおよびITB前部線維の弾性率は安静条件、収縮閾値条件と比較し、収縮閾値+25%条件と収縮閾値+50%条件で有意に増加し、収縮閾値+25%条件と比較して収縮閾値+50%条件で有意に増加した。GMへの刺激では、ITB後部線維の弾性率のみに主効果を認め、他の指標に主効果を認めなかっただ。事後検定の結果、ITB後部線維の弾性率は安静条件、収縮閾値条件、収縮閾値+25%条件と比較して収縮閾値+50%条件で有意に増加した。

**【考察】**

TFLへの刺激では、大腿四頭筋の硬さが増加することなく、ITB前部線維が硬くなり、膝関節伸展トルクが生じた。TFLの筋張力はITB前部線維を伝達し、その線維は膝関節伸展作用を有することが示唆された。一方で、GMへの刺激では、ITB後部線維が硬くなつたが膝関節伸展トルクが生じなかっただ。GMの筋張力はITB後方線維を伝達し、その線維は膝関節中心の近くを走行することから膝関節運動への影響が小さいと考えられる。

**【結語】**

TFLの張力はITB前部線維を伝達し、膝関節伸展に作用するが、GMの張力はITB後部線維を伝達し、膝関節伸展に作用しない。

**【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、所属施設の倫理委員会による承認を受け、参加者には十分な説明を行い、書面にて同意を得た上で実施した。

**O-13-03 口述 13 (身体運動学4)****等尺性収縮保持による筋疲労課題中のハムストリングスにおける神経筋活動分布の不均一性変化**

○奥山 恵伍<sup>1)</sup>, 青木 信裕<sup>2)</sup>, 片寄 正樹<sup>2)</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 理学療法学第二講座

**【はじめに・目的】**スポーツ活動時におけるハムストリングス筋損傷は、受傷の一因に筋疲労が挙げられている。近年、骨格筋の筋疲労評価として多点表面筋電図法により神経筋活動分布の変化を評価する研究が報告されている。一部の骨格筋では等尺性収縮保持による筋疲労課題中に神経筋活動分布の不均一性が増加することが報告されており、筋疲労に対する適応として筋部位間の活動量を相対的に変化させている可能性が考えられている。ハムストリングスにおいても同様の状況下で神経筋活動分布の不均一性が変化する場合、筋疲労評価の視点となる可能性がある。本研究の目的は、半腱様筋(ST)と大腿二頭筋(BF)において、等尺性収縮保持による筋疲労課題中に神経筋活動分布の不均一性が変化するかを明らかにすることとした。

**【方法】**健常成人男性10名を対象に実験を実施した。はじめに腹臥位・膝関節屈曲60°位でSTとBFの等尺性収縮を伴う両脚での最大等尺性膝関節屈曲運動を実施し、最大膝関節屈曲トルク(MVCトルク)を測定した。次に同肢位においてMVCトルクの50%を発揮し続ける持続等尺性膝関節屈曲運動をSTとBFの筋疲労課題として実施し、発揮トルクが目標の95%を下回った時点で終了した。最後にMVCトルクを再度計測した。右脚のSTとBFにおいて課題中の多点表面筋電図を筋の長軸に沿って計測し、各筋で得た全15チャンネルの筋電図波形から二乗平均平方根(RMS)を算出した。課題の開始から終了までの時間を100%に標準化し、5%ごとに各チャンネルでRMSを平均した。さらに、5%、50%、100%時点における各チャンネルの平均RMSを用いて、神経筋活動分布の不均一性を示す修正エントロピーを各時点で算出した。

統計処理として、筋疲労の確認のためウィルコクソンの符号順位検定を用いて課題前後におけるMVCトルクを比較した。また、各筋でフリードマン検定を実施後にボンフェローニ法での多重比較を実施し、課題の各時点における修正エントロピーを比較した。

**【結果】**MVCトルクは筋疲労課題後に有意に低下した。STの修正エントロピーは、課題の5%時点と比較して50%、100%時点で有意に低下した。BFの修正エントロピーは課題中に変化はなかった。

**【考察】**MVCトルクの低下から筋疲労課題によりハムストリングスに筋疲労が生じたと推測できる。修正エントロピーの低下は神経筋活動分布における不均一性の増加を示すため、STは筋疲労に伴い神経筋活動分布が変化する特性を有する可能性がある。

**【結語】**等尺性収縮保持による筋疲労課題中に、STは神経筋活動分布の不均一性が増加した。

**【倫理的配慮・説明と同意】**本研究は所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:30-2-49)。被験者に研究主旨と内容を説明し書面で同意を得て実験を実施した。

## O-13-04 口述 13 (身体運動学4)

アキレス腱の力学的特性が瞬発的な筋発揮と姿勢反応性に及ぼす影響

○宮澤 拓<sup>1,2)</sup>, 久保田 圭祐<sup>3)</sup>, 平田 恵介<sup>4)</sup>, 塙 大樹<sup>1)</sup>, 藤野 努<sup>1)</sup>, 横山 萌香<sup>5)</sup>, 鬼塚 勝哉<sup>6)</sup>, 金村 尚彦<sup>2)</sup>

1)人間総合科学大学 理学療法学専攻

2)埼玉県立大学大学院

3)埼玉県立大学 研究開発センター

4)東京家政大学 理学療法学専攻

5)順天堂大学 理学療法学科

6)東都大学 理学療法学科

### 【はじめに・目的】

筋の機能は最大トルクのみでなく、いわゆる瞬発性と呼ばれる時間要素を考慮して評価する必要がある。このとき筋の収縮は必ず腱を介して関節運動を引き起こすため、介在物としての腱の力学的特性は力を生成するまでの時間に影響すると考えられる。これらの筋と腱の相互作用によって生み出される速い筋収縮は、転倒を回避するような姿勢反応において重要な役割を果たすと考えられるがその関係性は未解明な部分が多い。本研究は、下腿三頭筋を対象に瞬発的な筋機能を評価し、アキレス腱の力学的特性、そして立位制御における反応性との関連性を明らかにすることを目的とした。

### 【方法】

対象は健常若年者10名とし、筋機能の評価として足関節底背屈中間位にて底屈の等尺性収縮を行った。最大努力にて可能な限り速く力を発揮するように指示した。底屈トルクと腓腹筋の筋電図波形を得て、そこから最大トルク、電気力学的遅延(EMD)、筋力発揮率(RTD)を算出した。EMDは筋電図の立ち上がりからトルク発揮までの時間遅れを、RTDは力の立ち上がりから100ms後までに発揮できるトルク表す。またアキレス腱のstiffness算出のために超音波エコーにて腓腹筋とアキレス腱の移行部を描出した状態でゆっくりと等尺性底屈を行った。筋腱移行部の移動量と底屈トルクから推定されるアキレス腱張力からアキレス腱のstiffnessを算出した。姿勢反応性の評価として、床反力計の上に静止立位を保持させたうえで、予告なく音声刺激を与え、できるだけ早く身体を前方に傾けるように指示を与えた。その際の足圧重心が一定閾値を超えるまでの時間を姿勢反応時間とした。統計学的解析は筋機能、アキレス腱stiffness、姿勢反応時間でPearsonの相関係数をとった。

### 【結果】

底屈最大トルクは $80 \pm 17 \text{Nm}$ 、RTDは $24 \pm 10 \text{Nm/0.1s}$ 、EMDは $143 \pm 54 \text{ms}$ 、腱のstiffnessは $137 \pm 48 \text{N/mm}$ 、姿勢反応時間は $631 \pm 108 \text{ms}$ であった。アキレス腱stiffnessは、最大トルク・EMD・RTDいずれにも関連しなかった。姿勢反応時間は最大トルク・EMD・アキレス腱stiffnessといった筋腱特性には関連しなかったが、RTDとは負の相関を認めた( $r=0.48$ ,  $p=0.03$ )。

### 【考察】

RTDの増大は短い時間で大きなトルクを発揮できることを意味し、RTD増大が立位での反応時間短縮に関連した。筋機能を評価する際に、時間的要素を含めて力発揮をみるとよりダイナミックな運動への適応性を推測できると考えられる。一方で、アキレス腱stiffnessは速いトルク生成には関与しなかった。これは直列弾性要素としての腱の役割よりも、筋線維タイプやrate codingなどの神経系の活動が速い筋収縮に寄与している可能性が考えられる。

### 【結語】

瞬発的な筋機能は立位制御における反応性に関与した。アキレス腱は筋と関節運動をつなぐ役割があるが、その硬さは筋機能には影響しなかった。

【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倫理審査委員会の承認(受付番号:662号)を得て実施した。研究参加者には書面と口頭にて説明し、研究参加の同意署名を得た。

## O-14-01 口述 14 (基礎から臨床への橋渡し研究1)

認知症患者の行為主体性は保たれているのか?

-Sense of agencyに着目した予備調査の報告-

○林田 一輝<sup>1,2)</sup>, 中口 拓真<sup>3)</sup>, 深作 哲貴<sup>4)</sup>, 温 文<sup>5)</sup>, 森岡 周<sup>2,6)</sup>

1)宝塚医療大学和歌山保健医療学部

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)星野クリニック

4)明治大学理工学部認知脳科学研究室

5)立教大学 現代心理学部 心理学科

6)畿央大学大学院健康科学研究科

【目的】アルツハイマー型をはじめとする認知症は、個人の行為主体性(agency)を奪うことが危惧されている(Boyle 2014)。行為主体性を保つことは、個人の幸福に寄与すると多くの研究で主張される一方で、認知症患者の行為主体性は不明な点が多い。行為主体性は、身体運動レベルから社会的意思決定レベルまで多くの要素を含む。中でも行為主体感(sense of agency)は、その運動や行為を自分自身で制御している感覚として定義され、これが認知症では障害されている可能性がある(Arzy 2019)。本研究の目的は、アルツハイマー型認知症者の行為主体感を実験心理学的手法を用いて定量化し、身体機能および認知機能との関連性を明らかにすることである。加えて、同年代の認知症の無い対象者のデータ(第21回日本神經理学療法学会学術大会にて発表)と比較することで、認知症患者の行為主体感の特徴を考察することである。

【方法】対象は、Aクリニックの認知症特化型デイケアに通うアルツハイマー型認知症と診断された11名である。取り込み基準は、以下に示す実験課題(MATLABとPsychtoolboxで作成)を十分に遂行でき、コントロール条件である0%条件と100%条件のデータが健常者と同等である者とした。実験参加者にPCマウスを使って5秒間自由にカーソルを動かすよう指示した。カーソルの動きは、0~100%の範囲で10%刻みで他者操作を混入するようにプログラムした。つまり0%は完全に自己の動きが反映されている条件、100%は完全に他者の動きが反映されている条件であった。課題は各条件10試行ずつ計110試行とし、その都度自他弁別させた。それをロジスティック回帰曲線に適合させ、回帰曲線の傾きを算出した。傾きが急であれば自己帰属の基準が明確で、その値が大きいと行為主体感が高いと定義される。身体機能は、Short Physical Performance Battery(SPPB)と快適歩行速度[m/s]を、認知機能は、Mini-Mental State Examination(MMSE)とFrontal Assessment Battery(FAB)を評価した。統計解析は、傾きと年齢、身体機能、認知機能についてそれぞれスピアマン順位相関係数を求めた。有意水準は5%とした。

【結果】傾きとの相関係数( $\rho$ , p-value)は、年齢(0.32, 0.95)、SPPB(0.65, 0.03)、歩行速度(-0.22, 0.50)、MMSE(0.01, 0.95)、FAB(0.32, 0.33)であった。

【考察】今回のデータと以前のデータでは、傾きにほとんど差は無かった。また、今回のデータから傾きとSPPBには中等度の有意な正の相関関係があった一方で、以前のデータでは、傾きとSPPBに有意な相関関係は無かった[0.13, 0.61]。これらのことから認知症患者は、行為主体感が保たれている可能性がある一方で、身体機能の低下と共に行為主体感も低下することが特徴的であることがわかった。

【結語】認知症患者の身体機能の維持は、行為主体性の維持にも影響することが示唆される。今後はこれらの因果関係を追及する必要がある。

【倫理的配慮】本研究はヘルシンキ宣言に則り、所属の倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号:231128-1)。研究の目的、方法、取得データの倫理的配慮、同意撤回の権利などを口頭及び書面で説明し、書面にて同意を得た。また、本人が理解できないと判断された場合には、代理人を通じて同意を得た。

## O-14-02 口述 14 (基礎から臨床への橋渡し研究1)

### 高齢者におけるMotor overflowと手指運動パフォーマンスの関連性

○中野 英樹<sup>1,2,3)</sup>, 静 雄介<sup>2,4)</sup>, 坂野 裕也<sup>2,5)</sup>, 内藤 栄一<sup>1)</sup>  
1)情報通信研究機構脳情報通信融合研究センター

2)京都橘大学大学院健康科学研究科

3)京都橘大学健康科学部理学療法学科

4)京都久野病院リハビリテーション課

5)社会福祉法人清和園吉祥ホーム

**【はじめに・目的】**超高齢社会を迎えた日本において、身体的虚弱の効果的な予防法の確立は喫緊の課題である。一側肢の運動と同時に生じる対側肢の微弱な筋活動はMotor overflowと呼ばれ、運動野半球間抑制が脱抑制する高齢者で増大することが報告されている。しかし、このMotor overflowと身体機能の関連性は未だ明らかにされていない。そこで本研究では、高齢者におけるMotor overflowと手指運動パフォーマンスの関連性について明らかにすることを目的とした。これを明らかにできれば高齢者の身体的虚弱を評価するツールとして応用できる可能性がある。

**【方法】**対象は健常高齢者30名とした。まず対象者は、2つの球を回す課題を左右手で各々実施した。課題は10試行(0.8Hz)を1ブロックとし、計3ブロック実施した。課題中、非動作側上肢は下垂位とし、リラックスした肢位を保つように教示した。Motor overflowの評価指標は非動作側上肢の筋活動とし、総指伸筋と浅指屈筋に電極を貼付して課題中のRoot Mean Square (RMS)値を算出した。次に対象者は、母指と示指のタッピングを左右手で各々実施する片手運動と左右手で同時に両手運動を各々15秒間実施した。その際、指タッピング装置を用いて課題中の手指タップ回数を測定した。統計解析として、非動作側RMS値および手指タップ回数の比較には、条件と手の要因による二要因分散分析を用いた。また、スピアマンの順位相関係数を用いて△RMS値と△手指タップ回数の関連性を検討した。有意水準は5%とした。

**【結果】**非動作側RMS値は右手・左手ともに安静時と比較して課題時に有意に増大した( $p < 0.05$ )。また左手タップ回数は、片手運動時と比較して両手運動時に有意に増大した( $p < 0.05$ )。さらに、非動作側(左手) RMS値の変化量と左手タップ回数の変化量との間に有意な正の相関を認めた( $r = 0.39, p < 0.05$ )。

**【考察】**半球間抑制が脱抑制する高齢者では、運動課題中に左右運動野が両側性に活動することが報告されている。また、一側手の随意運動に同期させた対側手の他動運動は、左右運動野を両側性に活動させ、他動運動手の筋活動を増大させることが明らかにされている。以上のことから、本研究では左右運動野の両側性活動が関与する半球間抑制の脱抑制(RMS値)と左右同時運動による手指タップ回数の増大との間に関連性を認めたことが示唆された。

**【結語】**本研究により、高齢者におけるMotor overflowは手指運動パフォーマンスと関連することが明らかにされた。

**【倫理的配慮・説明と同意】**所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:23-17)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## O-14-03 口述 14 (基礎から臨床への橋渡し研究1)

### 健常若年者と地域在住高齢者の立位姿勢制御における注意焦点の優位性

○澤井 舜<sup>1,2)</sup>, 村田 伸<sup>1,3)</sup>, 坂野 裕也<sup>1,4)</sup>, 藤川 翔也<sup>1,2)</sup>, 山本 涼介<sup>1,5)</sup>, 静 雄介<sup>1,2)</sup>, 中川 幸太郎<sup>3,6)</sup>, 中野 英樹<sup>1,3,7)</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

4)社会福祉法人清和園吉祥ホーム

5)駒生会脳神経外科病院リハビリテーション科

6)ながしま脳神経外科リハビリクリニック

7)情報通信研究機構脳情報通信融合研究センター

**【はじめに・目的】**注意焦点には、注意を身体部位に向ける内的焦点(IF)と外部環境に向ける外的焦点(EF)があり、パフォーマンスを向上させる注意焦点には各個人によって優位性があることが報告されている。また、健常若年者の立位姿勢制御においても注意焦点の優位性が見られ、IF条件でパフォーマンスが高いIF優位群とEF条件でパフォーマンスが高いEF優位群が存在することがわかっている。しかし、加齢により注意機能が変化するため、注意焦点の優位性は若年者と高齢者で異なる可能性がある。これを明らかにすることで、注意焦点の優位性に基づいた個別最適型の転倒予防を考案できる可能性がある。そこで本研究は、健常若年者と地域在住高齢者の立位姿勢制御における注意焦点の優位性を検証することを目的とした。

**【方法】**対象は健常若年者と地域在住高齢者31名ずつであり、IF条件とEF条件で姿勢安定度評価指標(IPS)をランダムな順序で実施した。この時、IF条件では対象者の足に、EF条件ではモニター上に投影された重心点に注意を向けさせた。各条件のIPSを比較し、対象者をIF優位群とEF優位群に群分けした。そして、条件、群、年代の3つの要因を使用した混合計画三要因分散分析を使用してIPSを比較した。有意水準は5%とした。

**【結果】**若年者と高齢者ともにIF優位群とEF優位群に分けられ、最適な注意焦点には優位性が確認された。また、若年者のIF条件とEF条件のIPSはIF優位群とEF優位群の間に有意な群間差を認めなかった( $p > 0.05$ )。一方で高齢者では、IF条件のIPSは有意な群間差を認めなかつたが、EF条件のIPSはIF優位群と比較してEF優位群で有意に高値を示した( $p > 0.05$ )。

**【考察】**注意焦点の優位性は健常若年者の立位姿勢制御で確認されており、これらに追加して、本研究では地域在住高齢者の立位姿勢制御においてもパフォーマンスを向上させる注意焦点には優位性があることを明らかにした。また、高齢者の姿勢制御は視覚情報と比較して固有感覚に依存することが報告されている。そのため高齢者では、固有感覚へ注意を向けさせたIF条件での立位姿勢制御は注意焦点の優位性に依らず保たれており、反対に視覚情報に注意を向けさせたEF条件での立位姿勢制御は個人の注意焦点の優位性によって差異が生じた可能性が示唆された。

**【結語】**本研究は、若年者と同様に高齢者の立位姿勢制御において最適な注意焦点には優位性があることを明らかにした。この結果は、高齢者の転倒予防において、注意焦点の優位性に基づいた個別最適型介入の重要性を示唆している。

**【倫理的配慮・説明と同意】**所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:23-59)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## O-14-04 口述 14 (基礎から臨床への橋渡し研究1)

### 運動学習に対するフィードバックタイミングの自己選択効果とそのメカニズムの解明

○秋月 千典<sup>1)</sup>, 武内 孝祐<sup>2)</sup>, 矢吹 悅<sup>1)</sup>, 山口 和人<sup>3)</sup>, 山本 良平<sup>4)</sup>, 金野 達也<sup>5)</sup>

1)目白大学 保健医療学部 理学療法学科

2)神戸国際大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

3)日本医療科学大学 保健医療学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

4)熊本保健科学大学 保健科学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

5)東京都立大学大学院 人間健康科学研究科 作業療法科学域

**【はじめに・目的】**練習条件の一部を学習者が自己選択することで運動学習が促進する現象は、多くの研究によって報告されている。しかし、理学療法場面で問題となりやすい、フィードバック(FB)タイミングについての自己選択効果はこれまでに検証されておらず、自己選択が運動学習を促進する背景メカニズムも解明されていない。本研究では、FBタイミングの自己選択効果の検証及びその背景メカニズム解明に貢献することを目的とした。

**【方法】**事前に検定力分析を実施した上で62名の健常若年者( $20.7 \pm 1.1$ 歳)を対象とした。実験課題には、モニター上に表示された目標波形と一致するように実験器具を把握する力を調整する課題を設定した。課題遂行中、目標波形とともに実際の把握力とその推移を即時的にモニターに表示した。対象者は、モニターを見ながら課題を実施する同時FB群、課題実施後にモニターを見る最終FB群、毎試行前に最終FBと同時FBのどちらを受け取るかを自己選択する自己選択群、ペアとなった自己選択群と同じタイミングでFBを受け取る対照群のいずれかに振り分けられた。実験はプレテスト、練習試行、保持テスト(練習試行終了1週間後)で構成した。プレテストと保持テストではFBは与えず、練習試行では条件に沿ってFBを与えた。さらに、練習試行終了直後に内発的動機づけ尺度とNASA-TLXを用いて、内発的動機づけと精神的負担感を測定した。統計解析では、把握力の誤差に対して二元配置分散分析を実施した。

**【結果】**同時FB群、最終FB群、自己選択群の比較では、プレテストにおける誤差に有意な群間差は認められなかった。練習試行では、同時FB群の誤差が最も小さく、最終FB群が最も大きかった。保持テストでは、自己選択群と最終FB群の誤差が、同時FB群よりも有意に小さかった。自己選択群と対照群の比較では、プレテストと練習試行では有意差が認められなかったが、保持テストでは自己選択群の誤差が有意に小さかった。また、精神的負担感に有意な群間差は認められなかったものの、自己選択群は対照群よりも有意に高い内発的動機づけを示した。

**【考察】**本実験で用いた課題は、視覚FBへの依存が生じやすいうことから同時FB群では運動学習が遅延したと考えられる。一方で、自己選択による正の効果が視覚FBへの依存による負の効果を上回ったことで、自己選択群では最終FB群と同等以上の課題遂行成績を示したと考えられる。また、自己選択群と対照群の比較により、自己選択による効果は内発的動機づけの関与によって生じていることが示唆された。

**【結語】**FBタイミングの自己選択は運動学習を促進する。また、その効果は内発的動機づけの高まりによって引き起こされている可能性がある。

**【倫理的配慮・説明と同意】**所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:G2019-090)。また対象者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、書面で同意を得た。

## O-15-01 口述 15 (構造・機能・情報学3)

### 不動によって惹起される筋痛に対する電気刺激誘発性筋収縮運動の効果

○沖田 星馬<sup>1,2)</sup>, 三宅 純平<sup>1,2)</sup>, 石木 雄大<sup>2)</sup>, 濑口 千晶<sup>2)</sup>, 高橋 あゆみ<sup>2,3)</sup>, 本田 祐一郎<sup>2,3)</sup>, 近藤 康隆<sup>1,2)</sup>, 吉田 佳弘<sup>1)</sup>, 沖田 実<sup>2,3)</sup>

1)日本赤十字社長崎原爆病院リハビリテーション科

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)

**【はじめに・目的】**骨格筋を不動に曝すと筋痛が発生するされ、そのメカニズムには筋核のアボトーシスや筋線維萎縮、さらにはマクロファージの集積などが関与しているといわれている。つまり、筋核のアボトーシスや筋線維萎縮の抑止効果が期待できる筋収縮運動は有効な介入戦略になり得ると思われる。そこで、本研究では不動の過程で電気刺激誘発性筋収縮運動を負荷し、筋痛に対する効果を検討した。

**【方法】**実験動物には8週齢のWistar系雄性ラット29匹を用い、これらを無作為に2週間通常飼育する対照群(n=9)、両側足関節を最大底屈位の状態で2週間ギブスで不動化する不動群(n=10)、不動の過程でベルト電極式骨格筋電気刺激装置(以下、B-SES)を用い、後肢骨格筋に筋収縮運動を負荷するB-SES群(n=10)に振り分けた。なお、B-SESの条件として刺激周波数は後肢骨格筋に強縮を誘発するため50Hzとし、刺激強度は足関節最大底屈筋力の60%を發揮する4.7mA、刺激サイクルは2秒収縮、2秒休止の1:1サイクル、刺激時間は15分間とし、週6日、延べ2週間行った。そして、実験期間中は覚醒下で腓腹筋外側頭の圧痛閾値を評価し、実験期間終了後は同筋を採取し、凍結横断切片に対して各種染色を実施した。検索としてはATPase染色によってタイプII B線維のみで構成される浅層部を同定し、同部位の筋核数や筋線維横断面積を計測した。

**【結果】**不動1週後の筋圧痛閾値は対照群に比べ他の2群は有意に低値であったが、B-SES群は不動群より有意に高値を示し、この結果は不動2週後も同様であった。次に、筋核数は対照群に比べ不動群は有意に低値を示したが、B-SES群は不動群より有意に高値を示し、対照群との有意差も認めなかつた。筋線維横断面積は対照群に比べ不動群とB-SES群は有意に低値を示し、B-SES群は不動群より有意に高値を示した。

**【考察】**今回の結果、不動の過程で電気刺激誘発性筋収縮運動を負荷すると筋痛の進行を抑制することが明らかとなり、そのメカニズムの一部に筋核数の減少や筋線維萎縮の進行を抑制することが関与している可能性があるといえる。しかし、今回の結果のみではメカニズムの全貌は明らかではなく、今後、さらに詳細に検討していく予定である。

**【結語】**筋収縮運動は不動によって惹起される筋痛の予防に効果的であり、そのメカニズムの一部に筋核のアボトーシスや筋線維萎縮の抑止効果が影響していることが示唆された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は長崎大学動物実験委員会で承認(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、バイオメディカルモデル動物研究センターで実施した。

## O-15-02 口述 15 (構造・機能・情報学3)

### 末梢神経損傷後の後根神経節における生物学的応答の探索

○金村 尚彦<sup>1)</sup>, 峯岸 雄基<sup>2)</sup>, 櫻井 隆平<sup>3)</sup>, 川端 空<sup>3,4)</sup>, 黒尾 彩<sup>3)</sup>, 島田 直宜<sup>3)</sup>, 福田 京佑<sup>3,5)</sup>, 熊谷 竜徳<sup>3)</sup>, 村田 健児<sup>1)</sup>, 久保田 圭佑<sup>6)</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)日本医療科学大学 保健医療学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻  
 3)埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科  
 4)日本学術振興会 特別研究員DC2  
 5)健康科学大学 リハビリテーション学科 理学療法コース  
 6)埼玉県立大学 研究開発センター

#### 【目的】

末梢神経損傷後、後根神経節 (DRG) では様々な生物学的反応が起こる。急性期には、損傷部位からの炎症シグナルがDRGに伝わり、免疫細胞が活性化されることで炎症反応が強化される。これらによりDRG内のニューロンが活性化され、生存と成長に必要な遺伝子、例えば神経成長因子の発現により新しい軸索の伸長が促進される。神経損傷による運動療法は、神経可塑性を促進すると報告されているが、そのプロセスにおいてまだ不明な点が多い。本研究では公開されているバイオロジカルデータをもとに、急性期の末梢神経損傷後のDRGにおける生物学的反応について探索した。

#### 【方法】

遺伝子発現情報データベースGene Expression Omnibusにおいて末梢神経損傷後にDRGを対象としscRNAseqにて解析を実施している3のデータセットが抽出した。そのうち、急性期を対象としたGSE158892を採用した。この取得したscRNAseqデータを元に、末梢神経損傷を圧迫損傷後、4日後にDRGを採取したDRG群 (DRG-PI), 対照群 (DRG-cont) とした。遺伝子発現データはWebブラウザで解析できるRaNa-seq、発現変動遺伝子 (DEG) を検出し、STRINGデータベースを使用して遺伝子オントロジー(GO)エンリッチメント解析、PPIネットワーク解析、Reactomeによりパスウェイ解析を実施した。

#### 【結果】

DRG-PI, DRG-cont群から1816の有意なDEGを特定した。GO解析では、免疫応答過程、酸化還元、自然免疫応答、アボトーシスが検出された。またパスウェイ解析では、NIMAキナーゼNEK9, NEK6, NEK7の活性化、Emilのリン酸化、メタロチオネイン、TP53によるG2細胞周期停止に関与する遺伝子の転写制御などが抽出された。

#### 【考察】

末梢神経損傷後のDRGについて様々な生物学応答が惹起される。NEK9、NEK6、NEK7等のこれらにキナーゼは細胞周期と細胞分裂の重要な調節因子で、NEK9はNEK6とNEK7を活性化することで細胞分裂の進行に影響を与え、神経修復と再生を支援する。Emilは細胞周期のG2/M遷移の調節に関与し、細胞分裂を促進し、損傷後の再生過程で中心的な役割を果たす。メタロチオネインは、酸化ストレスから細胞を保護する役割を担い、酸化的損傷から神経細胞を保護し、再生プロセスをサポートする。TP53は細胞周期の停止やダメージニューロンのアボトーシスを誘導することにより、適切な神経修復を支援すると考えられる。末梢神経損傷は、軸索損傷により、マクロファージの応答やシュワン細胞により神経が修復されるが、DRGからも神経可塑性に関与する因子の発動が行われる。

各因子の生物学的メカニズムやその相互作用による神経可塑性への検討を行い、理学療法が、末梢神経損傷どのように貢献できるのか検討していく予定である。

#### 【結語】

末梢神経損傷後のDRGでは、神経可塑性に関して、神経修復の支援や神経細胞保護、アボトーシスを誘導するなど、様々な生物学的过程があり、その相互作用についてさらに検討を行う予定である。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は、公開データを利用しているため該当しない。

## O-15-03 口述 15 (構造・機能・情報学3)

### 不動化ならびに除神経を契機とした線維化が関節可動域制限におよぼす影響

○瀬口 千晶<sup>1)</sup>, 石木 雄大<sup>1)</sup>, 三宅 純平<sup>1,2)</sup>, 沖田 星馬<sup>1,2)</sup>, 梶原 康宏<sup>1,3)</sup>, 高橋 あゆみ<sup>1,4)</sup>, 本田 祐一郎<sup>1,4)</sup>, 沖田 実<sup>1,4)</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)日本赤十字社 長崎原爆病院 リハビリテーション科  
 3)長崎大学病院 リハビリテーション部  
 4)長崎大学生命医科学域 (保健学系)

#### 【はじめに・目的】

不動状態に曝された骨格筋では、筋膜におけるコラーゲンの過剰増生を契機として線維化が発生し、その伸張性が低下することで関節可動域制限に発展する。一方、末梢神経損傷などによって除神経状態となった骨格筋においても線維化は発生するものの、その伸張性は低下しないとの報告がある。また、末梢神経損傷後は関節可動域制限の発生は少ないといった臨床事象も報告されている。つまり、不動化あるいは除神経のいずれが要因であっても骨格筋には線維化が生じるが、それぞれの線維化が関節可動域制限におよぼす影響は異なっている可能性がある。さらに、不動化と除神経が重複すると線維化が重篤化し、より顕著な関節可動域制限に発展することも予想されるが、この点についてはこれまで明らかになっていない。そこで本研究では、動物実験を通して上記の点を検証した。

#### 【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)両側足関節を最大底屈位で4週間ギブスで不動化する不動群 (n=10), 2)両側の坐骨神経を切断し、後肢骨格筋を除神経状態とする除神経群 (n=9), 3)除神経の後に4週間の不動化を行う除神経+不動群 (n=12), 4)除神経処置の疑似処置を施す疑似処置群 (n=8) に振り分けた。なお、除神経処置を施したすべてのラットに対しては2週間が経過した時点で坐骨神経の再接続が生じていないことを確認した。そして、4週間の実験期間中は1週毎に両側の足関節背屈可動域を測定し、実験期間終了後はヒラメ筋を検索材料に供し、コラーゲン特有の構成アミノ酸であるヒドロキシプロリンを定量した。

#### 【結果】

不動群と除神経+不動群の足関節背屈可動域は1週以降、疑似処置群のそれより有意に低値で、この2群の推移をみると3週まで不動期間の延長に伴って有意な低下を認めた。一方、除神経群の足関節背屈可動域はすべての期間で疑似処置群と有意差を認めなかった。ヒドロキシプロリン含有量は不動群、除神経群、除神経+不動群の3群は疑似処置群よりも有意に高値で、この3群間では除神経群が他の2群よりも有意に高値を示した。

#### 【考察】

今回の結果、関節可動域制限は不動群と除神経+不動群のみ認められ、除神経群では認めなかつた。一方、骨格筋の線維化は不動群、除神経群、除神経+不動群の3群すべてに認められ、その程度は除神経群が最も顕著であった。つまり、関節可動域制限の発生には不動化に起因した線維化が影響をおよぼす可能性が高いと推察される。

#### 【結語】

不動化と除神経では骨格筋に発生する線維化に質の違いがあると推測され、このことが関節可動域制限に影響をおよぼしている可能性が示唆された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は長崎大学動物実験委員会で承認(承認番号: 2401261917)を受けた後、同委員会が定める動物実験指針に準じ、バイオメディカルモデル動物研究センターで実施した。

## O-15-04 口述 15 (構造・機能・情報学3)

### 末梢磁気刺激はマウス閉鎖性横断骨折の治癒を促進する

○劉斌<sup>1)</sup>, 岩山隼平<sup>1)</sup>, 姜函林<sup>1)</sup>, 張逸帆<sup>1)</sup>,  
若山将弘<sup>1)</sup>, 劉芃<sup>1)</sup>, 陳雨欣<sup>1)</sup>, 趙廷睿<sup>1)</sup>, 中原峻<sup>2)</sup>,  
伊藤明良<sup>2)</sup>, 森山英樹<sup>4)</sup>

1)神戸大学大学院保健学研究科

2)京都大学大学院医学研究科

3)京都大学医学研究科・人間健康科学系専攻先端理学療法学講座

4)神戸大学生命・医学系保健学域

**【はじめに・目的】**骨折発生率は、高齢化に伴い指数関数的に増加し、社会的に問題になっている。骨折後には廃用症候群が頻発するために、その予防のために、骨折治療期間を短縮できる治療法の開発が望まれている。しかし、これまでの骨折治療法は、骨のみに焦点が当たられ、骨折周囲環境の治癒は顧みられてこない。実際に、神経や血管などの骨折周囲環境は、骨折治療過程において重要な働きを担う。末梢磁気刺激 (peripheral magnetic stimulation:PMS) の磁場の発生に伴う機械的の刺激により、骨折周囲環境を回復させ、骨折周囲環境と骨の両者に影響を与えることで、骨折治療過程を促進できると考えられる。そこで本研究では、PMSがマウス閉鎖性横断骨折の治癒を促進するか検討した。

**【方法】**合計96匹の12週齢雄性C57BL/6Jマウスを、骨折群、骨折に対するPMS治療群として10 Hz群、50 Hz群、100 Hz群の計4群に各群24匹に分け、介入後1、2、3、4週の各実験期間に6匹ずつ割り当てた。大腿骨骨幹部に閉鎖性横断骨折を作製した翌日から、PMS治療群のマウスに、各周波数で毎日30分介入した。介入期間中、1週毎に疼痛評価としてvon Freyテストを行い、50%疼痛閾値を算出した。実験期間終了後、大腿骨を採取し、μCT撮影を行い、仮骨量と骨折部の三次元構造を定量化した。介入後4週での大腿骨の機械的強度を、3点曲げ試験で評価した。すべての結果は一元配置分散分析とTukey法による多重比較検定を行った。統計学的有意水準は5%とした。

**【結果】** von Freyテストの50%疼痛閾値は、骨折群と比較して、10 Hz群において介入後1・2・4週で有意に高値であり、100 Hz群において介入後4週で有意に高値であった。μCT解析では、介入後1週では、骨折群と比較して、100 Hz群の仮骨量が有意に増加した。介入後2週では、骨折群と比較して、10 Hz群の仮骨量が有意に増加した。また介入後3週では、10 Hz群での仮骨量が、骨折群よりも有意に減少した。介入後4週での仮骨量は、すべての治療群間に有意差はなかった。機械的強度は、他の3群と比較して、10Hz群で介入後4週に最大荷重と骨折エネルギーが有意に高値であった。

**【考察】**本研究結果より、10 Hzと100HzのPMS治療は、骨折に伴う疼痛を抑制できることが示された。また、10HzのPMS治療は、2週後の仮骨量の増加、3週後の仮骨の石灰化促進を生じさせ、骨折治癒を促進する可能性が示された。さらに、10HzのPMS治療は、骨折後の機械的強度の回復を促進することが示唆された。

**【結論】**10 HzのPMSは、仮骨量の増加と仮骨の石灰化を進め、骨折後の機械的強度の回復させることで、骨折治癒を促進でき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からの承認を得た(承認番号:P220805)。

## O-16-01 口述 16 (基礎から臨床への橋渡し研究2)

### 臨床で使用できる静止時の荷重変化による足部剛性のサロゲート指標の開発

○井上茉歩<sup>1)</sup>, 内田茂博<sup>1)</sup>, 小西玲依<sup>1)</sup>, 山際大輝<sup>2)</sup>,  
國木壮大<sup>1)</sup>, 小澤淳也<sup>1)</sup>, 木藤伸宏<sup>1)</sup>

1)広島国際大学 総合リハビリテーション学部リハビリテーション学科

2)国立長寿医療研究センター 予防老年学研究部

#### 【はじめに・目的】

荷重動作での足部剛性低下は足部疼痛症候群、膝関節靭帯損傷と股関節疾患の発症リスク要因である。しかし、歩行立脚期の足部剛性を定量化することは難しいが、将来的に足部剛性を臨床で簡単に計測可能なサロゲート指標を開発する必要がある。本研究は、この難題を解決するために、静止立位で荷重変化による足部形態変化は線形の変化を起こすのか、それとも非線形的変化を起こすのかについて明らかにすること、足部形状変化が最も起こる荷重範囲を明らかにすることを目的とした。

#### 【方法】

対象者は、健常若年者男女各5名(平均年齢: 21.7歳、身長: 1.66 ± 0.10 m、体重: 58 ± 12.9 kg、BMI: 20.84 ± 2.83)とした。計測肢位は、座位(10%荷重位)、立位50%と80%荷重位(立位)とし、三次元足形計測装置INFOOT2(IFU2-S-01、株式会社アイウェアラボラトリー)を用いて3次元足形モデルを作成し、足長(踵後縁から足趾末端)、切頂足長(踵後縁から第一中足指節間節中心)、足背高(足長50%)、前足部幅、踵幅の値を取得した。取得した計測値からArch Height Index(AHI)を算出した。さらに、10から50%荷重(10-50%WB)、50から80%荷重(50-80%WB)、10から80%荷重(10-80%WB)でのAHI、前足部幅、踵幅の変化をFlexibility index(FI)として算出した。INFOOT2の精度・信頼性について、計測環境の試行間再現性を級内相関係数(ICC(1,1))を用いて検討した。AHI、前足部幅、踵幅、そして各項目の荷重増加に伴うFIの比較には、反復測定による分散分析と多重比較を実施した。統計解析にはIBM SPSS ver. 29(日本IBM)を使用し、有意水準は5%とした。

#### 【結果】

足長、切頂足長、足背高、前足部幅、踵幅のICC(1,1)は、0.914~0.999であった。AHI、前足部幅、踵幅の全ての項目に荷重増加に伴う有意な変化、つまりAHIは小さくなり、前足部幅と踵幅は大きくなることが観察された。AHI FI(中央値(最小 - 最大))は10-50%WB 0.113(0.06 - 0.28)、50-80%WB 0.008(-0.03 - 0.05)、10-80%WB 0.066(0.02 - 0.18)であった。前足部幅 FIは10-50%WB 9.87(-2.22 - 24.44)、50-80%WB 2.50(5.23 - 9.6)、10-80%WB 5.66(1.58 - 14.92)であった。踵幅 FIは10-50%WB 4.63(0.42 - 13.13)、50-80%WB 1.3(-4.51 - 6.66)、10-80%WB 3.46(1.21 - 19.04)であった。

#### 【考察】

本研究で用いたINFOOT2による足部形態計測の信頼性は高く、荷重増加によりAHIは小さく、前足部幅と踵幅が大きくなることが確認でき妥当性は示された。AHI、前足部幅、踵幅FIは、10-50%WBで足部形態変化が大きくなることが示された。よって、足部形態、柔軟性の変化は、10-50%WBの荷重範囲で行われ、50%WB以後では変化が少なくなることが明らかとなった。このことから、10-50%WBの足部形態変化やFIを足部剛性のサロゲート指標として使用できる可能性が示唆された。

#### 【結論】

INFOOT2による足部形態計測の信頼性・妥当性が認められた。また、AHI、前足部幅、踵幅FIは、非線形変化を示し、10-50%WBで足部形態変化が大きいことが示された。

#### 【倫理的配慮】

本研究は、ヘルシンキ宣言に則り、対象者に研究内容を十分に説明し、同意を得た上で行った。なお、本研究は、広島国際大学研究倫理委員会(倫23-032)にて承認を得て実施した。

**O-16-02 口述 16(基礎から臨床への橋渡し研究2)**

**足底板フレア・ウェッジが健常成人の歩行における頭部と体幹部の制御に及ぼす影響**

○中森 知希<sup>1)</sup>, 中村 拓未<sup>1)</sup>, 山本 庄真<sup>1)</sup>, 鈴木 優<sup>1)</sup>, 南保 彩佳<sup>2)</sup>, 牧 楓樺<sup>3)</sup>, 井上 佳音<sup>1)</sup>, 中島 菜摘<sup>1)</sup>, 高田 勇<sup>4)</sup>, 富田 昌夫<sup>5)</sup>

1)医療法人鉄友会 宇野病院 リハビリテーション部

2)中部国際医療センター リハビリテーション技術部

3)ヴィスト株式会社 ヴィストカレッジ

4)金沢大学附属病院 リハビリテーション部

5)びわこリハビリテーション専門職大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

**【はじめに・目的】**

足底板のフレア・ウェッジは身体のアライメント修正を目的に多く使用されている。我々も臨床現場でフレア・ウェッジを装着し、歩行時の頭部や体幹部の立ち直りを誘導する目的で利用している。フレア・ウェッジは治療中に簡便に作成及び修正が可能であり、治療との相乗効果をその場で引き出せると考えている。しかし我々が調査した限り、フレア・ウェッジが歩行時の頭部や体幹部の制御に及ぼす影響に関する先行研究は渉猟し得なかったため、本研究で検討することとした。

**【方法】**

健常者10名 ( $24 \pm 5$ 歳) を対象に、頭頂 (Head), 第4胸椎棘突起 (T4), 第3腰椎棘突起 (L3), 左右外果 (LM) にマーカーを貼付し、動作解析装置 (OptiTrack:Trio,120fps) を用いて快適速度のトレッドミル (AUTORUNNER) 歩行を計測した。計測はフレア・ウェッジを装着する前 (Pre), 装着した直後 (Post1), 装着下での学習後 (Post2) の順に行った。フレア・ウェッジは各対象の姿勢や基本動作、普段の靴の分析を行った上で、対象毎に作製した。Post2の計測前は、フレア・ウェッジの目的・効果を生かすよう、対象者に合わせて足底の内側荷重と身体正中軸の修正を促し、姿勢の新たなアライメントとその制御の学習を図るとともに、5分間の平地歩行を実施した。データは各試行30歩行周期の左右方向を解析し、各体節の左右動揺及び歩隔の平均値(mm)と変動係数(CV)を算出した。統計解析にはJASP v.0.16.1 (Univ. of Amsterdam, Netherlands) を用いて、反復測定分散分析を行い、事後検定として多重比較を行った(有意水準5%未満)。

**【結果】**

左右動揺の平均値はHead, T4, L3いずれもPre→Post1→Post2の順に減少し、Post2がPreより有意に低値を示した (Head 41.4→33.0, p<0.01/T4 49.0→42.7, p=0.04/L3 37.4→31.3, p=0.04/Pre→Post2, P値の順に記載)。またL3では、Post2がPost1より有意に低値を示した (36.6→31.3, p=0.02/Post1→Post2, P値の順に記載)。CVは、T4のみPost2がPost1より有意に高値を示した (19.2→22.3, p=0.02/Post1→Post2, P値の順に記載)。歩隔の平均値とCVは有意差がなかったが、平均値は順に減少する傾向であった。

**【考察】**

左右動揺がPre→Post1→Post2の順に減少し、中でもPost2がPreより有意に低値を示したこと、フレア・ウェッジの装着及びその後の学習が身体動揺を狭小化させたと考えられる。また、L3の平均値ではPost2がPost1より有意に低値を示したこと、T4のCVではPost2がPost1より有意に高値を示したことから、フレア・ウェッジの装着のみよりも学習が体幹部の制御に影響を及ぼす可能性が示唆された。特にT4の結果は、左右動揺が小さい中で変動性のある制御であったことを示しており、フレア・ウェッジ装着下の学習が胸郭部の調節的な制御を誘導した可能性があると考えられる。

**【結語】**

フレア・ウェッジが歩行時の頭部や体幹部の制御に影響を与える可能性に加え、治療介入の一手段として、簡便に作成及び修正可能なフレア・ウェッジを利用した学習が身体動揺をより狭小化し、立ち直りの誘導に結びつくと推察される。

**【倫理的配慮・説明と同意】**

当院倫理審査委員会の承認 (UE202101) の下、対象に書面と口頭で説明し同意を得た。

**O-16-03 口述 16(基礎から臨床への橋渡し研究2)**

**神経成長因子はヒト遅発性筋痛にも関与する**

○肥田 朋子<sup>1,2)</sup>, Georgios Mavropalios<sup>2,3)</sup>, 水村 和枝<sup>4)</sup>, 片野坂 公明<sup>5)</sup>, 野坂 和則<sup>2)</sup>

1)名古屋学院大学 リハビリテーション学部 理学療法学科

2)Edith Cowan University School of Medical and Health Sciences

3)Murdoch University Discipline of Exercise Science

4)日本大学 歯学部 生理学講座

5)中部大学 生命健康科学部 生命医科学科

**【はじめに・目的】**遠心性収縮運動は、筋力トレーニング方法の一つとして有用であるものの遅発性筋痛 (DOMS) が生じやすい。しかし遠心性収縮運動を2週から数か月後に繰り返した時にはDOMSは生じない「繰り返し効果 (RBE)」が認められる。ただ、継続的な筋力トレーニングを行うためには、可能な限りDOMSが生じない工夫が必要である。動物実験ではDOMSの原因に神経成長因子 (NGF) やグリア由来神経栄養因子 (GDNF) の関与が明らかにされているが、ヒトにおいては明らかにされていない。ヒトでも同様のメカニズムが生じているのであれば、動物を用いた様々な研究を参考にしていくことが可能である。そこで、今回はヒトDOMSにNGFやGDNFが関与しているかを明らかにすることを目的として実験を計画した。**【方法】**健常成人男女7名が50回/分で逆回転する自転車エルゴメーターによる片(右)側遠心性収縮運動を2週間の間隔を開けて2回行った (ECC1, ECC2)。運動強度は最大求心性収縮筋力の80%とし、50回転を1セットとし1分間の休憩をはさみ10セット実施した。運動前、24時間後、48時間後に外側広筋、大腿直筋の圧痛強度 (VAS) ならびにスクワット時のVASを測定し、VAS変化量は運動後の最大VAS値から運動前VAS値を減じて算出した。また運動前と48時間後に等尺性ならびに等速性膝伸展筋力 (MVC) を測定し、48時間後のMVCから運動前のMVCに対する割合を算出した。さらに、ECC1前に非運動側の、ECC1とECC2の24時間後には運動側の外側広筋からバイオプシー針を用いて筋を約30 mg採取し、NGF, GDNF、およびシクロオキシゲナーゼ2 (COX-2) のmRNA量をRT-PCR法で測定し、内部標準で標準化して比較した。統計には対応のあるt検定とDunn検定を用いた。**【結果】**ECC1後の3種類のVASは30~60 mm、ECC2後は5~28 mmであり、2群間の変化量に有意差を認め ( $p<0.05$ )、RBEが確認された。ECC1の等尺性MVCは運動前77 Nm、48時間後59 Nmだったのに対し、ECC2のそれらは75 Nm、73 Nmであり、2群間の変化率に有意差を認めた ( $p<0.05$ )。ECC1後のNGF mRNA値はECC1前とECC2後と有意差を認めた ( $p<0.05$ ) が、GDNFおよびCOX-2 mRNA値には差を認めなかった。**【結語】**これらの結果は、NGFの増加がヒトにおけるDOMSの発達にも関与していることを示唆している。

**【倫理的配慮・説明と同意】**所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:19767)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## O-16-04 口述 16(基礎から臨床への橋渡し研究2)

### 不動によって発生・進行した筋萎縮、筋性拘縮、筋痛に対する筋収縮運動の効果

○三宅 純平<sup>1,2)</sup>, 高橋 あゆみ<sup>2,3)</sup>, 本田 祐一郎<sup>2,3)</sup>,  
沖田 星馬<sup>1,2)</sup>, 石木 雄大<sup>2,3)</sup>, 濱口 千晶<sup>2,3)</sup>, 近藤 康隆<sup>1)</sup>,  
吉田 佳弘<sup>1)</sup>, 沖田 実<sup>2,3)</sup>

1)日本赤十字社長崎原爆病院リハビリテーション科  
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】

急性期医療において患部の安静や治癒促進のために医学的処置として不動が施されるが、その弊害として筋萎縮や筋性拘縮、筋痛といった骨格筋病変が発生することが知られている。そして、実際の臨床ではこのような病変が進行した段階から介入を開始せざるを得ない場合が多く、その治療成績は不良であることから、効果的な介入戦略の開発が急務となっている。一方、われわれはこれまで不動によって惹起される筋萎縮や筋性拘縮、筋痛の発生メカニズムに類似性があることを突き止め、その共通かつ重要事象が筋核のアボトーシスを発端としたマクロファージの集積であることを明らかにした。つまり、このメカニズムを基盤に考えると筋収縮運動は有効な介入戦略と考えられ、本研究ではラットの実験モデルも用いてこの点を検証した。

#### 【方法】

実験動物にはWistar系雄性ラットを用い、無処置の対照群、両側足関節を最大底屈位で4週間ギブスで不動化する不動群、4週間の不動の過程で不動2週後より骨格筋電気刺激による筋収縮運動を負荷する筋収縮群を設けた。なお、骨格筋電気刺激の条件として刺激周波数は50Hz、刺激強度は4.7mA、刺激サイクルは2秒通電、2秒休止の1:1サイクルに設定し、1回あたりの実施時間は15分間とし、6回/週の頻度で延べ2週間、骨格筋電気刺激による筋収縮運動を負荷した。実験期間中は各週で足関節背屈可動域と腓腹筋外側頭の筋圧痛閾値を測定し、実験期間終了後は両側の腓腹筋外側頭を採取した。そして、右側試料は浅層部と深層部に分け、筋線維タイプ別に横断面積の計測に供し、左側試料はヒドロキシプロリンおよび神経成長因子(NGF)の含有量の定量に供した。

#### 【結果】

浅層部と深層部における筋線維横断面積はいずれのタイプとも不動群、筋収縮群が対照群より有意に低値を示したが、浅層部のタイプIIb線維に関しては筋収縮群が不動群より有意に高値を示した。また、足関節背屈可動域と筋圧痛閾値は各実験期間で不動群と筋収縮群が対照群より有意に低値を示したが、いずれも不動3週以降で筋収縮群が不動群より有意に高値を示した。さらに、ヒドロキシプロリンおよびNFGの含有量は不動群、筋収縮群が対照群より有意に高値を示したが、いずれも筋収縮群が不動群より有意に低値を示した。

#### 【考察】

今回の結果は、浅層部を構成するタイプIIb線維の筋線維萎縮や線維化に伴う筋性拘縮、NFGの発現に伴う筋痛の進行を筋収縮運動の負荷によって抑制できることを示唆している。

#### 【結語】

筋収縮運動は不動によって発生・進行した筋萎縮や筋性拘縮、筋痛に対してもこれらの進行を抑制する効果があるといえる。

#### 【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)を受けた後、同委員会が定める動物実験指針に準じ、長崎大学大学院医歯薬学総合研究科バイオメディカルモデル動物研究センターで実施した。

## O-17-01 口述 17(構造・機能・情報学4)

### 経時的变化に着目した変形性関節症に対する運動療法の効果

○岡 優一郎<sup>1,2)</sup>, 峯岸 雄基<sup>3)</sup>, 島田 直宜<sup>2)</sup>, 村田 健児<sup>4)</sup>,  
前島 洋<sup>1)</sup>, 金村 尚彦<sup>4)</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 理学療法学専攻

2)埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科

3)日本医療科学大学 保健医療学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

4)埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

#### 【はじめに・目的】

変形性膝関節症(膝OA)に対する保存療法として運動療法が広く採用されているが、運動療法の有する効果については不明な点が多く残されている。これに対し実験動物を用いた基礎的研究において運動療法の効果検証が行われており、我々はこれまでトレッドミルによる運動療法が関節軟骨を保護する一要因としてマクロファージ(Mφ)の機能が関与することを報告した。一般的にMφは炎症型と抗炎症型に分類され、相互に影響することで炎症状態が調節されると理解されている。Mφが与える影響を証明するためには、まず運動療法によるMφの変化に関して、経時的に検証することが有効であると考えた。

そこで本研究では膝OAモデルマウスに対する運動療法がMφの動態変化に及ぼす影響について、特に時空間的分布に着目し介入を行なった。

【方法】12週齢のICR系雄性マウス50匹を対象とした。5匹のマウスは対照群とし、45匹のマウスに対し前十字靭帯切断術を行い、膝OAモデルを作成した。術後6週時点での膝OAモデルマウスとして組織を採取(n=5)し、残り40匹のマウスを運動群と非運動群に分け、運動介入から3,7,14,28日後の膝関節を採取した(n=5)。組織学的解析としてSafranin-O Fast Green染色、HE染色を実施し、関節軟骨並びに滑膜の構造的変化を評価し、MφマーカーであるCD68、CD86、CD206抗体を用いて免疫組織学染色を実施し、Mφ動態を検証した。統計処理は、各時点における変化についてStudent t-testを実施した。

【結果】手術後6週時点での変化として、先行研究と同様の軟骨変性を確認した。また、Mφの変化として、対照群よりもM1φ陽性細胞が有意に増加していることを確認した。次に、運動による軟骨保護効果を経時的に検証した結果、運動から14,28日後で軟骨損傷の程度を表すOARSIスコアにおいて非運動群との差が確認され、同様に運動開始後14,28日時点で滑膜炎が抑制されていた。Mφの動態に関しては軟骨損傷度や滑膜炎スコアに差が生じた前の段階である、運動から7日後においてM2φが増加していることを確認し、非運動群と比較してM1/M2比が有意に減少した。

【考察】本研究では、膝OAモデルマウスに対する運動療法の効果として、軟骨変性や滑膜炎といった構造的変化が生じる前段階からMφの動態変化が生じていることが明らかとなった。運動の効果としてMφの機能が重要視される基礎的データである。

【結語】運動による軟骨保護メカニズムの一端にMφが関与しうる。

【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(承認番号:2022-17)を承認を得て実施した。

## O-17-02 口述 17 (構造・機能・情報学4)

神経障害性疼痛モデルラットによる情動行動および扁桃体抑制性ニューロンの変化と、自走運動の介入効果検証

○浦川 将、桑村 大樹

広島大学大学院医系科学研究科運動器機能医学科

**【はじめに・目的】** 疼痛は、我々理学療法が治療対象とすることが多いが、長期にわたって持続することで不安やうつといった情動面にも変化をもたらし、治療の障壁となりうる。我々は、慢性的な疼痛がもたらす神經生物学的機序の一端として、扁桃体や海馬などの脳の情動関連領域において抑制性ニューロンの一種であるパルブアルブミン陽性(PV)ニューロンの変化を報告してきた。難治性の慢性疼痛に対し、集団運動や水泳などの運動療法による治療効果が報告されているが、運動療法によって回復が得られる神經メカニズムについては、まだ不明なことが多い。本研究では、ラット坐骨神経一部結紉(PSL)を使用し、輪車による自走運動の介入で、侵害刺激による逃避反応閾値の変化と情動行動の変化、さらに扁桃体PVニューロンの変化がどのように関連しているか検証した。

**【方法】** 雄のWistarラット8週齢を麻酔下にて観血的にPSLを実施した。自走運動の介入は、活動期である暗期のみ輪車を入れたケージで飼育することで走行を誘導した。手術も介入も実施しないSham群、PSLのみ実施するPSL-Sed群、術後3日後から自走運動を開始するPSL-E (early) Ex群と術後4週間後から自走運動を開始するPSL-L (late) Ex群に各6匹ずつ分けた。痛みの評価は、機械刺激とアセトンによる冷刺激への逃避反応閾値を実施し、情動行動の変化としてオープンフィールドテストと高架式十字迷路試験を実施した。術後8週間の時点でラットを灌流固定し免疫組織化学染色を実施した。

**【結果】** 自走運動介入は、早期からのPSL-EEx群で逃避反応閾値そのものが回復する効果が見られた。そこで、痛みが慢性化し情動行動の変化が確認できる術後4週間後から遅れて運動介入を開始するPSL-LEx群と比較したところ、逃避反応閾値の回復がみられ、一旦発現した不安様行動も回復することがわかった。扁桃体のPVニューロン数はPSLによって減少するが、運動介入によってSham群程度まで回復した。情動行動の変化と扁桃体PVニューロン数の変化は有意に相関した。

**【考察】** これらのことから、慢性疼痛によって引き起こされる情動行動の変化は運動介入によって回復することが示され、扁桃体のPVニューロン数の減少による扁桃体の過活動が緩和されてもたらされることが示唆された。

**【結語】** 慢性疼痛の情動行動の変化は運動介入によって回復するが、扁桃体抑制性ニューロンの可塑性が関わっていることが示唆された。

**【倫理的配慮・説明と同意】** 動物実験は、所属施設における動物実験倫理委員会の承認を得て実施した。

## O-17-03 口述 17 (構造・機能・情報学4)

高脂肪食摂取抑うつモデルマウスに対するs-Siglec-9投与と運動介入併用の効果

○塙田 晋太朗<sup>1,2)</sup>、松原 弘記<sup>2)</sup>、石田 和人<sup>2,3)</sup>、  
綿瀬 真之介<sup>2,3)</sup>、山本 朗仁<sup>4)</sup>、植木 美乃<sup>2)</sup>

1) 豊橋創造大学 保健医療学部 理学療法学科

2) 名古屋市立大学大学院 医学研究科 リハビリテーション医学

3) 名古屋女子大学 医療科学部 理学療法学科

4) 德島大学大学院 医歯薬学研究部 組織再生制御学分野

### 【はじめに・目的】

肥満や糖尿病患者ではうつ病を合併する頻度が高く、代謝異常との関連性が注目されている。その病態として、代謝異常に伴い末梢で惹起された炎症性メディエーターが中枢神経系に波及し、脳内ミクログリアの活性化を介して脳内炎症が惹起され神経の可塑的变化を引き起こすことが原因であるといわれている。これまでに我々は、分泌型シアル酸認識イムノグロブリン様レクチン-9(以下、s-Siglec-9)が、抗炎症・組織再生誘導M2型マクロファージを効率的に誘導することで急性期の脊髄損傷や末梢神経損傷、急性肝不全後などの多様な疾患に対して治療効果があることを報告してきた。また、運動療法は抑うつ様効果があることも多く報告されている。本研究は、マウスへの継続的な高脂肪食(以下、HFD)の摂取によって生じる抑うつ様行動に対し、s-Siglec-9の静脈内投与ならびに自発的な運動介入により、抑うつ様行動の改善効果とその治療メカニズムを検討することを目的とした。

### 【方法】

C57BL/6マウス(雄性8週齢)を用い、通常食を自由摂取させるCTR群、高脂肪食を自由摂取させるHFD群、高脂肪食を与えs-Siglec-9を投与するSiglec群、運動介入を行うEx群、s-Siglec-9投与と運動介入を行うSiglec+Ex群の5群に分類した。CTR群は8週間通常食を摂取させ、その他の4群については、8週間のうち前半の4週はHFD摂取のみ、その後の4週はHFD摂取を継続しながら各介入を実施した。体重と摂取カロリーは1週間ごとに記録し、介入開始および終了時に行動評価を行った。うつ行動の評価には、オープンフィールドテスト、尾懸垂テスト、強制水泳テスト、スクロース嗜好性テストを用いた。また、介入終了時に脳組織を採取し、免疫組織学的評価により各群における脳内ミクログリア活性を比較検討した。統計処理は介入開始および終了時に群間比較を行い、有意水準は5%とした。

### 【結果】

HFDを摂取した4群において、HFD摂取後4週で有意な体重増加と抑うつ様行動を認めた。また、介入開始後4週(HFD摂取8週)では、HFD群と比較しSiglec群およびSiglec+Ex群で有意な体重減少を認めた。なお、HFDを摂取した4群における摂取カロリーに有意差は認めなかった。行動評価ではSiglec群、Ex群、Siglec+Ex群で抑うつ様行動の改善を認め、特にSiglec+Ex群においてその効果が大きかった。免疫組織学的評価では、HFD群と比較し各介入群において脳内ミクログリア活性の抑制が認められた。

### 【考察】

s-Siglec-9の投与により脳内ミクログリアの活性化制御を介して脳内炎症が抑制されることで、体重減少と抑うつ様行動の改善をもたらすことが示唆された。また、運動介入を併用することで相乗効果としてさらに有効性が高まることが確認された。

### 【結語】

s-Siglec-9の投与と運動介入の併用は、HFD摂取後に生じる体重増加と抑うつ様行動に対して有効である。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究の実施は名古屋市立大学動物実験委員会(承認番号:医動23-031)の承認を得て実施した。

## O-17-04 口述 17(構造・機能・情報学4)

### 腹部超音波刺激による老化モデルマウスの認知機能低下に対する予防効果の検証

○姜 函林<sup>1)</sup>, 劉 芮<sup>1)</sup>, 趙 廷睿<sup>1)</sup>, 何 春曉<sup>1)</sup>, 畠山 隼平<sup>1)</sup>, 劉 洋<sup>1)</sup>, 鄧 雪嬌<sup>1)</sup>, 陳 雨欣<sup>1)</sup>, 艾 婉琳<sup>1)</sup>, 張 逸帆<sup>1)</sup>, 若山 将弘<sup>1)</sup>, 横井 謙<sup>1)</sup>, 蘇 展<sup>1)</sup>, 張 珂<sup>1)</sup>, 森山 英樹<sup>2)</sup>

1)神戸大学大学院保健学研究科

2)神戸大学生命・医学系保健学域

#### 【目的】

超高齢社会に突入した日本では、加齢に伴う認知機能低下が重大な問題になっている。運動が認知機能に好ましい影響を与えることは知られているが、高齢者においては誰しも十分な効果を得られるだけの運動ができない。最近の研究で、運動が腸を介して脳に好ましい影響を与えることが示唆されているが、腸への物理的刺激が直接に認知機能を改善できるか、その機序を含めて分かっていない。これを見ることができれば、加齢に伴う認知機能低下の治療戦略の新機軸を打ち出すことができる。本研究の目的は、認知機能が低下する老化促進マウスを対象に、認知機能、神経細胞数、脳内アミロイドβタンパク質レベルを指標として、腹部への超音波刺激が認知機能低下を予防できるか明らかにすることである。

#### 【方法】

6ヶ月齢の雄性SAMP8マウスを老化群と超音波刺激群に12匹ずつ無作為に分け、同月齢のSAMR1マウスを健常群とした。超音波治療は、周波数1MHz、強度1.0W/cm<sup>2</sup>で毎日30分間、1ヶ月間行った。認知機能の評価には、新規物体認識テスト(NORテスト)とモリス水迷路テスト(MWMテスト)を用いた。認知機能評価後、マウスを安樂死させ、脳を摘出し、海馬と大脳皮質に分けた。その後、Nissl染色で神経細胞数を計測し、免疫組織化学染色でアミロイドβタンパク質の陽性面積を評価した。統計解析には一元配置分散分析(ANOVA)を用い、TukeyのHSD法による多重比較検定を行った。

#### 【結果】

老化群は健常群と比較して、NORテストとMWMテストの成績が低下していた( $P < 0.01$ )。一方、超音波刺激群では、老化群と比較して成績に有意差がなかった。海馬CA1領域の神経細胞数は、老化群で健常群と比較して有意に少なかったが( $P < 0.01$ )、超音波刺激群では老化群との差は認められなかった。大脳皮質の神経細胞数は、老化群は健常群と比較して有意に少なく( $P < 0.01$ )、超音波刺激群では老化群と比較して有意に多いことが確認された( $P < 0.01$ )。アミロイドβタンパク質の蓄積は、海馬CA1領域では群間に有意差は認められなかったが、大脳皮質では老化群が健常群と比較してアミロイドβタンパク質の陽性面積が有意に大きく( $P < 0.01$ )、超音波刺激群では老化群と比較して有意に小さかった( $P < 0.01$ )。

**【考察】**超音波刺激により、認知機能と海馬CA1領域の神経細胞数は改善しなかった一方で、大脳皮質の神経細胞数とアミロイドβタンパク質の蓄積は改善した。神経細胞数とアミロイドβタンパク質は、マウスの認知機能の低下を反映する神経病理学的变化である。しかし、認知機能は改善しなかったことから、神経病理学的な改善が機能の改善までつながっていない可能性がある。

#### 【結語】

腹部への超音波刺激は、脳内の神経病理学的状態を改善する可能性が示され、加齢に伴う認知機能低下の治療戦略として有望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、神戸大学動物実験委員会の承認を得て実施した(承認番号:P211105)。

## O-18-01 口述 18(生体評価学2)

### 歩行調整能力の評価に向けたバーチャルリアリティ環境の構築：実環境における歩行特性の再現

○脇 遼太朗<sup>1,2)</sup>, 山田 実<sup>3)</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)中川の郷療育センター/リハビリテーション課

3)筑波大学人間系

#### 【はじめに・目的】

人が安全に歩行するためには、環境の変化に対し歩行パターンを柔軟に調整する必要がある。近年、環境に応じた歩行調整能力の評価方法としてバーチャルリアリティ(VR)技術の利用が期待されている。本研究室では、歩行路に等間隔で配置された3色の四角形から、指定された1色のみ踏み続けるMulti-Target Stepping Test (MTS課題, Yamada et al., 2011) をVR環境下で再現した課題を開発した。MTS課題にVR技術を用いれば、課題中に少し先の四角形の色や位置を操作することが可能であるため、どの程度先の変化に対し歩行を調整できるかを評価できる。本研究では、MTS課題を実環境とVR環境で実施し、MTS課題の評価として重要な「ターゲットに正確にステップを行う」、「指定された色により歩行を調整する」という特性がVR環境下にて再現できているかについて検証した。

#### 【方法】

健常若齢者15名( $27.73 \pm 4.13$ 歳)を対象とし、実環境とVR環境にてMTS課題をそれぞれ15試行実施した。測定指標はターゲット踏み外し、課題遂行時間、歩数、頭部屈曲角度とした。VR環境下のステップ精度を明らかにするため、ターゲット踏み外しを実験環境の2群間で比較検証した。また、指定された色による歩行調整がVR環境下でも同様に見られるかを明らかにするため、課題遂行時間、歩数、頭部屈曲角度を2要因(実験環境、ターゲットの色)の分散分析にて検証した。

#### 【結果】

2群間の比較の結果、ターゲット踏み外しは2群間で有意差は見られず、どちらも非常に少ない値であった。分散分析の結果、課題遂行時間、歩数、頭部屈曲角度にターゲットの主効果、課題遂行時間と頭部屈曲角度には実験環境の主効果が見られた。すべての測定指標で交互作用はみられなかった。

#### 【考察】

実験環境による比較検証の結果、ターゲット踏み外し頻度や、ターゲットの配置に応じた歩行調整は、実環境と同様の傾向を示した。このことから、本研究で構築したVRシステムは実環境のMTS課題の評価として重要な特性を概ね再現できていることが確認できた。一方で、VR環境ではやや下向きに課題を遂行し、課題遂行に時間がかかるなど、環境特有の歩行特性が見られることも明らかになった。

#### 【結語】

環境に応じた歩行調整能力の評価方法としてVR技術を利用する際には、実環境下の歩行特性がVR環境下にて再現できているかについて検証する必要性が示唆された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は、東京都立大学研究倫理委員会(承認番号:H4-134)の承認を得て実施した。参加者には研究の趣旨や個人情報の管理について説明し、同意を得て実施した。

## O-18-02 口述 18 (生体評価学2)

### 運動学情報から複数の力学的負荷を同時に推定するモデルの構築と精度検証

○井原 拓哉<sup>1)</sup>, 藤田 浩二<sup>2)</sup>, 脇 智彦<sup>3)</sup>, 塚本 和也<sup>3)</sup>, 黒岩 智之<sup>3)</sup>, 二村 昭元<sup>1)</sup>, 秋田 恵一<sup>4)</sup>

1)東京科学大学 運動器機能形態学講座

2)東京科学大学 医療デザイン室

3)東京科学大学 整形外科学

4)東京科学大学 臨床解剖学

#### 【はじめに、目的】

変形性関節症患者においては、外部膝関節内転モーメントや股関節累積負荷などの力学的負荷指標が疾患進行の予測因子として挙げられている。これらは、治療アウトカムの一つとして定量される必要があるが、現場で簡便に確認できる方法は存在しない。近年、機械学習を用いてこれらの指標を推定する試みはあるが、単一指標の出力を想定している。現場での運用を鑑みると複数の関連指標を同時に出力し、統合的に解釈することが望ましいと考えられる。そこで本研究は、スマートフォンで得られる姿勢情報から複数の力学的指標を同時に出力することを想定し、予備的検討としてモーションキャプチャの運動学情報のみから、複数の力学的負荷指標を推定するモデルの性能評価を目的に行った。

#### 【方法】

モデル構築には、平地歩行動作の動作解析を行った公開済データセット (Kobayashi, 2019) を用いた。光学式動作解析システムにて計測、解析されたデータから、健常者300名の平地歩行動作中の計3000立脚期を抽出し、両上前腸骨棘、両膝、両足関節、C7棘突起マーカ座標の時系列データを抽出した。また、アウトカムの真値として外部膝関節内転モーメントの第1ピーク値 (KAMpeak)、KAMの積分値 (KAMimp)、外部膝関節屈曲モーメントのピーク値 (KFMpeak) を算出した。この3つのアウトカムを、それぞれ独立して出力する個別の機械学習モデル（以下、個別モデル）、および同時に出力する機械学習モデル（以下、同時モデル）を構築した。全てのモデルは全結合層のみで構成された同一の構造とし、出力変数の個数のみを変更した。性能評価には、各アウトカムの真値に対する推定値の相関係数r、近似直線の傾きα、正規化二乗平均平方根誤差nRMSEを算出した。相関の有意性の検討にはp値を用い、有意水準は5%とした。

#### 【結果】

各アウトカムの推定性能は、

個別モデルで KAMpeak : r = 0.72, α = 0.53, nRMSE = 16.0 %, KAMimp : r = 0.68, α = 0.46, nRMSE = 20.7 %, KFMpeak : r = 0.56, α = 0.43, nRMSE = 21.8 %,

同時モデルで KAMpeak : r = 0.65, α = 0.567, nRMSE = 15.9 %, KAMimp : r = 0.52, α = 0.37, nRMSE = 21.2 %, KFMpeak : r = 0.63, α = 0.36, nRMSE = 12.7 % であった。全てのモデルで p < 0.05 であった。

#### 【結論】

本研究の結果、同時モデルでは、個別モデルと比較して軽微な優劣はあるものの、著しく劣った結果は認めなかった。これは、各アウトカム推定のために必要な要素を含んだ入力であれば、単一モデルで対応可能であり、アウトカム変数が増加しても余分な計算リソースが要求されない可能性が示唆された。ただし、本研究で構築したモデルの精度は十分とは言えず、今後性能向上に努める必要があると考えられた。

#### 【結語】

複数の力学的負荷指標は単一モデルでも性能が劣ることなく推定できる可能性がある。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は一般公開済データセットを用いており、公開元にて倫理審査委員会の承認が取得され、被験者には書面にて同意を取得済みであるため、新たな倫理審査の実施は不要である。

## O-18-03 口述 18 (生体評価学2)

### 長内転筋の形態特性と筋伸張時の力学的ストレスの関係性

○関口 慶大<sup>1)</sup>, 中尾 学人<sup>1)</sup>, 山形 一真<sup>2)</sup>, 足立 梨沙<sup>1)</sup>, 石山 輝希<sup>1)</sup>, 小澤 和祥<sup>1)</sup>, 奈良 銀二<sup>1)</sup>, 谷口 圭吾<sup>3)</sup>

1)札幌医科大学大学院 保健医療学研究科

2)社会医療法人朋仁会 整形外科北新病院 リハビリテーション科

3)札幌医科大学 保健医療学部 理学療法学第一講座

【はじめに・目的】サッカー選手の鼠径部痛の主因である長内転筋損傷は、キック動作時の股関節伸展角度が最大となるパックスイング期に生じ、筋伸張に伴う力学的ストレス増大が筋損傷の要因となる可能性がある。超音波せん断波エラストグラフィ（以下、SWE）による弾性計測によって、筋伸張時の力学的ストレスを非侵襲的に推定評価することが可能である。Thiel法固定献体の長内転筋において、解剖学的筋横断面積および筋重量と筋伸張に伴う弾性増加に負の相関があると示されているものの、ヒト生体における長内転筋の形態特性と股関節運動による筋伸張時の弾性変化との関係性は未だ不明である。そこで本研究は、SWEを用いて、長内転筋の横断面積（以下、CSA）と筋伸張時の弾性変化の関連を明らかにすることを目的とした。【方法】対象者は健常成人男性28名とし、被験筋は右脚の長内転筋とした。測定箇所は恥骨結合と内転筋結節を結ぶ線の近位30%とした。SWE機能搭載の超音波画像診断装置を用いてCSAおよび筋縫断面の弾性率を測定した。CSA測定は、背臥位で股関節屈曲伸展および内外転0°位（以下、中間位）にて実施した。弾性計測は、CSA測定と同肢位である中間位と股関節伸展20°・外転40°位（以下、伸張位）の2肢位で実施した。また、肢位間の弾性変化量を中間位弾性率で除し、弾性増加率を算出した。統計処理は各データの正規性を確認し、弾性率とCSAの関連を検討するため、正規分布に従う場合にはPearsonの積率相関係数を、従わない場合にはSpearmanの順位相関係数を用いた。有意水準は5%とした。【結果】CSAと中間位弾性率 ( $r = -0.074, p = 0.580$ )、伸張位弾性率 ( $r = 0.032, p = 0.872$ )、弾性増加率 ( $r = 0.063, p = 0.635$ ) の間に有意な相関は認められなかった。【考察】弾性率とCSAの有意な相関が認められた先行研究は献体を対象とし、標的筋のみに一定の機械的負荷を加えて筋を伸張させている。一方、本実験はヒト生体を対象とし、関節角度を操作して内転筋群を伸張させていること、伸張に伴う弾性変化には表層皮膚や靭帯組織、関節包、股関節周囲筋など隣接組織の影響を含むことが、先行研究と異なる筋弾性と断面積の関係性をもたらした可能性がある。【結語】長内転筋のCSAと筋伸張時の弾性率および弾性増加率との間に相関関係は認められなかったことから、股関節運動に伴う長内転筋の伸張ストレス増加は筋の形態特性に依存しないことが示唆された。【倫理的配慮・説明と同意】所属施設における倫理審査会の審査を受け実施した（承認番号：30-2-26）。研究協力者には事前に口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、同意を得て実施した。

## O-18-04 口述 18 (生体評価学2)

### 立脚期の床反力垂直成分コンポーネントと股関節屈曲・伸展モーメントインパルスの関係

○稻井 卓真<sup>1)</sup>, 高林 知也<sup>2)</sup>

1)産業技術総合研究所 運動生理学・バイオメカニクス研究グループ

2)新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

#### 【はじめに, 目的】

変形性股関節症は、関節への過負荷等により進行する整形疾患である。進行によって股関節痛、関節可動域・筋力の低下が生じることから、この疾患の進行を抑えることは重要である。先行研究 (Tateuchi et al., 2017) は、立脚期の股関節屈曲・伸展モーメントのインパルスの減少により股関節累積負荷（矢状面）も減少し、変形性股関節症の進行が遅延する可能性を示した。日常歩行中の股関節モーメントを正確に計算することは機器等の理由により困難だが、スマートインソールを用いることで関節モーメントを計算するために必要な床反力垂直成分の計測は可能である。床反力垂直成分（ピークやインパルス）と股関節屈曲・伸展モーメントインパルスの関係についての知見は、日常歩行から股関節屈曲・伸展モーメントインパルスを推定するモデル構築の際に役立つ可能性がある。そこで、本研究の目的は、立脚期の床反力垂直成分と股関節屈曲・伸展モーメントインパルスの関係を明らかにすることである。

#### 【方法】

本研究の分析のために、パブリックデータ (Lencioni et al., 2019) を使用した。モーションキャプチャシステムと床反力計を用いて得られた、健常成人29名の歩行データ（快適速度）を分析対象とした。床反力垂直成分については、立脚期前半の1stピーク (N/kg), 立脚期後半の2ndピーク (N/kg), インパルス (Ns/kg) の3つの変数を計算した。また、股関節屈曲・伸展モーメントの波形を時間積分することでモーメントのインパルス (Nm/kg) も計算した。統計処理として、ピアソンの相関分析を用いて、床反力垂直成分の各変数(3つ)と、股関節屈曲・伸展モーメントインパルスの相関係数を計算した。有意水準は5%とした。

#### 【結果】

股関節外転モーメントインパルスと、床反力垂直成分の1stピーク・2ndピーク・インパルスの相関係数は、それぞれ0.52, -0.05, -0.32であった（それぞれp = 0.004, 0.778, 0.093）。

#### 【考察】

本研究の新たな知見は、股関節屈曲・伸展モーメントインパルスと床反力垂直成分1stピークに正の相関があったことである。日常歩行中の股関節屈曲・伸展モーメントインパルスを定量化するために、日常歩行で使用可能なスマートインソールから得られる情報と股関節屈曲・伸展モーメントインパルスの関連を検討することは重要だと考える。これらの知見は、推定モデルを将来構築する際に重要な基礎的知見になる可能性がある。

#### 【結語】

股関節屈曲・伸展モーメントインパルスと床反力垂直成分1stピークの間に正の相関がある可能性が示された。

#### 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究で使用したデータは、方法に示したようにパブリックデータである。そのため、追加実験等は一切実施されていない。

## O-19-01 口述 19 (神経生理学6)

### 頸部筋振動により逸脱した歩行軌道に対する体性感覺情報付加の効果

○豊田 裕大<sup>1,2)</sup>, 岩本 義隆<sup>3)</sup>, 石井 陽介<sup>1)</sup>, 小野 伊風生<sup>1)</sup>, 宮原 敏郎<sup>1)</sup>, 三次 史也<sup>4)</sup>, 高橋 真<sup>1)</sup>

1)広島大学大学院医系科学研究科

2)福岡リハビリテーション病院リハビリテーション部

3)広島大学病院診療支援部リハビリテーション部門

4)中国労災病院中央リハビリテーション部

#### 【はじめに】

人間は、適切な運動を行うために身体スキームを形成し、空間におけるリアルタイムの身体位置や状態を知覚する。頸部固有感覚は、歩行時の身体スキームの形成において特に重要である。そのため歩行中の頸部筋振動により頸部固有感覚が障害されると身体スキームが歪み、振動と反対側への身体の回旋と歩行軌道の逸脱が起こる。一方、アンカーシステム（AS）による体性感覺の付加は、頸部筋振動によって歪んだ身体スキームを修正し、歩行軌道の逸脱を抑制できる可能性がある。そこで、本研究では頸部筋振動による歩行軌道の逸脱に対するASの効果を検討することを目的とした。

#### 【方法】

対象は健常若年者13人であった。対象者は目を閉じた状態で直進方向に7m歩くことが求められ、通常 (N) 条件、振動 (V) 条件, Anchor (AN) 条件, Anchor+振動 (ANV) 条件の4条件で歩行を行った。振動刺激は左側の胸鎖乳突筋に与えた。ASは125 gの鉛玉を入れた布製の小袋と紐で構成され、対象者は両手で紐を持ち、小袋を地面に置き、紐を張った状態に保ちつつ小袋を引きずりながら歩くことを指示された。測定項目は体幹回旋角度と歩行軌道とした。各データに対して、Shapiro-Wilk検定にて正規性の有無を確認した。正規性が認められる場合は対応のあるt検定、正規性が認められない場合はWilcoxonの符号付順位検定を実施し、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】

V条件ではN条件と比較し、体幹の右回旋角度が有意に増加し、歩行軌道も有意に右方向へ逸脱した。また、ANV条件ではV条件と比較し、体幹の右回旋角度と歩行軌道の右方向への逸脱が有意に減少した。

#### 【考察】

ASの使用により、歩行中の頸部筋振動の影響が減少した。ASが歩行に及ぼすこれらの効果は、知覚的テレモダリティという特性によって説明できる。テレモダリティとは、ケーブル接続を媒介として遠位表面の特性を検出する個人の能力のことである。したがって、歩行中にASを使用することで、対象者は地面に対する身体の空間的な向きや位置に関する附加的な情報を得ることができる。その結果、頸部筋振動による身体スキームの歪みがASを用いることで修正され、歩行中の頸部筋振動の影響が抑制されたと考えられる。

#### 【結語】

ASによる体性感覺情報の付加は、頸部筋振動により歪んだ身体スキームを修正し、歩行軌道の逸脱を抑制することができる。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

実験に先立ち、研究協力者には口頭で説明を行い、書面にて同意を得た。本研究は広島大学疫学研究倫理審査委員会の承認（承認番号:E-467号）を得て行った。

## O-19-02 口述 19 (神経生理学6)

筋Preferred directionに基づく、股・膝関節トルク生成時のハムストリングスの筋制御機構の変化

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

1)埼玉県立大学 研究開発センター

2)順天堂大学 保健医療学部 理学療法学科

3)人間総合科学大学 保健医療学部 リハビリテーション学科

4)東京家政大学 健康科学部 リハビリテーション学科

5)埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

### 【はじめに・目的】

半腱様筋と大腿二頭筋は同じ作用を持つ筋であるが、モーメントアーム長などの機械的構造の違いから、股・膝関節における筋発揮力が異なる。しかし、歩行のような多関節運動では、筋発揮力は必ずしも機械的構造に依存するとは限らない。これは、関節トルク生成というタスクに対して、冗長多自由度な筋活動パターンから、筋の最小二乗和というコスト関数を選択した結果、各筋発揮が機械的方向(Mechanical direction: MD)から至適な方向(Preferred direction: PD)に偏位するという筋制御に則るためである。本研究では、STとBFの筋制御機構の違いを明らかにすることを目的に、股・膝関節トルク生成を課す等尺性力発揮課題中のSTとBFのPDを実測し、最適化による推測PDに類似するのか検証した。

### 【方法】

対象は、健常若齢者10名とした。対象者は股・膝関節90°屈曲位の椅子座位となり、固定された足関節部に6軸力覚センサーを搭載し、0-360°の計12方向への等尺性力発揮課題を行った。対象筋は右下肢の半腱様筋(ST)、大腿二頭筋(BF)とその他、股・膝関節トルク生成に関与する7筋とした。股・膝関節トルクは力覚データから算出された。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。MDは、先行研究におけるモーメントアーム長の2次元座標の原点からの角度とした。最適化計算では、上述した股・膝関節の2次元トルクベクトル(x軸:膝、y軸:股)を生成する際の各筋活動を最小化する解を設定し、MATLABの制約付き非線形最適化アルゴリズムを適用した。計算された各筋活動からPDを算出した。最適化計算上、関連する筋全てを計算に含めたが、本研究ではSTとBFについて着目した。

### 【結果】

実測したPDの平均は、股・膝関節トルク平面上でST: 153.5°, BF: 100.9°であった。MDは、ST: 131.2°, BF: 117.4°であった。最適化計算によって算出された各筋PDは、ST: 161.4°, BF: 95.5°であった。

### 【考察】

股・膝関節トルク生成を課す等尺性力発揮課題において、STとBFの実測PDは、MDに対して、STは膝関節屈曲トルク生成方向、BFは股関節伸展トルク生成方向に偏位した。この現象は、最小二乗和で求めた最適化計算においても再現された。先行研究において、PDは股・膝関節トルク平面上で優位的な筋を持たない範囲を埋めるように偏位することが知られている。STとBFの筋制御機構の違いは、機械的構造よりも一方の関節トルク生成優位に貢献している可能性がある。

### 【結語】

本研究結果は、加齢や疾患に伴う筋の機械的構造の変化による筋制御機構を評価する基礎的な知見を提供する。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号: 23138)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## O-19-03 口述 19 (神経生理学6)

快感情が正確なピンチ力調節能力に与える影響

○文野 住文, 鬼形 周恵子

関西医療大学 保健医療学部 理学療法学科

### 【はじめに・目的】

ポジティブな感情は刺激に接近する行動を引き起こし、ネガティブな感情は刺激を回避する行動を引き起こすとされる。一方、等尺性運動は方向性を持たず、どのように感情の影響を受けるかは明らかとされていなかった。物品操作において等尺性収縮による母指と示指のピンチ動作は重要である背景から、本研究では快感情が正確なピンチ力調節能力に与える影響を検討した。

### 【方法】

健常者32名を快感情群とニュートラル感情群の2群に分け、ピンチ力調節課題を3回実施した。ピンチ試行1回目では、等尺性収縮を用いて非利き手母指と示指によるピンチ動作を15秒間実施した。その際、視覚フィードバックを用いて可能な限り目標ピンチ力(最大努力の10%強度)に合わせるように教示した。次に、快感情群では子犬の画像を30秒間注視し、ニュートラル感情群では特定の感情を誘発しないマグカップの画像を注視した。その後、ピンチ試行2回目としてピンチ力調節課題を実施した。ピンチ試行3回目では、感情誘発による事後効果を検討するために、30秒間の安静後、再度ピンチ力調節課題を実施した。全ピンチ試行後、誘発された感情の強さをVisual analog scale (VAS; 0mmが最も不快、100mmが最も快)で評価した。ピンチ力調節能力の評価として、発揮ピンチ力が安定した10秒間の変動係数(coefficient of variation: CV)と最大ピンチ力発揮時の筋活動で正規化した二乗平均平方根(normalized root mean square: %RMS)値を算出した。なお筋活動について、ピンチ力調節課題中に短母指外転筋より表面筋電図を測定した。データに正規性を認めなかっただため、各感情群のCVと%RMS値について分散分析と多重比較を行った。さらにピンチ試行1回目を1とした相対値を求め、快感情群とニュートラル感情群で比較した。

### 【結果】

快感情群のVAS値がニュートラル感情群と比較して高かったことから、子犬の画像は適切に快感情を誘発できたことが確認された。ピンチ力調整能力について、快感情を誘発する画像を見た後にCVと%RMS値が減少した。一方、ニュートラル感情群においてCVと%RMS値共に変化を認めなかっただ。さらに、快感情群におけるCV相対値がニュートラル画像群と比較して低値を示した。

### 【考察】

子犬の画像を見ることで誘発された快感情によりピンチ力調節に必要な運動感覚情報に多くの注意を向けることが可能となり、ピンチ力調節能力が向上したと推察した。

### 【結語】

快感情は正確なピンチ力調節能力を向上させることが示唆された。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は所属機関における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号: 20-34)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて目的や方法について説明し、自由意志のもと書面で同意を得た。

## O-19-04 口述 19 (神経生理学6)

### サル一次運動野における体性感覚情報の運動方向依存的な調節様式

○吉田 純一朗<sup>1,2,3)</sup>, 窪田 慎治<sup>1)</sup>, Woranan Hasegawa<sup>1)</sup>, 菊田 里美<sup>1)</sup>, 関 和彦<sup>1)</sup>

1) 国立精神・神経医療研究センター神経研究所モデル動物開発研究部

2) 東京農工大学工学府

3) 国立精神・神経医療研究センター病院身体リハビリテーション部

**【目的】** 手指の高度な巧緻運動機能を有するヒトやマカクサルでは、一次運動野(M1)から脊髄運動ニューロン(MNs)に対して単シナプス性投射を持つ尾側深部領域(new M1)と、多シナプス性投射を持つ吻側表層領域(old M1)が存在する。さらに、M1は末梢受容器から体性感覚入力を受け取ることで感覚運動ループを構成し、運動出力を調整する。このM1への体性感覚入力は随意運動中に抑制される(感覚減衰)が、その機能的意義は明確でない。本研究は、この感覚減衰が運動方向に応じて運動出力を調節しているという仮説を検証する。

**【方法】** 実験対象はマカクサルとした。運動課題には、等張性及び等尺性の運動要素を含む右手首の屈曲・伸展運動課題(FE課題)を採用した。サルへのFE課題の訓練後、右桡骨神経皮枝(SR)及び筋枝(DR)に刺激用カフ電極を慢性的に埋め込んだ。各記録セッションでは、FE課題を実行しているサルの左M1へ多点記録電極を刺入し、SR及びDRへの周期電気刺激(2Hz, 1.5-2T)によって誘発される体性感覚誘発電位(SR-及びDR-SEP)を記録した(n=174)。M1は記録電極の皮質表面からの深さによってold M1(<4000 μm)、new M1(≥4000 μm)に区別した。解析では、SR-及びDR-SEPの初期陰性反応の面積をSEPの大きさとして算出した。

**【結果】** 本研究では、運動時にold、new M1においてSR-及びDR-SEPの抑制が観察された。①old M1のSR-SEPでは、等尺性及び等張性運動において伸展に比べ屈曲方向で抑制が減弱した。また、DR-SEPでは対照的な特徴を示し、②屈曲に比べ伸展方向で抑制が減弱した。一方、③new M1のDR-SEPの抑制は運動方向による相違を認めず、SR-SEPはold M1と同じ結果を示した。

**【考察】** SRは前腕背側皮膚、DRは手関節伸筋を支配していることから、手関節屈曲時は前腕背側皮膚が伸張され、伸展時は伸筋が主動筋として作用する。つまりold M1が皮膚伸張に関する感覚入力(結果①)と、主動筋からの筋感覚入力(結果②)を優先的に受容することによってold M1で生成される運動指令が更新されていることを示唆している。結果③は、突如の外乱などが長潜時反射系を介してNew M1が直接MNsを興奮させ筋収縮を生じさせるのを事前に防ぐため、運動中の筋感覚入力は運動方向に関係なく一貫して抑制されている可能性を示唆している。一方、皮膚入力を介したNew M1を経由する長潜時反射系は、逆に運動出力を補助している可能性が示唆された。

**【結語】** 運動方向に応じて特異的に生じるM1での感覚減衰が、運動出力の調節に貢献している可能性がある。

**【倫理的配慮】** 所属機関における動物実験倫理問題検討委員会(承認番号2024017)の承認を得て実施した。

## P-01-01 ポスター1(構造・機能・情報学2)

脳梗塞後うつ病モデルラットにおける有酸素運動は血中コルチコステロン濃度を減少させ、海馬BDNF発現やグリア細胞活性に影響を及ぼす

○榎間 春利<sup>3)</sup>, 野島 菜央<sup>1)</sup>, 谷 明<sup>2)</sup>, 松崎 凌真<sup>3)</sup>,  
松岡 輝樹<sup>3)</sup>, 稲留 真輝<sup>4)</sup>, 柿元 翔吾<sup>3)</sup>, 立部 勇汰<sup>5)</sup>,  
加藤 夕貴<sup>3)</sup>, 川谷 卓矢<sup>3)</sup>, 中西 和毅<sup>3)</sup>

1)今村総合病院

2)都城リハビリテーション学院

3)鹿児島大学医学部保健学科基礎理学療法学講座

4)鹿児島中央整形外科スポーツクリニック

5)霧島整形外科病院

### 【はじめに】

脳卒中後うつ(post-stroke depression: PSD)は重篤な健康問題であり、脳卒中患者の約半数が長期的なPSDに苦しんでいる。有酸素運動がうつ病症状を緩和することは知られているが、抗うつ効果のメカニズムに関してはよく分かっていない。今回、PSDモデルラットを用いて、ランニングによる有酸素運動がPSDの病理生理学的メカニズムに及ぼす影響を調べた。

### 【方法】

成熟雄性SDラット( $329.3 \pm 23.2\text{g}$ )をsham群(n=8)、PSD群(n=10)、PSD+有酸素運動群(運動群、n=10)に分類した。PSDモデルは左内側前頭前皮質(ブレグマから前方3mm、内側1mm、深さ4mm)に1  $\mu\text{l}$ のエンドセリン1(ET-1、400pmol/ $\mu\text{l}$ )の投与と慢性予測不能軽度ストレス(CUMS)により作製した。CUMSは、20分間の尾部懸垂、10分間の尾部圧迫、24時間の絶水、5分間のゲージ振動、24時間ケージを20度傾ける、24時間床敷きを水に浸す、の中から1日に1つあるいは2つのストレスを週3回、脳梗塞後1日から28日まで実施した。有酸素運動は小動物用トレッドミルを用いて脳梗塞3日から28日後まで、1日20分、週3回、15-20m/分の速度で行った。うつ様行動は、Open fieldテスト、Y-mazeテスト、ショ糖嗜好性テストを用いて評価した。血清コルチコステロン濃度、海馬における脳由来神経栄養因子(BDNF)と前駆体のproBDNF、Iba-1陽性ミクログリア、GFAP陽性アストロサイト、NeuN陽性神経細胞の発現を免疫組織化学染色とWestern blot法を用いて調べた。統計学検定には一元配置分散分析あるいはクラスカル・ウォリス検定を用い、有意水準は5%とした。

### 【結果】

ET-1注射により左内側前頭前皮質に脳梗塞巣が観察された。うつ様行動評価において3群間に有意な違いは認めなかったが、PSD群の血清コルチコステロン濃度はsham群と比較して有意に増加しており、ストレス内分泌反応であるHPA軸の機能障害が観察された。血清コルチコステロン濃度は運動群で有意に減少した。免疫組織学染色の結果、海馬CA1、齒状回におけるBDNF陽性細胞面積はPSD群と比較して運動群で有意に増加した。また、Iba-1やGFAP陽性細胞面積はPSD群と比べて運動群で有意に減少した。Western blotによる解析では、PSD群のBDNF/proBDNF比は減少したが、運動群で増加した。NueNの発現は運動群で有意に増加した。PSD群のIba-1とGFAPの発現は有意に増加したが、運動群で有意に減少した。

### 【考察】

今回のモデルでは、明らかなうつ様行動が観察されなかつたが、HPA軸(視床下部一下垂体一副腎系)の機能異常が生じており、脳梗塞後のストレスによるPSDを生じていたと思われる。有酸素運動はHPA軸の機能異常を改善させ、PSDによって生じた海馬のBDNF/proBDNF比のバランス障害、神経細胞の消失、神経炎症を緩和することが示唆された。

### 【結語】

本研究はPSDの病態生理学的变化を示し、PSDに対する有酸素運動の有効性と抗うつ効果における脳内メカニズムを明らかにした。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は、鹿児島大学動物実験倫理審査委員会の承認を得て実施した(承認番号M22002)。

## P-01-02 ポスター1(構造・機能・情報学2)

中脳腹側被蓋野の一過性の興奮によって生じる一次体性感覺野神経活動の光イメージング

○安達 航希<sup>1,2)</sup>, 長坂 和明<sup>2,3)</sup>, 長尾 彩音<sup>1,2)</sup>,  
鈴木 孝昇<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 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)新潟大学大学院医歯学総合研究科生体機能調節医学専攻

### 【目的】

リハビリに対する患者の意欲が高いと、身体機能回復が促進されることが知られている。神経科学的に、意欲は中脳腹側被蓋野(VTA)のドーパミン神経から大脳皮質への投射が重要であることが明らかになっているが、それらの神経投射と感覚機能にどのような関連があるのか詳細なメカニズムは明らかになっていない。本研究では一次体性感覺野(S1)の神経活動に着目し、電気刺激によるVTAの賦活後に体性感覺関連の神経活動がどのような時間的タイミングで変調されるのかを、電気生理学的手法に加え、優れた時間分解能と空間解像度をもつ膜電位感受性色素(VSD)イメージング法を用いて検証した。

### 【方法】

Wistar系雄性ラットを実験に用いた。イソフルラン吸引によって導入麻酔をかけ、実験中はケタミン、キシラジン混合麻酔による持続麻酔とした。頭部固定装置にラット頭部を固定し、刺激領域のVTAおよび同側S1領域の直上の頭皮および頭蓋骨を除去した。デンタルセメントによるチャンバを作成し、膜電位感受性色素(RH795)による1時間の染色後、生理食塩水に置換した。VTAには刺激用の同心円電極を刺入し、単相性電気刺激(刺激幅300  $\mu\text{sec}$ 、刺激強度200-300  $\mu\text{A}$ )を与えた。データは励起光を照射し、蛍光変化量を算出した(n = 2)。VSD計測の同一個体において、S1の前肢領域に記録用銀ポール電極を置き、対側前肢への電気刺激(刺激幅1 msec、刺激強度250-400  $\mu\text{A}$ )を与えた際の神経活動をLocal field potential(LFP)として計測した。前肢刺激のみの条件に加えて、40,50,100,200,300,400 ms先行してVTA刺激した際のLFP変化を計測し、各振幅値を算出した。

### 【結果】

VSDイメージングの結果ではVTAへ一過性の電気刺激後、約10msでS1の前肢領域を含む部位で、神経細胞膜の脱分極を示す蛍光変化が生じた。この脱分極性応答は20-30ms程度継続し、その後、細胞膜の過分極を示す蛍光変化が約200ms間生じた。過分極性応答を示したVTA刺激後40-200msにおいて電気生理学的に体性感覺応答を確認したところ、前肢刺激のみの条件と比較して、振幅値が約40%減少していた。

### 【考察】

本研究結果は、VTAの一過性の賦活化後40ms-200msでS1領域の抑制が生じ、体性感覺に関わる神経活動も減少することを示す。VTAからのドーパミン放出が当抑制神経機構に関与している可能性があるため、今後、薬理学的に検証する必要がある。

### 【結語】

VTAの賦活化は、一次体性感覺野の活動を抑制させる。

### 【倫理的配慮・説明】

本実験は新潟医療福祉大学 動物実験委員会の承認を受けて行われた(承認番号D2023-035)。

### P-01-03 ポスター1(構造・機能・情報学2)

運動誘発性筋痛がBrain-derived neurotrophic factor mRNA発現量に及ぼす影響

○林 和寛  
京都大学大学院医学研究科

#### 【はじめに・目的】

運動誘発性疼痛においては、骨格筋におけるマクロファージとIL-1 $\beta$ が運動誘発性疼痛に関与することが示唆されているが、神経系にかかる知見は十分に得られていない。そこで本研究では、神経系の機能調節などにはたらく脳由来神経栄養因子(Brain-derived neurotrophic factor; BDNF) mRNAの発現量が、運動誘発性疼痛モデルマウスにおいて増加するか比較検討した。

#### 【方法】

実験動物は8週齢のC57BL/6J 雌雄マウスを用いた。運動誘発性疼痛は、酸性食塩水を腓腹筋内へ繰り返し投与することと、電気刺激を用いた腓腹筋の筋収縮を組み合わせることで作製した。運動誘発性疼痛モデルマウスにおいて、BDNFが増加しているか比較検討した。群設定は、無処置コントロール群と、運動誘発性疼痛モデル群を用い、後根神経節におけるBDNF mRNAの発現量を比較検討した。BDNFが運動誘発性疼痛に関与するか検証することを目的として、BDNF阻害剤を運動誘発性疼痛モデルマウスへ投与することで、腓腹筋における疼痛閾値の低下が抑制されるか比較検討した。群設定は、運動誘発性疼痛モデル群と、運動誘発性疼痛モデル+阻害剤群を用いた。疼痛閾値の測定には、腓腹筋へ機械的刺激を加えることにより、マウスが逃避反応を示した刺激強度を用いた。統計解析にはIBM SPSS Statisticsを用い、5%未満を有意水準とした。

#### 【結果】

後根神経節におけるBDNF mRNAの発現量を比較検討した結果、運動誘発性疼痛モデルマウスにおける発現量は、無処置コントロール群と比較して、有意に高値を示した。

運動誘発性疼痛モデルに対して阻害剤を投与することで、腓腹筋における疼痛閾値の低下は有意に抑制された。運動誘発性疼痛モデル群と、運動誘発性疼痛モデル+阻害剤群を比較した結果、両群間の差は経過とともに減少した。

#### 【考察】

運動誘発性筋痛モデルマウスにおいては、運動により産生されたATPと酸が、骨格筋におけるマクロファージのP2X7/NLRP3/Caspase-1経路と、IL-1 $\beta$ の発現増加を介して、痛みを生じることが報告されている。本研究においては、後根神経節におけるBDNF mRNAの発現増加が、運動誘発性筋痛に関与する可能性が窺われた。ミクログリアのBDNFは神経障害性疼痛の発症に関与し、末梢神経細胞のBDNFは炎症性疼痛の発症に関与することなどが報告されている。

#### 【結語】

運動誘発性筋痛モデルマウスにおいて、後根神経節におけるBDNFが筋痛に関与する可能性が窺われた。これらの知見は、運動誘発性筋痛のメカニズムと治療介入方策を検証するための一助になるものである。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における動物実験倫理委員会の承認を得て実施した。

### P-01-04 ポスター1(構造・機能・情報学2)

頸髄損傷ラットに対する早期低酸素・高二酸化炭素トレーニングが換気量と横隔膜の筋活動回復に与える影響

○河村 健太<sup>1,2)</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研究科

【はじめに・目的】頸髄損傷後には頸髄の横隔神経運動ニューロンへのシナプス入力が断たれるため、横隔膜の運動麻痺が生じる。横隔膜の麻痺は換気量の低下によって呼吸器合併症を引き起こし易いため、頸髄損傷後の横隔膜機能の早期回復は非常に重要である。近年、低酸素・高二酸化炭素の間欠的暴露による呼吸トレーニングが、代替経路を介して横隔神経運動ニューロンへの呼吸性の入力を賦活させることができてきており、臨床応用について研究が進められている。しかしながら、頸髄損傷後早期からの定期的トレーニングの実施が換気量や横隔膜の筋活動の回復を促進させるか十分に明らかになっていない。本研究では頸髄損傷後の早期低酸素・高二酸化炭素トレーニングが換気量と横隔膜の筋活動の回復を促進させるか調べた。

【方法】動物は10-12週齢のラットを用いた。動物は麻酔下で脳定位固定装置に固定し、皮膚と筋を切開後、椎弓切除で頸髄を露出させた。硬膜を切開し、横隔神経の運動ニューロンよりも上位の第2/第3頸髄の間で左半切除を行った。筋と皮膚を縫合し、動物は鎮痛・加温・抗菌薬投与・補液など愛護的なケアにより回復させた。動物は介入群とコントロール群に分け、介入群は頸髄損傷後48-72時間の間に10%酸素・4%二酸化炭素の混合ガスの間欠的暴露によるトレーニングを開始し、週4-5回・3週間実施した。コントロール群は空気に暴露された。動物は頸髄損傷後1週・2週・3週で換気量を測定し、3週間経過した後に横隔膜の筋活動を麻酔下で測定した。筋活動の測定は気管切開を行い、開腹して露出した両側の横隔膜に針電極を留置し、自発呼吸下で記録した。

【結果】介入群では1週目から3週目にかけての換気量の増加が顕著であった。全ての動物において非麻痺側に比べて麻痺側の横隔膜の筋活動は大きく減少していた。介入群では損傷側の安静呼吸時筋活動は最大吸気努力時に対して比率が小さかった。

【考察】介入群では安静呼吸中の換気量が大きく回復し、筋活動が減少していたことからトレーニングの実施によって横隔膜を効率的に使用できている可能性がある。しかし、横隔膜以外の吸気筋による代償の可能性は否定できない。

【結語】頸髄損傷後早期からの低酸素・高二酸化炭素による呼吸トレーニングは換気量の回復と、横隔膜の効率的な使用を促進する可能性がある。

【倫理的配慮】本研究は所属施設の動物実験委員会にて承認を受けた(令和6年11号)。

**P-01-05 ポスター1(構造・機能・情報学1)****SUMO化の阻害によるSOX9の機能亢進が軟骨変性に与える影響**○荒川 航平<sup>1,2)</sup>, 高島 啓<sup>3,4)</sup>, 乾 雅史<sup>1)</sup>

1)明治大学農学部生命科学科 動物再生システム学研究室

2)日本学術振興会特別研究員PD

3)埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科

4)日本学術振興会特別研究員DC1

**【はじめに・目的】**

SOX9は軟骨形成のマスター転写因子であり、有無だけでなく定量性も重要な因子である。また、軟骨形成だけでなく、軟骨恒常性維持においてもSOX9は重要な役割を持つ。そのため、SOX9は様々な制御を受けている。SOX9の機能制御の1つにタンパク質翻訳後修飾のSUMO化がある。SUMO化はストレス応答に強く関連し、SOX9を動的に制御している。研究室の先行研究において、SOX9のSUMO化標的アミノ酸K396に1塩基置換を加えたSOX9K396Rマウスが作製され、SUMO化が阻害されることで軟骨内骨化の遅延などSOX9の活性が亢進することが明らかになっている。これから、SOX9-SUMO化が軟骨恒常性維持において重要であることが考えられる。そこで、本研究はSOX9のSUMO化の阻害が、軟骨変性に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

**【方法】**

対象をC57BL/6マウス(WT)と、SOX9K396Rマウス10週齢とした。軟骨変性を惹起するDMMモデルを作製し、対側肢を対照群とした。8週後に組織を採取、Safranin-O Fast Green染色を実施し、軟骨変性重症度をOARSIスコアを用いて解析を行なった。

**【結果】**

軟骨変性の重症度を評価するOARSIスコアによる解析の結果、WT-DMM群のOARSIスコアが、WT対側肢、SOX9K396R対側肢よりも有意に高値を示した。一方、SOX9K396R-DMM群のOARSIスコアは、WT対側肢、SOX9K396R対側肢と比較して有意差はみられず、WT-DMM群と比較して低値を示した。

**【考察】**

SOX9は軟骨形成のマスター転写因子としての働きだけでなく、軟骨変性への関与も報告され、関節軟骨の恒常性に強く関連している。本研究で用いたSOX9K396Rマウスは、SOX9の欠損ではなく、タンパク質翻訳後修飾SUMO化を阻害したゲノム編集マウスである。これまでに、SOX9K396Rマウスでは、骨格形成過程においてSOX9の活性が亢進している表現型が観察されており、SUMO化はSOX9を抑制的に制御している可能性が示されている。本研究結果では、SOX9K396Rマウスの軟骨変性は、WTと比較して抑制されていた。これらから、SUMO化の阻害が、SOX9の機能を亢進させ、軟骨保護に作用したことが考えられる。よって、SOX9-SUMO化が、軟骨変性に対する新たな治療標的となる可能性を示した。さらに、ストレス応答に強く関連するSUMO化と、運動によるメカニカルストレスとの関連を検証することで、リハビリテーションへの応用も期待できる。

**【結語】**

SUMO化の阻害によるSOX9の機能亢進が軟骨変性の新たな予防法として有効である可能性を示した。

**【倫理的配慮・説明と同意】**

所属施設の動物実験倫理委員会の承認を得て実施した。

**P-01-06 ポスター1(構造・機能・情報学1)****異なる強度の有酸素運動が認知機能に及ぼす影響**○何 春暁<sup>1,2)</sup>, 蘇 展<sup>1)</sup>, 姜 函林<sup>1)</sup>, 趙 廷睿<sup>1)</sup>, 横井 諒<sup>1)</sup>, 若山 将弘<sup>1)</sup>, 畠山 隼平<sup>1)</sup>, 森山 英樹<sup>2)</sup>

1)神戸大学大学院保健学研究科

2)神戸大生命・医学系保健学域

**【はじめに・目的】**

弱く緩やかに持続する慢性炎症により、神経炎症が亢進し認知機能障害を引き起こすなど、さまざまな慢性疾患と関連していることが近年明らかになっている。有酸素運動は、認知機能障害を改善する最も効果的な方法のひとつとして認識されている。しかし、認知機能障害に対する有酸素運動の強度の違いによる効果は明らかではない。本研究では、リポポリサッカライド (Lipopolysaccharides:LPS) により神経炎症を誘発するモデルマウスを用いて、異なる強度の有酸素運動が認知機能に及ぼす影響を評価する。

**【方法】**

8週齢のC57BL/6J雄性マウス20匹を、対照群、LPS投与群、LPS投与後に低(8m/min)、中(14m/min)、高(20m/min)の強度の有酸素運動を行う群の計5群に均等に分けた。各強度の有酸素運動は、全身性の炎症が生じるLPS腹腔内投与2時間後に行った。運動介入16時間後に、活動量を評価するオープンフィールド試験と認知機能を評価するY字迷路試験の行動評価を行った。その後、脳を採取し、形態学的变化を評価するためにヘマトキシリソジン染色を行った。行動評価の結果は一元配置分散分析とTukey HSD法による多重比較検定により分析した。統計学的有意水準は5%とした。

**【結果】**

オープンフィールド試験では、LPS群は対照群より有意に低かった( $P = 0.0436$ )一方で、すべての有酸素運動群も、対照群とLPS群との間に有意差は認められなかった。Y字迷路試験は、LPS群で低い傾向が認められ( $P = 0.0827$ )、高強度有酸素運動群でLPS群と比較して有意に改善した( $P = 0.0142$ )。ヘマトキシリソジン染色では、LPS群の海馬の神経細胞は、細胞境界が不明瞭となり、配列が乱れ、細胞の大きさが小さく、退縮を示す核の濃染が認められた。高強度の有酸素運動群では、対照群の形態と同様に、海馬の神経細胞は密に整然と配列し、細胞の形態も正常であった。

**【考察】**

LPSにより、海馬の神経細胞が変性し、不安様行動が増加した。これらは、神経炎症と強く関連する。すべての運動強度において、不安様行動は改善しなかったものの、高強度の有酸素運動で神経細胞の変性が改善するとともに、認知機能も改善した。これらのことから、高強度の有酸素運動は、低強度と中強度より神経炎症を抑制する可能性が示された。

**【結語】**

高強度の有酸素運動は、神経炎症マウスの海馬神経細胞形態と空間記憶能力を改善することで、認知機能を改善す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の承認を受けて行った(承認番号:P230908)。

**P-01-07 ポスター1 (構造・機能・情報学1)**

## 伸張性収縮後の筋膜で新たに検出された遺伝子とその機能

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

1)中部大学 生命健康科学部 生命医学科

2)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

3)新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

**【目的】**光学顕微鏡にて顕著な損傷を伴わない強度の伸張性収縮 (LC) を筋に与えると、筋再生や修復過程に特徴的であるとされる中心核線維の数が増加する。また、同じLCを反復して負荷すると、2回目のLCでは1回目に生じる筋力低下の程度が軽減する。このような運動による機械適応における筋での遺伝子発現変化は調べられているものの、「筋膜」での変化は明らかでない。そこで本研究では、LCを負荷したラットの筋膜を用いてRNAシーケンス解析を行い、運動による筋の機械適応に関わる遺伝子を筋膜で同定し、それら遺伝子の生物学的機能を探索することを目的とした。

**【方法】**Hayashiら (2017) に従い、雄性SDラットの下腿伸筋群にLCを負荷した。筋力低下が顕著にみられるLC24時間後に下腿筋膜を採取し、専用キットを用いて全RNAを精製後、クオリティチェックを行った。参照ゲノム配列をmRatBN7.2としてRNAシーケンス解析を実施し、LC側と非運動負荷の対照側間でFalse Discovery Rateが5%未満である遺伝子を発現変動遺伝子 (DEG) として抽出した。LCにより発現上昇したDEGに対し、Metascapeを用いてGene Ontology (GO) エンリッチメント解析を実施し、それらの生物学的機能の特定を試みた。また、筋膜で抽出されたDEGのうち最も大きく発現変動したAnkrd1に対し、そのmRNA発現レベルを逆転写リアルタイムPCR法にて測定した。LC側と対照側間のmRNAレベルをWilcoxonの符号付き順位検定により比較し、統計学的有意水準は5%とした。

**【結果】**RNAシーケンス解析では、発現上昇する12遺伝子と発現低下する208遺伝子がDEGとして検出された。逆転写リアルタイムPCRでは、Ankrd1 mRNAレベルが有意に上昇していた。GOエンリッチメント解析では、発現上昇したDEGから「サルコメア組織 (GO:0045214)」や「筋組織発達 (GO:0060537)」に関わる機能が抽出された。

**【考察・結語】**Ankrd1はサルコメアの構造タンパクであるTitinと複合体を形成し、運動後の筋で血管新生や肥大に関わると報告されている (Lehti et al., 2009)。また、GOエンリッチメント解析で抽出された生物学的機能から、筋の構造的頑強性に筋膜由来の遺伝子変化が寄与する可能性が考えられた。これらの結果は、運動後の機械適応における筋膜の関与を示唆し、「筋-筋膜機能連関」を解明する手掛かりになると期待される。

**【倫理的配慮、説明と同意】**本研究は、発表者の所属組織の動物実験委員会（承認番号：29020）の承認を得て実施した。

**P-01-08 ポスター1 (構造・機能・情報学1)**

## 前十字靭帯損傷時の関節面接触は軟骨微細損傷を介して軟骨下骨硬化を惹起する

○高畠 啓<sup>1,2)</sup>, Yu-Ynag Lin<sup>3)</sup>, Benjamin Osipov<sup>3)</sup>,

荒川 航平<sup>2,4)</sup>, 榎本 沙彩<sup>5)</sup>, Blaine Christiansen<sup>3)</sup>,

国分 貴徳<sup>6,7)</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)日本学術振興会 特別研究員

3)カリフォルニア大学デービス校 整形外科

4)明治大学 農学部 生命科学科 動物再生システム学  
研究室

5)埼玉県総合リハビリテーションセンター

6)埼玉県立大学 保健医療福祉学研究科

7)埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

### 【はじめに・目的】

スポーツ外傷の中でも高頻度に発生する前十字靭帯 (ACL) 損傷は二次的な変形性関節症 (膝OA) を惹起するため、膝OA発症要因とされる関節不安定性を抑制するため再建術が広く行われてきたが、最新のレビューでは再建術がOA発症予防に影響しないことが報告された (Ferrero S+, OAC open, 2023)。一方、ACL損傷時に生じる関節面接触に伴う関節軟骨・軟骨下骨の初期損傷がOA発症に関与することが示唆されているが、その詳細は不明である。本研究では、関節面接触を伴うCompression-ACL損傷モデルと伴わないNon-Compressionモデルを用いて、ACL損傷時の初期損傷によるOA発症機序を解明することとした。

### 【方法】

BL6雄性マウス12週齢を①Com群、②Non群、③Intact群に振り分け、ACL損傷に伴う初期損傷を評価するため、モデル作製直後に関節軟骨表層の粗さ解析を実施した。また、7/14/28日時点で内外側コンパートメントを対象に、OARSIスコアを用いた関節軟骨変性的組織学的解析、軟骨分解因子MMP-13の免疫組織化学解析を実施した。統計学的解析として一元配置分散分析を実施後Tukey法とSteel-Dwass法を用い、有意水準はp<0.05とした。

### 【結果】

モデル作製直後、Non群と比較してCom群において脛骨内側面の軟骨表層の粗さが増大していた(p<0.05)。7日時点で関節軟骨におけるMMP-13陽性細胞率は内外側コンパートメント共にIntact, Non群と比較してCom群で増大したが(p<0.01)、14日時点では両ACL損傷群間に差はなかった。OARSIスコアは7日時点でintact群と比較してCom群の内外側全体において増大したが(p<0.01)、全タイムポイントで両ACL損傷群間に差はなかった。

### 【考察】

ヒトACL損傷時の圧縮負荷は、軟骨細胞における軟骨分解酵素と炎症因子の産生を介して軟骨変性をもたらす (Carbone A+, J Orthop Res. 2017)。我々は昨年度までの報告として、両ACL損傷群間に関節不安定性の差がない中で、28日時点でCom群にて軟骨下骨の骨体積比が有意に増加することを明らかにした。今回の解析を踏まえると、ACL損傷時の関節面接触は軟骨表層の微細損傷を引き起こし、MMP-13産生を介した軟骨変性とより早期から軟骨下骨硬化を惹起する一方、関節不安定性が長期的な軟骨変性には重要であることが示唆された。

### 【結語】

ACL損傷時の関節面接触は軟骨微細損傷を引き起こし、MMP-13を介した軟骨変性と軟骨下骨硬化を誘発することが示唆された。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

カリフォルニア大学動物愛護委員会の承認を得て実施された。

## P-01-09 ポスター1(構造・機能・情報学1)

### 膝屈曲拘縮における膝窩部関節包の剛性変化に関する研究

○菅原 昌浩<sup>1)</sup>, 佐藤 勇太<sup>2)</sup>, 池尾 謙真<sup>1)</sup>, 植 千磨<sup>1,3)</sup>, 小野 武也<sup>1)</sup>

1)県立広島大学 総合学術研究科

2)県立広島大学 保健福祉学部 保健福祉学科

3)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

#### 【はじめに・目的】

関節拘縮の原因は骨格筋などに起因する筋原性と関節包や韌帯などに起因する関節原性に分類される。膝窩部関節包は関節包が一部肥厚し韌帯となっており関節包と韌帯を分離することが困難であり、膝伸展制限の要因として重要な部位であるが、その生体力学的特性について調査されていない。本研究では膝屈曲拘縮における膝窩部関節包の生体力学的特性を調査した。

#### 【方法】

8週齢のWistar系雄ラット24匹の両膝関節を150°屈曲位で固定した。群分けは固定しない0週群、2・8週間固定する2・4・8週群とした。まず、骨格筋除去前後の膝伸展角度を測定した。その後、大腿骨-膝窩部関節包-脛骨複合体の試料を作製し引張試験に供し膝窩部関節包の長さ-張力曲線の波形と剛性に関する情報を得た。膝窩部関節包の剛性とは伸張距離および伸張に対する抗張力から算出される波形の傾きである。

#### 【結果】

固定期間の延長に伴い骨格筋除去前後の膝伸展角度は有意に減少した。長さ-張力曲線の波形に着目すると上昇と急峻な低下を繰り返す鋸歯状波形が0週群で確認されたが<sup>2</sup>8週群では確認されなかった。膝窩部関節包の剛性は群間に差を認めなかつた。

#### 【考察】

本研究において固定期間の延長に伴い骨格筋除去後の膝伸展角度が減少した。これは先行研究同様に関節原性要因によるものと考えられる。関節原性要因の一つである膝窩部関節包の膝屈曲位固定後の形態学的变化に関する先行研究によると関節包は肥厚・癒着・短縮する。また、膝周囲筋除去後に残る膝伸展制限において膝窩部関節包を切除した先行研究によると膝伸展角度が増加することから関節包は膝伸展制限の原因部位と言える。本研究では固定期間の延長に伴い膝窩部関節包の剛性は変化しなかつた。この結果から、過去に報告されている膝屈曲拘縮に見られる関節包の肥厚・癒着・短縮という形態変化が生じても関節包の生体力学的特性である剛性は変化しないことが明らかとなつた。今後は、剛性が変化しないまま膝伸展制限の原因となる関節包の要因について明らかにする必要がある。次に、膝窩部関節包の剛性が変化しなかつた理由について考察する。本実験においてラット膝窩部関節包に複数の韌帯を含むと推測される所見が確認された。それは0週群の長さ-張力曲線でみられた鋸歯状波形である。通常、筋や韌帯では鋸歯状波形は見られない。鋸歯状波形が確認されたのは関節包に複数混在する韌帯の解剖学的走行角度の違いが起因したものと解釈できる。ACLの剛性は長期間の固定により減少する。剛性が変化しなかつた原因は関節包に含まれる韌帶部分の剛性減少と関節包の剛性増加が相殺された可能性が考えられる。

#### 【結語】

膝屈曲拘縮における膝窩部関節包の剛性は変化しないことが明らかとなつた。

#### 【倫理的配慮】

本実験は県立広島大学動物実験委員会の承認を得て実施した(承認番号21A-004-1)。

## P-01-10 ポスター1(身体運動学1)

### 超音波検査装置を用いた歩行中の膝蓋下脂肪体の動的な形態評価

○沖中 莉子<sup>1)</sup>, 石井 陽介<sup>1)</sup>, 中島 祐子<sup>2)</sup>, 橋爪 考和<sup>1)</sup>, 祝 可心<sup>1)</sup>, 岩本 義隆<sup>3)</sup>, 安達 伸生<sup>4,5)</sup>, 高橋 真<sup>1)</sup>

1)広島大学大学院医系科学研究科生体運動・動作解析学

2)中国労災病院 整形外科

3)広島大学病院診療支援部リハビリテーション部門

4)広島大学大学院医系科学研究科整形外科学

5)広島大学病院スポーツ医科学センター

#### 【はじめに・目的】

変形性膝関節症(膝OA)の歩行時疼痛は、力学的ストレスの発生と関連している。外部膝関節屈曲モーメント(KFM)は、膝蓋大腿関節に生じる代表的な力学的ストレスである。しかし、KFMの反応は個人差があり、膝関節痛との関連については未だ議論の余地がある。膝蓋下脂肪体(IFP)は、柔軟な形態変化により、膝蓋大腿関節の内圧調整を担っている。しかし、瘢痕化や癒着などの膝OAの病態に伴い、IFPの柔軟性が失われ、機能障害に繋がることが問題となつていい。したがって、疼痛のメカニズムを解明するためには、歩行時のIFP機能を評価することが重要である。超音波検査は、IFP評価に多く用いられている。特に、動的な超音波評価は歩行時に生じる関節構造体の形態変化を捉えるが、IFPに対する有効性は未だ不明である。本研究の目的は、健常者における歩行時のIFP形態変化能を動的超音波で評価し、KFMと関連性を検討することとした。

#### 【方法】

20名の健常若年者(年齢: 22.8 ± 0.9歳)を対象とした。超音波検査装置を用い、プローブを膝前面に固定して、背臥位、立位、歩行の3条件で超音波を用いてIFP厚を評価した。特に歩行条件では、三次元動作解析機器と時間同期した動的超音波評価を用い、歩行中のIFPビデオデータを取得した。さらに動画を各シネ画像に変換しIFP厚を計測することで、1歩行周期中のIFP波形を算出した。立脚期中に生じるIFP厚は最大値と最小値を算出し、その差をIFPの厚みの変化量( $\Delta$ IFP)とした。また、立脚相に生じる膝関節屈曲角度とKFMのデータをIFPデータと同時に取得した。IFP厚の3条件での比較は一元配置分散分析、各データとの関係はPearsonおよびSpearmanの相関係数を用いた。

#### 【結果】

歩行中のIFP厚は背臥位、立位時に比べて有意に高かった( $p < 0.01$ )。IFP厚は歩行中の立脚相、特に荷重応答期で最大値となる波形を呈していた。そして $\Delta$ IFPは膝関節角度とは有意相関は認めなかつたがKFMの最大値のみに正の相関を認めた( $r = 0.59$ 、 $p < 0.01$ )。

#### 【考察】

歩行中のIFP厚は背臥位、立位時より大きく、従来の超音波手法ではIFPの力学応答を過小評価している可能性が示唆された。特に歩行中のIFPは荷重応答期で顕著に認められ、この形態変化量とKFMに有意な相関が認められた。これは歩行時前面への関節負荷を調整するIFPの機能的側面を捉えていた可能性があり、荷重応答の作用機序について新たな洞察を提供すると考える。したがってこれらの結果から、歩行中に生じる歩行時疼痛には、IFP形態変化能を動的超音波で併せて評価することが有用となる可能性が示された。

#### 【結語】

歩行時のIFPは超音波検査の動的評価で検出でき、KFMと関連していた。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は広島大学疫学研究倫理審査委員会の承認(承認番号:E-2498号)を得て行った。実験に先立ち、対象者に本実験の趣旨を十分に説明し、口頭および文書による同意を得て行った。

## P-01-11 ポスター1(身体運動学1)

### 歩行中の膝関節内側負荷と関節角度との関連

○川田 将之<sup>1)</sup>, 竹下 康文<sup>2)</sup>, 中井 雄貴<sup>2)</sup>, 宮崎 宣丞<sup>3)</sup>, 中島 将武<sup>3)</sup>, 福田 将史<sup>3)</sup>, 鈴木 陸斗<sup>3)</sup>, 西川 智喜<sup>3)</sup>, 木山 良二<sup>1)</sup>

1)鹿児島大学医学部保健学科

2)第一工科大学工学部情報・AI・データサイエンス学科

3)鹿児島大学大学院保健学研究科

4)熊本保健科学大学保健科学部リハビリテーション学科

#### 【はじめに・目的】

膝関節内側反力は、膝関節内側コンパートメントへの力学的負荷を定量的に示すことができる。しかし、現状ではその算出にはモーションキャプチャーや筋骨格モデルシミュレーションが必要であり、時間的・環境的制約が大きいため、臨床現場にて簡便に使用できる指標ではない。セラピストの視覚による歩行観察では、主に関節角度をとらえることができる。関節角度と膝関節内側反力の関連性が明らかとなれば、臨床現場にて膝関節内側反力を大まかにとらえることが可能になると考えられる。本研究の目的は、歩行中の関節角度と膝関節内側反力の関連性を明らかにすることである。

#### 【方法】

対象は健常成人男性20名 ( $22.6 \pm 3.2$ 歳) とし、快適速度にて平地歩行を行った。8台の赤外線カメラおよび3枚の床反力計を用いてモーションキャプチャーを行った。得られた座標データおよび床反力データを筋骨格シミュレーションソフトAnyBody7.3へ入力し、歩行中の膝関節内側反力および関節角度(股関節屈伸・内外転、膝関節屈伸、足関節底背屈、体幹前後傾・側屈)を算出した。なお、膝関節内側反力は体重にて正規化した。歩行計測は5回を行い、各値は5回の平均値を代表値とした。膝関節内側反力と関節角度の関連性を検証するために、膝関節内側反力ピーク値を従属変数、同タイミングでの関節角度を独立変数とした重回帰分析(ステップワイズ法)を行った。膝関節内側反力は二峰性を示したため、第1・2ピークそれぞれにおいて解析を行った。統計解析にはSPSSを使用し、有意水準は5%未満とした。

#### 【結果】

重回帰分析の結果、膝関節内側反力の第2ピークの値 ( $3.1 \pm 0.3$ BodyWeight; BW) と、同タイミングの膝関節屈曲角度との間に有意な関連が認められた(標準化 $\beta = -0.547$ ,  $p = 0.013$ )。膝関節内側反力の第1ピークの値 ( $1.6 \pm 0.3$ BW) と関節角度との間には有意な関連は認められなかった。

#### 【考察】

本研究の結果、歩行中の膝関節内側反力は二峰性を示し、その第2ピークの値は膝関節屈曲角度と関連し、屈曲角度が小さいほど増加することが明らかとなった。したがって、立脚後期の膝関節内側への力学的負荷は膝関節屈曲角度に着目することで視覚的に推察できる可能性が示唆された。

#### 【結語】

健常若年男性における立脚後期の膝関節内側負荷は膝関節屈曲角度と関連し、屈曲角度が小さいほど増加す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、所属施設の倫理委員会で承認後に実施した(承認番号:180113疫-改2)。また対象者には事前に研究についての十分な説明を行い、書面にて同意を得た。

## P-01-12 ポスター1(身体運動学1)

### 三次元動作解析装置を用いた歩行開始動作とステップ動作の比較

○安井 柚夏<sup>1,2)</sup>, 井尻 朋人<sup>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)医療法人寿山会 喜馬病院

#### 【はじめに・目的】

歩行開始動作は静的な立位から動的な歩行へと変化する動作であり、高齢者にとって難しく、転倒しやすい動作であると報告されている。歩行開始動作の練習では、立位から一步踏み出して止まるステップ動作が用いられることがある。歩行開始動作の足底圧中心(Center Of Pressure:以下COP)は、立位の位置から振り出し側の後方へ一度移動し、その後、立脚側前方へ移動するという特徴があり、ステップ動作も類似した軌跡を辿る。しかし、その後方移動量は歩行開始動作のほうが大きいと報告されており、歩行開始動作の練習にステップ動作を用いることが適切かは疑問が残る。本研究では、歩行開始動作とステップ動作における支持側下肢の関節運動の比較を行った。

#### 【方法】

対象は健常成人12名 ( $25.6 \pm 3.5$ 歳) とした。課題は立位から右下肢を振り出して歩行を行う課題と、立位から右下肢を前方にステップして停止する課題とした。両課題では各被験者で歩幅とテンポを規定し、事前に測定した3回の自然歩行の1歩目の歩幅、テンポの平均を用いた。支持側下肢の姿勢変化は三次元動作解析装置UM-CAT(ユーメニック社製)を用いて周波数180Hzで撮影した。赤外線反射マーカーを身体の各部位に貼付し、立位から右踵接地までの左股関節伸展・内転・内旋、左足関節背屈、左下腿外側傾斜、腰椎伸展の関節運動を測定した。その後、各関節角度における静止立位からピーク値の変化量を算出し、2課題間の比較を行った。正規性を認めた場合には対応のあるt検定を、正規性が棄却された場合にはWilcoxonの符号順位検定を行った。

#### 【結果】

歩行開始動作と比較してステップ動作では、左下腿外側傾斜と左股関節内転は有意に大きく、左足関節背屈は有意に小さい結果であった( $P < 0.05$ )。

#### 【考察】

ステップ動作では歩行開始動作よりも動作開始時のCOPの後方移動量は少ないとされている。そのため、左ショバール関節回内に伴う左下腿外側傾斜が大きく生じやすく、その際骨盤が水平位のまま左側方移動するために左股関節内転も大きく生じたと考えた。歩行開始動作では右踵接地時に右膝軽度屈曲位で接地するが、ステップ動作では右膝関節伸展位で接地しやすく、身体が後方に残りやすいために左足関節背屈に伴う下腿前傾が小さくなつたと考えた。

#### 【結語】

歩行開始動作とステップ動作における支持側下肢の運動を比較した結果、足関節背屈、下腿外側傾斜、股関節内転の運動の大きさに違いを認めた。そのため単なるステップ動作は歩行開始動作の練習として有効でない可能性があり、今後はステップ動作の動作パターンに関する検討が必要である。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は筆頭演者が所属する機関の研究倫理審査委員会で承認後に実施した(承認番号:23-24)。研究協力者には研究目的や方法について説明し、書面で同意を得た。

## P-01-13 ポスター1(身体運動学1)

足関節底屈筋の弱化は立脚期の股関節屈曲・伸展モーメントインパルスを増加させるか：順動力学シミュレーション研究

○稻井 卓真, 工藤 将馬

産業技術総合研究所 運動生理学・バイオメカニクス研究グループ

### 【はじめに・目的】

変形性股関節症は、日常生活動作能力や生活の質を著しく低下させる、高齢者に多い整形外科疾患 (Fan et al., 2023) である。ある先行研究 (Tateuchi et al., 2017) は立脚期の股関節屈曲・伸展モーメントインパルスの増加がこの疾患の進行を助長する可能性があると報告していることから、この指標を低減させるための基礎的知見の収集は重要である。Lewisら (2008) は、歩行時の能動的な足関節プッシュオフと股関節屈曲モーメントの間にトレードオフの関係があることを示しており、別の研究 (Kanayama et al., 2023) では高齢者は若年者と比較して足関節底屈筋の筋力が弱化すると報告されている。しかし、足関節底屈筋の弱化が立脚期の股関節屈曲・伸展モーメントインパルスに与える影響は不明である。そこで、本研究はこの影響を明らかにすることを目的とした。

### 【方法】

本研究では、9自由度（骨盤並進、体幹角度、左右大腿・下腿・足部角度）の矢状面リンクセグメントモデルを用いて順動力学シミュレーションを実施した。健常モデル (CO) と足関節底屈筋弱化モデル (AP) を構築し、股関節屈曲・伸展モーメントインパルス等の歩行指標を比較した。各下肢に12筋をモデル化し、APでは足関節底屈筋を30%弱化させた (Theelen, 2003)。先行研究 (Rajagopal et al., 2018) より、至適筋線維長等の筋パラメータを決定した。評価閾数は「各つま先離地時における本モデルの姿勢と平均姿勢 (Schreiber et al., 2019) の差の平均値」と「1フレームあたりの各筋活動量の平均値」の和とし、遺伝的アルゴリズムで評価閾数を最小化した。

### 【結果】

足関節底屈筋を弱化させることで立脚期の股関節屈曲・伸展モーメントインパルスは増加した (CO: 0.43 Nms/kg, AP: 0.64 Nms/kg)。立脚終期における股関節屈曲モーメントピークはCOよりAPで増加し (CO: 0.85 Nm/kg, AP: 2.51 Nm/kg)、足関節底屈モーメントピークはCOよりAPで減少した (CO: 1.32 Nm/kg, AP: 0.89 Nm/kg)。

### 【考察】

本研究の知見は、足関節底屈筋の弱化により立脚期の股関節屈曲・伸展モーメントインパルスが増加したことである。本結果を踏まえ、足関節底屈筋の筋力維持によって、変形性股関節症のリスクファクターである「立脚期の股関節屈曲・伸展モーメントインパルスの増加」を抑制できる可能性が示された。

### 【結語】

足関節底屈筋の弱化が立脚期の股関節屈曲・伸展モーメントインパルスを増加させる可能性が示された。

### 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究はシミュレーション研究であり、実験は実施されていない。

## P-01-14 ポスター1(身体運動学1)

足関節補助ロボットの使用が脊髄相反抑制および足関節底背屈自動運動に及ぼす影響

○渡邊 愛<sup>1)</sup>, 中川 慧<sup>1)</sup>, 池田 朱里<sup>3)</sup>, 佐藤 肇太郎<sup>1)</sup>, 田中 英一郎<sup>2)</sup>, 高橋 真<sup>1)</sup>

1)広島大学大学院医系科学研究科

2)早稲田大学理工学術院大学院情報生産システム研究科

3)医療法人社団朋和会西広島リハビリテーション病院リハビリテーション科

### 【はじめに・目的】

脳卒中後片麻痺患者では多くが歩行障害を呈し、その要因の一つに脊髄相反抑制 (RI) の変調が考えられる。RIには相反性 Ia 抑制とシナプス前抑制の短潜時抑制 (D1 抑制) があり、拮抗筋の過剰な収縮を抑制することで協調運動を可能にしている。我々は先行研究にて、脳卒中患者において足関節補助ロボットにより歩行中の適切な足関節の動きを誘導することで即時的な相反性 Ia 抑制の改善を報告した。しかし D1 抑制や足関節底背屈運動の評価は行っておらず、本研究ではこれらを評価しより詳細に効果を検証すること目的とした。

### 【方法】

対象は健常成人12名とし、足関節補助ロボット (RE-Gait) を用いた快適速度で20分間の平地歩行練習を実施した。ロボットは前遊脚期の底屈補助と遊脚初期の背屈補助を制御した。RI評価は介入前後で安楽座位にて実施し、脛骨神経刺激 (テスト刺激) の直前に総腓骨神経刺激 (条件刺激) を先行させることでヒラメ筋より誘発されるH反射の抑制の割合を算出した。条件刺激は0.1μV、テスト刺激は最大M波の20%程度の振幅が得られる刺激強度とし、条件-テスト刺激間隔 (CTI) は相反性 Ia 抑制の評価では0-4ms、D1 抑制の評価では0ms、20msとした。また足関節自動運動の評価として足関節底背屈を最速で10回繰り返させる課題を介入前後で実施した。外果、踵部及び第5中足骨頭にマーカーを貼付し、矢状面から動画を撮影し関節角度及び時間を計測した。統計学的評価には対応のあるt検定を用いた。さらにPearsonの積率相関分析を用いてRI減衰率と自動運動の各パラメータの変化率を評価した。有意水準は5%とした。

### 【結果】

CTI 1msにおけるRI減衰率は介入後で有意に増加した ( $p < 0.05$ )。一方で D1 抑制は有意な変化は認められなかった ( $p = 0.14$ )。自動運動の課題時間は有意に短縮が認められたが ( $p < 0.05$ )、角度変化量には認められなかった。RI減衰率と自動運動の各パラメータ間に有意な相関は認められなかつた。

### 【考察】

ロボットにより足関節底背屈を制御した歩行練習は、相反性 Ia 抑制を増大、足関節自動運動の円滑性を改善することが示された。ロボット制御で歩行中に底背屈運動を意識したことにより、求心性 Ia 線維の発火頻度の増加や Ia 抑制介在ニューロンの活性をもたらした可能性がある。一方 D1 抑制の変化は認められず、RI減衰率と自動運動の各パラメータ間に有意な相関は認められなかつた。本研究は健常者を対象としており、今後は脳卒中患者を対象により詳細に検討する必要がある。

### 【結語】

足関節補助ロボットによる前遊脚期～遊脚初期の制御は RI や足関節底背屈動作の改善に影響する可能性が示唆された。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属する施設の研究倫理委員会(承認番号:E2021-2711)の承認を得て実施した。

## P-01-15 ポスター1(身体運動学2)

### Pelvic Incidenceの大小が動作中の股関節・腰椎の運動に与える影響

○福島 和也<sup>1,2)</sup>, 堀 真大<sup>1,3,4)</sup>, 中田 光海<sup>3)</sup>, 垣本 晃宏<sup>1,5)</sup>, 山口 功<sup>1,5)</sup>, 星野 貴志<sup>1,5)</sup>, 松崎 伸介<sup>5)</sup>, 工藤 慎太郎<sup>1,3,4)</sup>  
 1)森ノ宮医療大学大学院 保健医療学研究科 保健医療学専攻  
 2)森ノ宮医療大学附属大阪ベイクリニック  
 3)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  
 4)森ノ宮医療大学インクルーシブ医科学研究所  
 5)森ノ宮医療大学 医療技術学部 診療放射線学科

#### 【目的】

矢状面上の寛骨に対する仙骨の傾きを表すPelvic incidence (PI)は、姿勢に依存しない固有値とされ、腰部疾患例ではPIが大きいとされる。一方で、PIの大小が股関節疾患に及ぼす影響は議論が分かれている。先行研究ではPIの大小と隣接関節の角度の関係を静止場面で評価したのみであり、PIの大小が動作に与える影響を明らかにする必要がある。本研究は、矢状面上の運動を評価するスクワットに着目し、健常者を対象にPIの大きい人と小さい人で股関節・体幹の関節運動が異なるかを検討した。

#### 【方法】

健常男性28名 ( $21.7 \pm 3.5$ 歳) の骨盤・股関節を含むMRIを撮像し、PIを計測した。四分位範囲を基準にPI上位7名・下位7名を高PI群・低PI群に割り付けた。スクワット動作の解析は、VICONを用い、plug in gait modelに加え、L1-5棘突起とL4両外側に追加マーカーを貼付した。棘突起近似円の中心とL1・5棘突起を結ぶ角度を腰椎前弯角とした。スクワット下降中を解析範囲とし、股関節・体幹の相対角、空間に対する骨盤の傾き、腰椎前弯角の時系列データを、1試行を100%として時間正規化し、5施行の平均を算出した。時系列データの差の検討はMann-Whitney U testのStatistical parametric mapping解析を実施した。股関節と体幹の屈曲・骨盤前傾・腰椎前弯角の最大・最小値を、Mann-Whitney U testで比較した。

#### 【結果】

高PI群7名 (PI,  $61.8 \pm 6.2^\circ$ ) と低PI群7名 (PI,  $38.9 \pm 2.5^\circ$ ) を対象とした。腰椎は、両群共に前弯位から後弯位へと運動したが、23-39%、43-50%のタイミングで高PI群が低PI群よりも前弯位であった ( $p < 0.05$ )。高PI群の腰椎前弯角の最大値および最小値は低PI群よりも有意に高値を示した ( $p = 0.47$ ,  $p = 0.47$ )。その他角度は時系列、最大値・最小値に群間差を認めなかった。

#### 【考察】

従来、PIが高値であると静止立位において腰椎の前弯が強いことが知られていたが、本研究により動作中でもその傾向が強いことがわかった。このPIの大小が腰椎の運動に与える影響が腰部疾患の発症にも関係すると考える。一方で股関節の運動に差異はみられなかったことからPIの大小が股関節疾患の発症に与える直接的影響は限定的と考えられた。今後例数を増やし更なる検討が必要と思われる。

#### 【結語】

スクワット動作では、PIの大小は腰椎の運動にのみ影響を及ぼしうる。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した（承認番号：2023-053）。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## P-01-16 ポスター1(身体運動学2)

### 立位での前屈・後屈・側屈・回旋動作における胸椎・腰椎・骨盤の運動学的特徴

○坂田 春佳<sup>1)</sup>, 建内 宏重<sup>1)</sup>, 本村 芳樹<sup>1,2)</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

#### 【はじめに・目的】

腰椎の局所的な負荷を避けるため、腰椎と骨盤の協調的な動き（腰椎骨盤リズム）や胸椎の柔軟性が重要視されている。また、腰痛の評価には矢状面だけでなく、前額面や水平面の動きが重要であるが、特に側屈や回旋動作時の脊柱や骨盤の動きの特徴は十分に明らかになっていない。本研究の目的は、立位での前屈、後屈、側屈、回旋の各動作中の胸椎、腰椎、骨盤の運動学的特徴を解明することである。

#### 【方法】

対象は健常若年男性24名（年齢 $22.7 \pm 2.3$ 歳）とした。動作の測定には、三次元動作解析装置Viconを使用した。Plug-in-gait full-body modelの反射マーカーに加えて、第6頸椎から第2仙椎までの棘突起上と各棘突起の左右4cm外側の位置の体表上に反射マーカーを貼付した。課題動作として、直立位からの前屈、後屈、右側屈、右回旋動作を各3回実施し、胸椎角度、腰椎角度（胸椎・腰椎の各脊椎間角度の総和）、骨盤角度に対する腰椎角度の比（L/P比）を算出した。さらに、直立位から最大角度までを時間で1相（0-33%）、2相（33-66%）、3相（66-100%）に相分けした。解析には3回の測定の平均値を使用した。統計解析には、Bonferroni補正を用いたWilcoxonの順位符号検定を用い、各動作について、動作全体の胸椎角度と腰椎角度の比較、およびL/P比の各相間の比較を行った。有意水準は5%とした。

#### 【結果】

前屈動作では、腰椎角度が胸椎角度より大きかった。L/P比（中央値）は1相（1.44）で最も大きく、2相（0.80）、3相（0.19）にかけて有意に小さかった。後屈動作では、腰椎角度が胸椎角度より大きかった。L/P比は1相（0.70）より2相（1.38）で大きく、3相（1.10）はいずれも有意差はなかった。側屈動作では、胸椎・腰椎角度に有意差はなく、L/P比は1相（4.63）で2相（4.00）および3相（2.52）より有意に大きかった。回旋動作では、胸椎角度が腰椎角度より大きく、L/P比は1相（0.07）および2相（0.09）より3相（0.15）で大きかった。

#### 【考察】

前屈動作では後半にかけて骨盤に対する腰椎の寄与が減少した一方、後屈動作では後半にかけて腰椎に対する骨盤の寄与が減少し、先行研究と一致する結果が得られた。側屈や回旋動作でも、L/P比は相ごとに変化しており、これらの腰椎骨盤リズムの変化は、腰椎の負荷を最小化するための戦略的な動態を示している可能性がある。

#### 【結語】

健常者では、立位での前屈、後屈、側屈、回旋動作時に腰椎骨盤リズムや腰椎と胸椎の寄与を変化させる戦略を取ることが明らかとなった。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

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R4065）。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。

## P-01-17 ポスター1(身体運動学2)

### Box and Block Testのブロック移送期における体幹の動作解析

○榎原 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

#### 【はじめに・目的】

臨床評価に動作解析を併用することは運動の変化を測定でき、その後の治療介入にも有効であるとされている。我々はBox and Block Test (BBT) の動作解析を行い、ブロック移送期の手先の滑らかさや上肢姿勢について、健常者と脳卒中患者との相違や、脳卒中患者の回復過程における変化について研究を進めてきた(榎原2023)。しかし、BBT実施中の動作が代償を伴っているか否かを判定するには、上肢姿勢のみの評価では不十分であり、体幹の動態を観察する必要があった。本研究では、体幹の代償を判断する指標を得ることを目的とした。

#### 【方法】

対象は健常者24名 ( $65.4 \pm 24.4$ 歳) の左右各1試行、計48試行と、脳卒中患者33名 ( $71.8 \pm 12.1$ 歳) の麻痺側での試行、計84試行(右麻痺33試行、左麻痺51試行)である。脳卒中患者は回復期病棟入院後1ヶ月以内またはBBTが1点以上となった直後を初回とし、退院まで1ヶ月毎に計測した(1~5試行/名)。計測にはモーションキャプチャーシステム(VICON社製)を使用し、上肢・体幹の関節標識点の位置座標を取得了。体幹の代償を捉える指標として、ブロック移送開始時と終了時における①両肩関節を結ぶベクトル(体幹側屈、回旋を表現)、②両肩関節、BBT実施側肋骨下端の3点から成る平面の単位法線ベクトル(体幹前後屈、回旋を表現)について、それぞれ角変位を算出した。また、③実施側肩関節位置の変位を算出し、体幹の代償を捉える間接的な指標となるかを確認した。

#### 【結果】

全ての指標で健常者と脳卒中患者の間に有意差が認められ、健常者の数値の方が小さかった(Mann-WhitneyのU検定:  $p < 0.001$ )。実施側肩関節位置の変位は、健常者中央値: 約0.9cm、脳卒中患者中央値: 約3.2cmであった。また、①・③および②・③の間には強い相関が認められた(①・③:  $r = 0.84$ ,  $p < 0.001$ , ②・③:  $r = 0.76$ ,  $p < 0.001$ )。

#### 【考察】

脳卒中患者の方が肩関節位置の変位が大きいことは容易に想像可能だが、脳卒中患者でも3cm程度の変位であった。それ以上に、健常者の肩関節位置はほとんど変位しておらず、わずか数cmの変位であっても、それは代償である可能性が示唆された。また、肩関節位置の変位は体幹の代償を表現する2つの指標と強い相関関係にあり、体幹の代償を捉える指標となり得ることが示唆された。

#### 【結語】

BBTのブロック移送期において、肩関節位置の変位は体幹の代償を表現する指標となり得る。また、肩関節位置の変位がわずか数cmでも、代償があると評価すべき可能性がある臨床的な知見が得られた。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:20-001)。研究協力者には事前に書面及び口頭にて説明し、自由意志のもと書面で同意を得た。

## P-01-18 ポスター1(身体運動学2)

### コルセット着用が脊椎変形症患者の歩行力学的エネルギー交換率と関節角度に及ぼす影響

○関谷 陸<sup>1)</sup>, 佐久間 慎吾<sup>1)</sup>, 米倉 輝<sup>1)</sup>, 清水 雅也<sup>1)</sup>, 金井 章<sup>2,3)</sup>

1)社会医療法人杏嶺会 一宮西病院 リハビリテーション技術部

2)豊橋創造大学 保健医療学部理学療法学科

3)豊橋創造大学大学院 健康科学研究科

#### 【はじめに】

脊柱変形症の治療としてコルセットの使用は多く活用され、体幹安定性に寄与している。当院でもコルセットの着用にて「歩きやすい」という訴えは多く聞かれる。今回は脊柱変形症を対象に、力学的エネルギーの交換率(%Recovery:以下%R)を、運動エネルギー(以下:KE)と位置エネルギー(以下:PE)から算出し、%Rと下肢・体幹の関節角度の変化から、コルセットの着用が歩行に及ぼす影響について検討することを目的とした。

#### 【方法】

対象は保存療法で当院入院した脊柱変形症患者12名(男性3名、女性9名、年齢 $76 \pm 4.9$ 歳、体重 $53 \pm 10.7$ kg)とし、入院時及びコルセット着用中の歩行を測定した。計測にはVICON

(Vicon Motion Systems社)を使用し、約7mの歩行路を独歩にて、1回の歩行計測データから左右それぞれの立脚期を抽出し、速度から運動エネルギー(以下KE)を、身体中心の上下変位から位置エネルギー(以下PE)を、KEとPEの和から全力学的エネルギー(以下TE)を算出した。それぞれの位置エネルギーの増加量(以下Wp)、運動エネルギーの増加量(以下Wk)、全力学的エネルギーの増加量(以下Wt)を用いて、%R( $\%R = |1 - Wt / (Wp + Wk)| \times 100$ )を算出した。関節角度は、股関節と膝関節における屈曲伸展および体幹前傾後傾の最大値について、それぞれの左右平均値を求めた。

統計はWilcoxon符号順位検定を用い、コルセット装着の有無で比較し、有意水準は5%未満とした。

#### 【結果】

%Rは入院時平均 $45.0 \pm 16.2\%$ 、コルセット平均 $45.0 \pm 14.9\%$ であり有意差は認められなかった。歩行速度は入院時平均 $0.87 \pm 0.22$ m/秒、コルセット平均 $0.85 \pm 0.19$ m/秒、歩幅は入院時平均 $0.47 \pm 0.10$ m、コルセット平均 $0.49 \pm 0.07$ mと共に有意差は認められなかった。関節角度はコルセットの着用にて股関節の屈曲は減少( $p < 0.05$ )、伸展は増加して( $p < 0.01$ )有意差が見られ、胸郭は後傾方向へ有意な変化が見られた( $p < 0.05$ )。膝関節の屈曲・伸展で有意差は認められなかった。

#### 【考察】

一般的に健常成人には4km/hの歩行速度で%Rは約60%になり、効率としては至極適正な速度とされている。今回はコルセットの着用で股関節の伸展が増加したが屈曲が減少し、可動範囲が伸展方向に変位したが拡大しておらず、歩幅に変化は見られなかった。%Rは歩行速度に変化が無く、KEの増加が見られなかったため、変化が見られなかったと考えた。

#### 【結語】

コルセットの着用において対象者の「歩きやすさ」は%Rとは違う変化による要因から自覚している可能性が考えられた。一方で重症度や左右対称性などの疾患特性を吟味して、検証していく必要があると考えられる。

#### 【倫理的配慮】

所属施設における倫理審査会で承認を得て実施した。

## P-01-19 ポスター1(身体運動学2)

### 座位姿勢の違いと座位保持時間が腰背部筋筋硬度に与える影響

○問所 祥子<sup>1)</sup>, 荒木 清か<sup>2)</sup>, 梅中 慧<sup>3)</sup>, 田中 正二<sup>1)</sup>, 横川 正美<sup>1)</sup>, 山崎 俊明<sup>1)</sup>

1)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

2)特定医療法人社団勝木会やわたメディカルセンター リハビリテーション技師部

3)社会医療法人 ONE FLAG おおさかグローバル整形外科病院リハビリテーション科

#### 【はじめに・目的】

腰痛患者の多くは腰部のこわばりを訴え、その部位の圧痛がみられることが多い。しかし、座位保持中の腰部筋の筋硬度と時間的変化は十分検討されていない。そこで、本研究の目的は、脊柱起立筋と多裂筋の筋硬度に座位姿勢と座位保持時間が与える影響について検討することとした。

#### 【方法】

対象は若年成人男女18名（男性9名、女性9名、平均年齢21.7±1.1歳）とした。実験条件は背もたれのない椅子での座位保持20分間とし、座位姿勢は骨盤中間位（正中座位）と骨盤最大後傾位（後傾座位）の2条件とした。筋硬度測定には超音波診断装置（ARIETTA750、FUJIFILM Healthcare製）の剪断波エラストグラフィー機能を用い、剪断波伝播速度を測定した。対象筋は右L3レベルの脊柱起立筋および多裂筋とした。初回測定日に直立座位、1週間以上開けた2回目測定日に後傾座位をそれぞれ開始時から20分まで5分間隔で測定した。各座位姿勢間での筋硬度の比較には、Wilcoxonの符号付順位検定を用いた。各座位姿勢での時間経過による筋硬度の比較には、Kruskal-Wallis検定を実施した。有意水準はp<0.05とした。

#### 【結果】

脊柱起立筋のせん断波伝播速度は、直立座位・後傾座位間（3.93±1.47ms, 3.67±0.74ms）で有意差はみられなかった。一方、多裂筋については、直立座位に比べ後傾座位（4.70±1.90ms, 6.62±3.16ms, p<0.05）が有意に高かった。また、脊柱起立筋・多裂筋ともに直立座位・後傾座位ともにいずれも経時的变化はみられなかった。

#### 【考察】

座位姿勢の違いにより多裂筋筋硬度では有意差がみられた。筋硬度に影響を与える因子として筋の伸張があげられる。直立座位に比べ、骨盤後傾位では、腰背部筋は伸張されるが、筋長の長い脊柱起立筋では影響が小さく、一方、筋長の短い多裂筋では、筋の伸張が与える影響が大きかったのではないかと考える。また、直立座位・後傾座位ともに脊柱起立筋・多裂筋の両筋とも経時的变化はみられなかった。20分程度の座位保持では腰痛は発生しないと報告されており、時間が短かったため筋硬度に影響を与えたかったではないかと考えた。

#### 【結語】

脊柱起立筋、多裂筋の筋硬度に座位姿勢の違いが与える影響は異なっており、多裂筋の筋硬度は後傾座位が有意に高かった。また、20分間の座位保持では、筋硬度の変化はみられず、今後は条件を変更し検討していく必要がある。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

すべての被検者に本研究の目的と概要を口頭と書面にて説明し、同意を得た。また本研究は所属施設医学倫理審査会の承認を得て実施した。（承認番号：2022-187）

## P-01-20 ポスター1(神経生理学1)

### 反復練習時の練習時間と試行回数が運動抑制に与える影響

○菅原 靖<sup>1)</sup>, 黒川 凌<sup>1)</sup>, 赤岩 真悠<sup>2)</sup>, 松田 裕弥<sup>1)</sup>, 小菅 凜<sup>1)</sup>, 工藤 哲史<sup>3)</sup>, 齊藤 秀和<sup>4)</sup>, 柴田 恵理子<sup>5)</sup>, 佐々木 健史<sup>2)</sup>, 菅原 和広<sup>2)</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 理学療法学第一講座

3)柏葉脳神経外科病院 リハビリテーション科

4)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

5)北海道文教大学 医療保健科学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

#### 【はじめに・目的】

我々は、単純なGo/NoGo課題を反復練習すると、運動抑制に関わる神経活動が変調することを報告した。しかし、反復練習の効果を決定づけるうえで、練習時間と試行回数のどちらが練習効果に影響を及ぼすかは明らかになっていない。そこで本研究では、反復練習時の練習時間と試行回数のどちらが運動抑制課題の練習効果に与える影響が大きいか調査した。

#### 【方法】

健常成人21名を対象に、視覚刺激を用いたGo/NoGo課題を練習し、その前後（Pre, Post）で課題中の脳波計測を行った。PreとPostのGo/NoGo課題の刺激提示間隔（ISI）は1~2 s間のランダムとした。練習時間と試行回数が練習効果に与える影響を調査するため、ISIが1 sのGo/NoGo課題を40分間（計2400試行）練習する群、ISIが2 sかつ40分間（1200試行）の練習を行う群、ISIが1 sかつ20分間（1200試行）の練習を行う群の3群に分けた。すべての課題でGo刺激とNoGo刺激は8:2の割合で提示した。運動抑制の評価にはPreとPostの課題成績（反応時間、抑制エラー数）と、事象関連電位（ERP）の振幅、潜時を用いた。脳波は国際10-20法のF3, F4, C3, C4, P3, P4, Fz, Cz, Pz, Ozから導出した。ERPの解析は刺激提示を基準（0 ms）にBaselineを-100~0 msとし、Baseline-to-Peakにて振幅値を算出し、ERP潜時は頂点潜時を算出した。統計学的解析は課題成績に対してウィルコクソンの符号付順位検定、課題成績およびERPの練習前後の変化量に対してはクラスカルウォリス検定を実施した。

#### 【結果】

反応時間は練習前（313 ms, Max: 416 ms, Min: 254 ms）と練習後（299 ms, Max: 353 ms, Min: 259 ms）で有意差はなく、抑制エラー数は練習前（14回, Max: 64回, Min: 1回）から練習後（24回, Max: 63回, Min: 0回）に有意に増加した。また、反応時間、抑制エラー数、ERPの変化量の全てで群間差が認められなかった。

#### 【考察】

3つの群すべてにおいて、反復練習後の課題成績が向上しなかった。本研究では、反復練習で提示した視覚刺激のISIと反復練習前後の課題成績算出に用いた視覚刺激のISIが異なっていたため、練習効果の転移が生じなかつた可能性がある。

#### 【結語】

反復練習時間と試行回数が課題成績に及ぼす影響を調査するためには、反復練習時の刺激提示間隔と課題成績算出時の刺激提示間隔を同一とする必要があることが示唆される。

#### 【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：3-1-12），被験者には研究内容を十分に説明し、同意を得た。

## P-01-21 ポスター1(神経生理学1)

標的記憶再活性化(TMR)における安静状態の修飾がマイクロオフライン学習に及ぼす影響

○川添 隆伸<sup>1)</sup>, 松村 佳奈<sup>1)</sup>, 篠原 大河<sup>2)</sup>, 有馬 晃樹<sup>2)</sup>, 池田 尊司<sup>3)</sup>, 菅田 陽怜<sup>1,2)</sup>

1)大分大学大学院 福祉健康科学研究科

2)大分大学 福祉健康科学部 理学療法コース

3)金沢大学子どものこころの発達研究センター

### 【はじめに・目的】

ヒトの運動学習の大半は学習課題間の休息期に起こり、さらにそれは学習早期の覚醒下において秒単位で急速に加速する(マイクロオフライン学習)(Bonstrup, 2019)。一方、学習効率に関する研究として、学習時や休息時に知覚刺激を提示することで記憶の定着を促進させる「標的記憶再活性化(Targeted Memory Reactivation; TMR)」という手法が注目されている。このTMR研究について、覚醒下休息期に知覚刺激を提示する研究は散見されるが、TMRの効果を秒単位で検証した報告はない。そこで本研究の目的は、覚醒下休息期のTMRによる修飾がマイクロオフライン学習に及ぼす影響を明らかにすることとした。

### 【方法】

18歳以上の右利き健常男女27名(平均 $20.9 \pm 1.65$ 歳)に対し、先行研究と同様のボタン押し課題(課題10秒/休息10秒;計36試行)を実施した。研究対象者は、画面上に提示される1~4までの数字に対応するボタンを迅速かつ正確に非利き手で押す課題を行った。TMRの知覚刺激には先行研究(Salfi, 2019)を参考に聴覚刺激を用いた。さらに、TMR付加による安静状態の修飾効果を調べるために、1) 休息中に課題時のボタン押し速度で聴覚刺激を付加する群(Regular Speed; RS群)と2) 課題時のボタン押し速度の1.3倍の速さで聴覚刺激を付加する群(Fast Speed; FS群)に無作為に振り分けた。

### 【結果】

TMRの早期学習への影響を調べるために、12試行目までの学習量をRS群とFS群で比較したところ、FS群の学習量がRS群と比較して有意に増加していた( $p = 0.017$ )。また、FS群において12試行目までの総学習量の内、課題中の学習量よりも休息中のマイクロオフライン学習量の方が有意に大きかった( $p = 0.014$ )。

### 【考察】

TMRにおける近年の研究報告では、覚醒下TMRは記憶の定着に影響を与える、むしろ阻害することが報告されている(Hoffman, 2024)。一方、本研究結果では覚醒下TMRが刺激の速度によって記憶定着を促進させる可能性が示された。また、本研究はパフォーマンスの予測最大速度で触覚刺激を提示したTMR研究(Veldman, 2022)と同様の結果を得られ、刺激方法が簡便な聴覚刺激でも覚醒下TMRは学習効率を促進させる可能性があることが示された。

### 【結語】

覚醒下TMRは刺激条件によってマイクロオフライン学習をさらに加速させる可能性がある。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は、所属施設における倫理審査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:2606)。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-01-22 ポスター1(神経生理学1)

嚥下と発声を意味する動作語の理解が発声反応に及ぼす影響

○黒崎 純輝<sup>1,2)</sup>, 芝田 純也<sup>2,3)</sup>, 大西 秀明<sup>2,3)</sup>, 星 春輝<sup>2,3,4)</sup>, 美馬 達哉<sup>5)</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

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)新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 医療福祉学専攻

5)立命館大学 先端総合学術研究科

### 【はじめに】

臨床場面において、関わりの多い合併症に誤嚥性肺炎がある。誤嚥を防ぐためには嚥下と発声は厳密に制御される必要がある。しかし両者の神経機構は不明な点が多く、制御機構が破綻するメカニズムは未解明である。本研究では、嚥下に関連する脳領域と発声に関連する脳領域が互いに抑制しているという仮説を立てた。先行研究において、動作語理解では動作に関連した脳領域が活性化し、その後の動作に影響を及ぼすことが報告されている。そのため、嚥下を意味する動作語理解では、発声に関連する脳領域は抑制されその後の発声反応が遅くなり、発声を意味する動作語理解では、発声に関連する脳領域が活性化しその後の発声反応が速くなることが予測される。嚥下と発声を意味する動作語を用いた発声反応課題を行い、動作語理解により発声反応が変化するかを検証した。

### 【方法】

対象は日本語を母語とする健常成人15名とし、動作語提示から発声までの反応時間を記録した。実験は2条件のGo/No-Go課題とし、動作語を瞬時に判断して発声する即時条件と動作語提示1秒後の合図で発声する遅延条件とした。使用する動作語は嚥下、発声、手に関係する動作語と、意味のない単語をそれぞれ5つとした。動作語は1ブロックで20個の提示とし、実験は3ブロック行った。また、3ブロック共に共通の動作語セットを用いた。被験者には意味のある動作語のみ発声するよう指示し、発声は「あ」で統一した。各被験者の各条件において反応時間を算出し、各動作語群の平均反応時間を算出した。発声、嚥下に関係する動作語群の反応時間は手に関係する動作語群の反応時間を基準として標準化を行った。統計解析としてFriedman検定を行い、有意差を認めた場合、Dunn-Bonferroni検定によるPost hoc検定を行った。

### 【結果】

即時条件では嚥下、発声に関係する動作語での発声反応時間が手の動作語より有意に速くなった(いずれも $p = 0.003$ )。しかし、嚥下の動作語と、発声の動作語での発声反応時間に有意差は認めなかった。遅延条件では嚥下、発声、手に関係する動作語での発声反応時間に有意差は認めなかった。

### 【考察】

嚥下と発声の動作語では、動作語理解時にイメージされる身体部位と発声に関わる身体部位が一致するため、共通する脳領域の活性化が生じ、発声の反応が促進したと考えられる。遅延条件では、動作語提示から発声反応までの間で動作語提示の効果が持続しなかったと考えられる。

### 【結語】

動作語理解により発声反応は変化したが、嚥下に関連する脳領域と発声に関連する脳領域の相互抑制関係は認められなかった。

### 【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の承認を得て実施した。

## P-01-23 ポスター1(神経生理学1)

### 鏡による身体所有感の変化が一次運動野の興奮性に及ぼす左右差の影響

○渡邊 英奈<sup>1)</sup>, 佐々木 亮樹<sup>2,3)</sup>, 前田 賢太郎<sup>1)</sup>,  
山田 美祐<sup>1)</sup>, 竹中 悠真<sup>2,3)</sup>, 菅原 憲一<sup>1)</sup>  
1)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  
2)神奈川県立保健福祉大学大学院 保健福祉学研究科  
3)日本学術振興会 特別研究員

#### 【目的】

本研究の目的は、鏡による身体所有感の変化が一次運動野の興奮性に及ぼす影響を大脳半球の左右性に着目して明らかにすることであった。

#### 【方法】

本研究には、若年健常成人20名 ( $21.9 \pm 2.7$ 歳) が参加した。被験者は椅子に座り、前方の机上に二つの鏡を15 cm間隔で鏡面を外側に向けて正対設置した。被験者は、両前腕を中間位で各鏡面に向き合った状態で左右対称に置いた。被験者は、自身の一方の示指が映った鏡を注視し、1 Hzで両示指を各鏡面に向かって60秒間のタッピングを行った。もう一方の上肢は、タオルで覆い、その位置を目視で把握できないようにした。タッピングは、同じタイミングの対称運動と交互に行う非対称運動を設けた。一方、コントロール条件では、鏡面を紙で覆いタッピングを2つの同条件を行った。上記4条件でさらに鏡に映った右または左示指を観察する2条件があり、合計8条件を実施した。各条件では、タッピング後に経頭蓋磁気刺激を使用して隠れている側の手指を支配する一次運動野の興奮性を運動誘発電位を介して記録し検討した。計測前後では、numerical rating scale (NRS) と proprioceptive drift (PD) を使用した身体所有感の評価を行った。

#### 【結果】

運動誘発電位では、一般化線形混合モデルでの解析の結果、半球および鏡の有無、運動様式の交互作用を認めた。事後検定の結果、左一次運動野刺激にて、鏡ありの運動様式間で運動誘発電位に有意差を認めた ( $p = 0.018$ )。NRSでは、運動様式と計測時点との交互作用が認められ、対称運動において各時点で高いNRSを示した ( $p < 0.001$ )。一方、PDでは、鏡の有無と運動様式の交互作用を認め ( $p < 0.001$ )、鏡なしよりも鏡ありの対称運動でPDが大きかった ( $p < 0.001$ )。

#### 【考察】

身体所有感の誘発には、右の後頭頂葉が重要な役割を担っている。この左右性に基づいて、先行研究では、左手でPDが大きくなることを報告しており、後頭頂葉の左右性に一致した結果を得ている。しかし、本研究では同様の環境下および適切なサンプル数で研究を実施したが、その結果を再現できなかった。一方、本研究では右手の身体所有感の変化は、左の一次運動野の興奮性に影響を及ぼすことが示された。この結果は、身体所有感に関わる右後頭頂葉が特異的に左一次運動野の興奮性に影響を及ぼしたと推察される。

#### 【結語】

鏡による身体所有感の変化は、左右に関係なく対称運動で強く誘発されることが示された。一方、この変化は、特異的に左一次運動野の興奮性に影響を及ぼすことが明らかになった。

#### 【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を得て行った（承認番号: 182327）。対象者は、本研究の内容について十分な説明を受け、書面にて同意を得た上で実験に参加した。

## P-01-24 ポスター1(神経生理学1)

### リズム聴覚刺激が歩行に与える影響の検討

○上田 悠真<sup>1)</sup>, 野嶋 一平<sup>3)</sup>, 西澤 公美<sup>2)</sup>, 宇野 光平<sup>4,5)</sup>,  
松井 祐介<sup>4,5)</sup>  
1)信州大学大学院医学系研究科  
2)信州大学医学部保健学科  
3)名古屋市立大学大学院医学研究科  
4)名古屋大学大学院医学系研究科  
5)東海国立大学機構糖鎖生命コア研究所

#### 【はじめに・目的】

パーキンソン病や脳卒中といった脳血管疾患に対し、リズム聴覚刺激 (Rhythmic Auditory Stimulation; RAS) を活用したりハビリテーションは、歩行障害の改善に有効であるとされている。しかし、歩行改善に関する神経学的メカニズムは不明であり、これを明らかにすることはリハビリテーションにおける重要な課題である。ヒトは脊髄においてリズミカルな歩行動作パターンを生成しており、そのリズミカルな動作遂行に筋制御が関わっている。RASは生成されるリズミカルな動作パターンに影響を与えると考えられ、それを遂行する筋制御にも変化が生じると考えられる。そこで本研究では、RASの付与により生じる筋の制御様式の変化を捉えるため、筋シナジーに着目し、RASの付与による歩行動作の変化と筋制御の変化の関連性を明らかにすることを目的とした。

#### 【方法】

健常若年者 ( $21.8 \pm 2.7$ 歳、男性14名) 26名を対象に、RASありとRASなしの2条件で屋内平地歩行中の下肢筋電図を測定した。歩行時のRASは、ヘッドホンを装着することで一定の音量で付与した。また、RASのリズムは被験者ごとに快適歩行を行った際のケイデンスと同じになるよう設定した。測定した筋電図データは先行研究を参考に前処理を行い、非負値因子分解 (Nonnegative Matrix Factorization; NMF) を実施することで筋シナジーを算出し、筋シナジーの指標の1つであるVAF (Variance Accounted For) の計算を行った。また、筋シナジーと歩行パラメータの関連性を調査するため、それぞれの変化量間で相関解析を行った。

#### 【結果】

RASの有無による筋シナジーの変化は見られなかった。しかし、RASにより生じた1歩行周期時間のばらつきの変化とVAFを指標とした筋シナジーの変化の間には有意な相関がみられた。

#### 【考察】

RASの付与によって生じた1歩行周期時間のばらつきの変化と筋シナジーの変化が相関したことから、RASによる筋の制御様式の変化が歩行動作を調整している可能性が示唆された。

#### 【結語】

本研究では、RASの付与によって生じた1歩行周期時間のばらつきの変化と筋シナジーの変化との間に相関関係が見られるることを明らかにした。このことから、筋の制御様式が歩行動作に関連し、RASの付与により歩行動作に変化がもたらされるメカニズムの一要因として、筋の制御様式の変化が関与している可能性を示唆している。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は所属施設における倫理審査会で承認後に実施した（承認番号: 5327）。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-01-25 ポスター1(神経生理学2)

### 動作観察と運動イメージを用いた運動練習が運動の滑らかさに与える影響

○山田 美祐<sup>1)</sup>, 前田 賢太朗<sup>1)</sup>, 渡邊 英奈<sup>1)</sup>,  
小久江 智耶<sup>2)</sup>, 佐々木 亮樹<sup>3,4)</sup>, 竹中 悠真<sup>2,5)</sup>,  
菅原 憲一<sup>3)</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保健福祉学専攻博士後期課程

3)神奈川県立保健福祉大学大学院保健福祉学研究科

4)日本学術振興会特別研究員PD

5)日本学術振興会特別研究員DC

**【はじめに・目的】**運動イメージ(Motor imagery: MI)と動作観察(Action observation: AO)の組み合わせ(AO+MI)では、内部モデルが改善し運動の滑らかさが向上すると考えられる。本研究では、AO+MIのみの練習で運動の滑らかさを改善するかを検証した。

**【方法】**実験1、実験2にそれぞれ18名が参加した。運動課題は、ペンタブレットを用いて行うradial Fitt課題とした。モニタ上に6つの点が表示され、1つ(基点)はモニタの中央に、残りの5つ(目標)は基点を中心に同一円周上に表示し、手元のペンタブレットを用いて、自身のカーソルを移動に連動する指標を、基点と5つの目標を順にできるだけ早く往復させることを求めた。この時、背景は黒、到達目標は黄、到達した目標は青、自身のカーソルは赤、指標は緑で表示した。装置に慣れるため、カーソルと指標が一致する状態で練習を5試行行った。課題の練習とその前後の評価では、指標はカーソルの移動に対して回転し、回転角度は基点と目標を往復するたびに一定の割合で変化させた。練習前後の評価5試行ずつを解析した。練習は3群とし、AO+MIで練習を行う群(AO+MI群)、実際に練習を行う群(練習群)、何もしないコントロール群とした。AO+MI群は、本課題に熟練した人の動画を見ながらMIを行った。練習群は、実際に運動を伴う練習を行った。いずれも7試行ごとに休憩を取り、合計35試行を行い、この練習と同じ時間、コントロール群は何もせずに待機した。実験1において本課題の学習可能性を評価した。実験2では運動の滑らかさの指標である躍度を時間と距離で標準化して算出した。実験1及び実験2の試行の所要時間、移動距離及び実験2の躍度は、一般化線形混合モデルを用いて解析した。いずれの解析も $\alpha=0.05$ とした。

**【結果】**実験1では、所要時間は練習前よりも練習後で、またコントロール群よりも他の2群で時間が短く(全て $p<0.05$ )、移動距離は群によらず練習後に有意に減少した( $p<0.001$ )。実験2では、所要時間及び移動距離ともに群によらず練習後に向上する結果となった。一方躍度では、全群で練習後に有意に躍度が減少し、練習後において練習群がコントロール群よりも有意に躍度が大きかった(全て $p<0.05$ )。

**【考察】**実験1より本課題がAO+MIでもパフォーマンスの向上が可能であることが明らかとなった。また、実験2の躍度の結果より、AO+MI群で練習群とコントロール群の中間程度の躍度の減少がある可能性が考えられた。

**【結語】**AO+MIでは、運動の滑らかさが改善する可能性がある。

**【倫理的配慮・説明と同意】**所属施設における研究倫理審査委員会で承認(承認番号:18-23-54)を受け、参加者には事前に書面及び口頭で説明を行い、同意を得た上で実施した。

## P-01-26 ポスター1(神経生理学2)

### メンタルプラクティス効果に対する運動イメージ能力評価の妥当性の検討

○柴崎 耀都, 渡邊 観世子  
国際医療福祉大学

#### 【はじめに・目的】

リハビリテーション分野において、運動イメージを用いてパフォーマンスの向上を図るメンタルプラクティス(Mental Practice: MP)は有効な結果を示している。MPの効果は、運動イメージ能力と関係があるとされているが統一した見解は得られていない。そこで本研究の目的は、MPの効果と運動イメージ能力評価の関係を再検討し適切な評価方法を明らかにすることとした。

#### 【方法】

健常成人21名(男性8名、女性13名平均年齢 $21.4\pm0.5$ 歳)を対象とし、非利き手のボール回し課題(1分間)をMP前(プレテスト①)、MP後(ポストテスト②)と約24時間後(ポストテスト③)に実施し、回数を計測した。プレテスト後には1分間×10回のMPを実施した。

運動イメージ能力評価は質問紙を用いてイメージの鮮明性を評価するJMIQ-R、イメージ時間と実際に運動した所要時間の比較からイメージの維持能力を測定するメンタルクロノメトリー(STEF、ボール回し課題)、回転させた手の画像から元の手の画像をイメージし左右判断をすることでイメージの制御可能性を測定するメンタルローテーションの4種類を実施した。

統計解析は、ボール回し課題のパフォーマンスの変化量(ポストテスト③-プレテスト①)と各運動イメージ評価(JMIQ-Rの合計点数、メンタルクロノメトリー: STEF、ボール回し課題、メンタルローテーション: 手掌、手背)との関係をSpearmanの相関係数を用いて検討した。

#### 【結果】

ボール回し課題の回数はプレテスト① $16.6\pm7.3$ 回からポストテスト③ $25.8\pm8.7$ 回に増加した。

ボール回し課題のパフォーマンス変化量とボール回し課題のメンタルクロノメトリーとの間に強い正の相関( $r=0.729$ ,  $p<0.001$ )、手掌のメンタルローテーションとの間に負の相関( $r=-0.475$ ,  $p<0.05$ )がみられた。

#### 【考察】

運動イメージは課題特異性があるため、MP課題と同一であるボール回し課題のメンタルクロノメトリーに相関がみられたと考えた。また、MPには自分が運動を行っているかのような筋感覚的運動イメージである一人称的運動イメージが重要である。健常成人のメンタルローテーションは手掌画像のみ一人称的運動イメージを用いるため相関がみられたと考えた。

#### 【結語】

MPの効果の評価は課題特異性と一人称的運動イメージが重要であり、MP課題のメンタルクロノメトリーと手掌のメンタルローテーションといった時空間的なイメージの評価が適切であることが示された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:23-S-10)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し書面で同意を得た。また、本研究において開示すべき利益相反はない。

**P-01-27 ポスター1(神経生理学2)**

高齢者の保守的行動を改善させる介入の検討  
-バーチャルリアリティ環境下での段差跨ぎ動作-  
○石井 利樹<sup>1,2)</sup>, 須田 祐貴<sup>1,3)</sup>, 福原 和伸<sup>1)</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)麻生リハビリ総合病院 リハビリテーション科  
3)日本学術振興会特別研究員 (DC2)

【目的】歩行中の段差へのつまずきは、転倒に直結しうる。このため高齢者は、段差を跨ぐ際に足を極端に高く上げる行動（保守的行動, conservative strategy）をとることが報告されている。保守的行動はつまずきのリスクを減らす反面、片脚立脚時間延長に伴う不安定化や、関節協調の低下につながることが報告されている。また保守的行動を繰り返すことで、段差に応じた調整をしなくなり、結果的に歩行調整能力低下につながる懸念もある。そこで我々は、保守的行動からの脱却を促す方略として、多様な高さの段差を最小クリアランスで跨ぐ経験が有益であると考えた。この経験はつまずきのリスクがない安全なバーチャルリアリティ（VR）環境下でも実施可能であると考えられた。本研究では、こうした考え方の妥当性を実験的に検討した。

【方法】高齢者14名 ( $76.5 \pm 6.0$ 歳) を、介入群と統制群の2群にランダムに振り分けた。偏光メガネを装着することで映像を立体視として認識できるスクリーン型VRシステムを用いた。スクリーンに映像を映し出し、足踏みを行うことで歩行しているかのように映像が動いた。対実験は2日に渡って行われ、両日共にプレテスト、介入課題、ポストテストを実施した。プレテストとポストテストでは高さ15cmの段差をVR上で跨いだ。介入課題では段差を最小クリアランスで跨ぐことが求められた。介入群では、左右非対称の段差が足踏み中に左右の高さに変化が生じる。一方統制群では、左右非対称の段差で高さの変化が生じない。障害物とのクリアランス（先導脚:先導して跨ぐ脚、後続脚:次いで跨ぐ脚）を算出し、両日のプレテスト、ポストテスト（計4水準）で比較した。

【結果】 グループ×時間における2要因分散分析を行った結果、時間における有意な主効果（先導脚  $p < 0.01$ 、後続脚  $p < 0.01$ ）、有意な交互作用（先導脚  $p < 0.05$ 、後続脚  $p = 0.365$ ）が得られた。事後検定の結果、先導脚は統制群でのみポストテストで有意に低下し、後続脚は両群ともポストテストで有意に低下した。

【考察】本研究の結果から、後続脚に対しては、足踏み中の段差高の変化に関わらず多様な高さの段差を最小クリアランスで跨ぐ経験によって、クリアランスの低下、すなわち保守的行動が改善されることが示された。また、この経験は、つまずきのリスクがないVR環境下でも実現できることがわかった。先導脚のクリアランスが改善する効果は、介入群では確認されなかった。

【結語】保守的行動から脱却させる方略として、VR環境下で動作の調整経験を促すことが有効である可能性が示唆された。

【倫理的配慮・説明と同意】所属施設における倫理審査会で承認後に実施した（承認番号：H5-128）。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

**P-01-28 ポスター1(神経生理学2)**

バーチャルリアリティ環境を用いた段差跨ぎ場面のシステム構築  
-後続脚の衝突に着目して-  
○袴田 友樹<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)葛西中央病院リハビリテーション科

【はじめに・目的】安全に段差を跨ぐスキルは歩行中の転倒予防に重要なスキルである。先導脚に比べて後続脚の衝突頻度が高いことが報告されている(Rietdyk & Rhea 2006)。後続脚ではクリアランスが低いこと(Patla et al.1996)、踏み切り位置が近いこと(Heijnen et al.2014)が指摘されているが、後続脚の衝突を軽減させる方法について十分な検討がなされていない。

介入の有効性を検証するうえで、物理的な衝突が生じないとその後の試行では、後続脚クリアランスが増加するため(Heijnen et al. 2012)、介入の有効性に関わらず後続脚の動きが変化してしまう懸念がある。この問題を解決する一つとして、物理的な衝突が生じないバーチャルリアリティ（VR）環境を利用していく方法がある。

以上より、本研究ではVR環境を用いた段差跨ぎ場面のシステム構築を行うこととした。特にVR環境での段差跨ぎが実環境と共通した特性があるのか、VR環境の動作特性があるのかを検証した。

【方法】健常若齢者 12名 ( $29.0 \pm 4.1$ 歳) 、HMDを着用し3m先にある段差に歩いて向かい右脚で跨いだ。段差の高さは、下肢長の20, 30%の2種類を使用した。測定はVR環境、実環境において、段差の高さ2種類×繰り返し5試行の10試行とした。従属変数は、後続脚衝突率、先導・後続脚クリアランス、開始位置から跨ぐまでの重心速度、跨ぐ前の後続脚踏み切り距離、跨いだ後の先導脚の接地距離とし、三次元動作解析装置を使用し計測した。独立変数は、クリアランスでは環境と脚、重心速度、踏み切り距離、接地距離は環境と障害物高さとした二元配置分散分析を行った。

【結果・考察】共通した跨ぎ動作として、VR・実環境ともに後続脚ではクリアランスが小さいこと、後続脚クリアランスや重心速度において環境の違いはなかった。VR環境の特性は後続脚衝突率が高いこと、先導脚クリアランスが大きいこと、踏み切り距離が遠く接地距離が近くなることがわかった。したがって、不慣れなVR環境で歩行が困難といった可能性が低いこと、安全性を重視した戦略を示したことや奥行き知覚が関連したと推察した。

【結語】実環境と共通した跨ぎの特性やVR環境の特性を有していたことから、構築したVR環境下の跨ぎ動作を対象とした仮説の検証は可能であると考えた。今後は構築したシステムを活用し後続脚の衝突を軽減する介入について検討していく。

【倫理的配慮・説明と同意】ヘルシンキ宣言に基づき参加者に研究の目的、方法、心身への影響、参加中止の自由について説明を行い、参加者から研究への同意と実験参加への承諾を紙面にて得た。本研究の手続きは、所属機関の研究安全倫理委員会により審査を受け承認された(承認番号H3-64)。

**P-01-29 ポスター1(神経生理学2)****運動イメージの客観的評価における皮質脊髄路興奮性の有効性**

○前田 賢太朗<sup>1)</sup>, 山田 美祐<sup>1)</sup>, 渡邊 英奈<sup>1)</sup>,  
小久江 智耶<sup>2)</sup>, 佐々木 亮樹<sup>3,5)</sup>, 竹中 悠真<sup>2,4)</sup>,  
菅原 憲一<sup>5)</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保健福祉学専攻博士後期課程

3)日本学術振興会特別研究員PD

4)日本学術振興会特別研究員DC

5)神奈川県立保健福祉大学大学院保健福祉学研究科

**【はじめに・目的】**運動イメージ (Motor imagery: MI) は運動パフォーマンスの向上に有用であるが、その客観的評価法は確立されていない。本研究ではMIの客観的評価法として皮質脊髄路興奮性とMI能力の主観的な質問紙評価の有効性を検証した。

**【方法】** 非利き手の指を用いた系列反応時間課題を使用し、拇指を除く4指にそれぞれタッチモニタ上のボタンを割り付けた。4つの信号があり、点灯した信号の下にあるボタンを対応する指でできるだけ早くタッチすることを求めた。この信号は16個の事前に決定した順番で順に点灯 (系列課題)、またはランダムな順に点灯 (ランダム課題) させた。16個の系列の3回の繰り返しを1セットとし、セット間に12秒の休憩をとり5セット行うものを1ブロックとした。実験1では、系列課題とランダム課題を10名の参加者に練習前後に1セットずつの評価と実際に運動を行う練習を6ブロック実施させた。実験2には13名が参加し、実験1で使用した系列課題を使用し、練習は4ブロックとした。練習はMIを用いて行い、その前後で、1セットの反応時間の評価と課題のMIをしている最中の経頭蓋磁気刺激による運動誘発電位の評価 (MI評価) を行った。最後に、MI能力の質問紙評価としてKVIQ-10及びJMIQ-Rを実施した。MI評価では、16個の系列の4回の繰り返しを使用し、示指に該当する信号が点灯した時点で第一背側骨間筋から16回の記録を行い、実験開始前とMI評価の後にもそれぞれ安静状態で16回ずつ行った。反応時間及び実験2の運動誘発電位の統計解析は一般化線形混合モデルを使用して比較を行った。また、実験2では練習前後の反応時間の差を算出し、これと運動誘発電位、MI能力質問紙の結果との相関分析を行った。いずれの統計も $\alpha=0.05$ とし、SPSSを用いて行った。

**【結果】** 実験1では、系列課題でランダム課題よりも練習により反応時間が有意に短縮する結果となった ( $p<0.05$ )。実験2の反応時間も有意に短縮し ( $p<0.001$ )、運動誘発電位はMI評価で安静時よりも有意に増大した ( $p<0.001$ )。反応時間の差といずれの項目も有意な相関は認めなかった (全て $p>0.5$ )。

**【考察】** 実験1より系列課題が運動学習可能であり、実験2より、MIでも改善可能であることが示された。またMI評価時に運動誘発電位が増大しており、参加者がMIを行えていたことが示唆された。しかし、反応時間の差と相関がなかったことからこれらの項目については、MIの客観的評価として適切ではない可能性が示唆された。

**【結語】** 運動誘発電位はMIの客観的評価としては有用ではない可能性がある。

**【倫理的配慮・説明と同意】** 所属施設における研究倫理審査委員会で承認 (承認番号: 18-23-46) を受け、参加者には事前に書面及び口頭で説明を行い、同意を得た上で実施した。

**P-01-30 ポスター1(神経生理学3)****恐怖記憶の形成に関する心理特性**

○五十嵐 眚実<sup>1,2,3)</sup>, 大鶴 直史<sup>1,2)</sup>, 井上 創太<sup>2,3)</sup>,

飯室 幸士<sup>2,4)</sup>, 長坂 和明<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)新潟医療福祉大学 医療福祉学専攻

4)新潟医療福祉大学 保健学専攻 理学療法学分野

**【はじめに・目的】**

ヒトは特定の状況において嫌悪事象が繰り返されることにより恐怖記憶を形成する。恐怖記憶は、宣言的な恐怖記憶と非宣言的な恐怖記憶に分類され、前者は主観的に表現できる恐怖である。一方で、後者は不快情動を生じさせ、発汗など身体的恐怖反応を引き起こす。非宣言的な恐怖記憶の強固な定着は慢性疼痛、不安症やうつとの関連が指摘されているが、個人における心理的特徴との関連は不明な点が多い。そこで本研究では、恐怖条件付けにより、非宣言的な恐怖記憶が形成される個人の心理的特性を評価し、これらの関連を明らかにすることを目的とした。

**【方法】**

対象は、健常成人28名(女性:16名、男性:12名、年齢:21.3 ± 0.5歳)とした。実験に先立ち各被験者の心理特性を評価するため、被験者に痛みの破局的思考を評価するPain Catastrophizing Scale(PCS)、痛みへの注意を評価するPain Vigilance and Awareness Questionnaire(PVAQ)への回答を求めた。恐怖条件付けは、一定の確率で痛み刺激が付随する条件刺激(CS+)と痛み刺激が付隨しない条件刺激(CS-)を各8回ランダムに提示することにより実施された。各条件刺激には、黄色および青色の四角形の画像を用い、被験者ごとにどちらがCS+かはランダムとした。各被験者がNRS8と評価する強度の痛み刺激をCS+提示開始8秒後に提示し、これによりCS+に対する恐怖記憶を惹起した。条件付け後、CS+, CS-に対する主観的恐怖感を10段階の主観的尺度を用いて聴取した(宣言的恐怖記憶の評価)。24時間後に、各条件刺激を2回ずつ提示し、恐怖記憶が固定化されているかを評価した。両日ともに、条件刺激の提示に際し、CS+とCS-に対する皮膚コンダクタンス反応(SCR)から身体的恐怖反応を評価した(非宣言的恐怖記憶の評価)。宣言的恐怖記憶が形成されなかった被験者2名を除外し、SCRに基づき被験者を非宣言的恐怖記憶の形成群(15名)、非形成群(11名)に分け、心理特性と各条件刺激に対するSCRに違があるかをStudent's t testを用いて検討した。有意水準は5%とした。

**【結果】**

Student's t testの結果、非形成群において、PCS( $p=0.013$ )とPVAQ( $p=0.018$ )で有意に高いスコアを示した。また、CS+に対するSCRでは有意差は認められなかったが( $p=0.805$ )、CS-に対するSCRについて、非形成群で高い傾向を示した( $p=0.059$ )。

**【考察】**

今回の結果は、非形成群において痛みに対する感受性が高いことを示唆した。恐怖記憶の評価はCS+への反応からCS-への反応を差分することで評価することが多いが、CS-への反応が個人の心理特性によって異なる可能性があり、解釈に注意を要する。

**【結語】**

CS+に対する恐怖記憶が形成されない個人では、痛みに対する感受性が高く、CS-に対する反応が強い傾向が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、所属施設における倫理委員会の承認後、対象者に対して書面および口頭にて実験内容を十分に説明し、同意を得た上で行った。

## P-01-31 ポスター1(神経生理学3)

### 主体性と抑うつが要介護被保険者の行為主体感に及ぼす影響

○安藤 佳貴<sup>1,2)</sup>, 林田 一輝<sup>3,5)</sup>, 温 文<sup>4)</sup>, 森岡 周<sup>5)</sup>

1)畿央大学大学院 健康科学研究科

2)うつのみや訪問看護リハビリステーション にこっと

3)宝塚医療大学 和歌山保健医療学部

4)立教大学 現代心理学部 心理学科

5)畿央大学 ニューロリハビリテーション研究センター

#### 【はじめに・目的】

行為主体感 (sense of agency) とは、自分の行為を制御する主観的な意識を指す。在宅の現場において、疾病や感覚運動障害といった行為主体感を低下させる因子を抱えながらも、高い主体性を持って生活をしている方が多く存在する。これは行為主体感と主体性が相反する関係のためか、抑うつによって変化する関係が不明である。また主体性と抑うつが相互して、行為主体感に影響している可能性もある。本研究の目的は主体性と抑うつが行為主体感に及ぼす影響について調査することとした。

#### 【方法】

対象は実験課題の遂行や理解が可能な在宅生活の要介護被保険者13名とした。課題はパソコンのタッチパッドを使用してドットを操作するものであり、条件設定はドットの動きを自分の操作0~100%の中で10%ごとにランダムに反映させた。試行数は1試行4秒間の操作を計110試行 (0~100%を10%ごとに各10回)とした。教示は「ドットの動きに違和感があっても自分が動かしていると感じればYesと答える」とした。これらの一連の課題はMATLAB、Psychtoolbox、R2016a (MathWorks, Natick, MA, USA) を用いて作成した。行為主体感を定量的評価するために、曖昧さの指標である傾きと、50%の確率で「Yes」と回答するポイントを主観的等価点 (Point of Subjective Equality : PSE) である閾値を求めた。主体性を社会的自立支援アウトカム尺度、抑うつをBDI-IIで調べた。またモデル適合度をROC曲線下面積にて求め、0.9以下を除外基準とした。統計解析は傾きを従属変数、抑うつ、主体性を説明変数とした階層的重回帰分析を行った。有意水準は5%とした。

#### 【結果】

ステップ1 ( $R^2_{adj} = .19$ ,  $p = .14$ ) から交互作用項を含んだステップ2 ( $R^2_{adj} = .21$ ,  $p = .18$ ) で分散説明率の有意な増加は見られず、抑うつと主体性の交互作用効果是有意ではなかった ( $b = 0.08$ ,  $p = .31$ )。抑うつの主効果 ( $b = -1.07$ ,  $p < .05$ ) は有意ではあったが、主体性の主効果は有意ではなかった ( $b = -1.19$ ,  $p < .14$ )。

#### 【考察】

交互作用と主体性の主効果はなかったことから、抑うつと主体性はそれぞれ独立した因子であることが分かった。また抑うつは行為主体感を減弱させる可能性が示唆された。

#### 【結語】

要介護被保険者の行為主体感を高めていくには、個人の心理特性を理解した上でプログラムを立案していく必要がある。

#### 【倫理的配慮】

本研究は、畿央大学研究倫理委員会の承認を取得し(承認番号R5-35)、被験者に研究参加に対する自由意志と権利の確認、個人情報の取り扱いを研究同意書にて説明し書面による同意を得た。

## P-01-32 ポスター1(神経生理学3)

### 実身体運動に先行して運動する筋電図駆動アバター体験時の知覚特性

○松居 和寛, 岡本 淳人, 新井 孝平, 平井 宏明,

西川 敦

大阪大学大学院基礎工学研究科

#### 【はじめに・目的】

これまで、実身体運動に対して対象物(画面内のオブジェクトや録画された四肢運動)の運動に「遅れ」が生じる場合の、運動主体感をはじめとする様々な知覚特性の研究が行われてきている(Osumi et al., 2018; Katayama et al., 2018)。これらの実験系では運動に対して「先行して」運動が生じる試行(Event prior to action: EPA)が含まれることがあるが、このEPAは自身の「意図」とは関連せず生じるため、必ずしも「運動する意図に応じて実身体運動よりも先行して生じる」運動(EPA with intention: EPAWI)を実現できていない。これに対し筋電図は実身体運動よりも必ず先行して生じるため、閾値制御やパターン認識とは異なる手法で筋電図によって対象物を操作することでEPAWIが実現できる。これまで筋電図駆動アバター体験システムを用いて、実身体運動に先行して運動する設定にしたアバターによるEPAWIにおいて、知覚特性が変化することが示唆されているが(Okamoto et al., 2024)、統計的有意性については未検証であり、有意性を調査することを本研究の目的とする。

#### 【方法】

本研究で用いるシステムは、右上腕二頭筋と上腕三頭筋に貼付した電極から筋電図を1000 [Hz]で取得し、NMSS modelという数理モデルを介することでアバターの肘関節角度を計算する。得られた関節角度を、Head mounted display(HMD)内に、肩関節位置を実身体と一緒にさせ表示する一人称右上肢アバターの肘関節に反映させることでリアルタイムに肘関節が運動するアバターを体験できる。ここで、自然角周波数( $\omega_n$  [rad/s])というパラメータを設定することで筋電図に対するアバターの遅れを調整することができ、 $\omega_n$  が大きくなるほど遅れが小さくなり、実身体運動に対して先行してアバターが運動するようになる。研究対象者は健常成人男女8名(24.8±5.3歳)とし、アバターの肘を90~150 [deg]で数回屈伸するタスクを設定した。 $\omega_n=6$ の標準設定で体験した後に、 $\{\omega_{n1} \sim \omega_{n6}\} = \{72, 36, 18, 9, 4, 2\}$ ( $i=6$ )の比較設定いずれかをランダムで体験してもらうのを1セットとして、各セットが2回になるまで実施した。1セット終了時にアバターを自身で動かしたと感じたかの「運動主体感(SoA)」、アバターを自身の身体と感じたかの「身体所有感(SoO)」、アバターの操作が快適だったかの「快適感(CL)」を標準設定を0として、±3の範囲で答えてもらった。得られた各比較設定における知覚特性を多重比較した(Holm-Bonferroni法、有意水準0.05)。

#### 【結果】

それぞれの $\omega_{ni}$ における結果を示す。SoAは $-2.3, -1.8, -1.7, -0.4, 0.0, -0.1$ で、 $i=1$ と $i=[4, 5, 6]$ ,  $i=2$ と $i=[5, 6]$ ,  $i=3$ と $i=[5, 6]$ 間の差で $p < 0.05$ 、SoOは $-2.3, -2.1, -1.4, -0.6, -0.1, 0.0$ で、 $i=1$ と $i=[3, 4, 5, 6]$ ,  $i=2$ と $i=[5, 6]$ ,  $i=3$ と $i=[5, 6]$ 間の差で $p < 0.05$ 、CLは $-2.7, -2.0, -1.8, -0.7, -0.3, -0.4$ で、 $i=1$ と $i=[4, 5, 6]$ ,  $i=2$ と $i=[5, 6]$ ,  $i=3$ と $i=5$ 間の差で $p < 0.05$ であった。

#### 【考察】

SoA, SoO, CLそれぞれの知覚特性において、 $\omega_n$ の値が大きいほど、すなわち遅れが負となり実身体運動に対して先行してアバターが運動するほど各知覚特性が有意に減少することが示唆された。

#### 【結語】

以上より、EPAWIを実現したアバターを体験すると、遅れが大きい場合と同様遅れが負方向に変化する場合も知覚特性が変化することが示された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理委員会承認の上実施した(番号:R3-3)。対象者には口頭で説明の上書面にて同意を得た。

**P-01-33 ポスター1(神経生理学3)****一般大学生とアスリートにおける手指運動機能および触覚感度の関連**

○近藤 優樹<sup>1,2)</sup>, 小島 翔<sup>2,3)</sup>, 田邊 かこ<sup>2,4)</sup>, 齊藤 慧<sup>2,3)</sup>, 大西 秀明<sup>2,3)</sup>

1)新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 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 理学療法学学科

4)新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 医療福祉学専攻

**【はじめに・目的】**

手指の運動制御には体性感覚機能が重要であり、一般人では運動機能が高い人ほど体性感覚機能が優れていると報告されている。一方、アスリートは継続的な練習により運動機能および体性感覚機能が優れていることが示されているが、その関係性は不明である。そこで、本研究の目的は、一般大学生とアスリートにおける手指運動機能および触覚感度の違いと、各機能の関連を明らかにすることとした。

**【方法】**

対象は、一般大学生群31名（年齢：22.0±0.9歳）とアスリート群31名（年齢：20.8±1.1歳、陸上部：15名、水泳部：16名）とした。運動課題は右母指と示指のタップ運動を15秒間行った。運動機能の計測は右母指と示指に装着した磁気センサーの距離データを100 Hzで記録した。得られたデータから、タップ回数と加速度を算出し、加速度がゼロを交差する回数からタップ回数を引いた値（タップに関係ない動搖回数）を算出した。触覚感度の計測では9種類の二点刺激（1.0 mm～5.0 mmの0.5 mm刻み）と一点刺激の計10種類の刺激を各16回提示した。その刺激に対し一点か二点かを回答させ、得られたデータを基に心理物理曲線から25%と75%の正答率となる二点間距離の差を算出し、その値を触覚感度（JND）とした。各指標の比較には、スチューデントのt検定を用いた。また、各機能の関連はスピアマンの順位相関係数を用いた。なお、有意水準は5%とした。

**【結果】**

タップ回数は、一般大学生群よりもアスリート群の方が有意に多かった（一般大学生群：59.3±8.8回、アスリート群：64.7±11.7回、 $p = 0.023$ ）。一方で、動搖回数（一般大学生群：15.4±11.9回、アスリート群：15.6±8.4回）およびJND（一般大学生群：0.90±0.48 mm、アスリート群：0.91±0.32 mm）は、群間で有意差が認められなかった（ $p > 0.05$ ）。相関解析では、一般大学生群でのみJNDと動搖回数の間に有意な正の相関を認め（ $p = 0.008$ ）、触覚感度が高い被験者は動搖回数が少ないことが示された。

**【考察】**

本研究のアスリート群は日常的にトレーニングを継続している被験者であったため、一般大学生群に比べタップ回数が高値となったと考えられる。また、触覚の識別能力が高い人はペグボード課題の成績が優れていることから、本研究においても、指先の触覚感度が優れている被験者は指先の運動制御能力が優れていたと考えられる。

**【結語】**

一般大学生群とアスリート群では運動機能に差はあるが触覚感度には差が認められなかった。また、一般大学生群では触覚感度が優れている被験者は指先の運動制御能力が高いことが示唆された。

**【倫理的配慮】**

本研究は所属機関の倫理委員会の承認を得て行った。また、対象者には実験内容に関する説明を十分に実施した。

**P-01-34 ポスター1(神経生理学3)****行動学的評価手法を用いた運動肢・運動強度の違いが知覚閾値に及ぼす影響**

○馬庭 直希, 中川 慧, 伊達 翔太, 車谷 洋, 砂川 融

広島大学大学院医系科学研究科

**【はじめに・目的】**

体性感覚と運動は密接に関連しており、運動中に感覚刺激を与えると感覚刺激に対する脳応答が減衰する、いわゆる「gating現象」が知られている。先行研究では、同側肢で運動強度を高めるほど、gatingによる脳応答の減弱が増大すると報告されているが、行動学的評価と神経生理学的評価を併せて詳細に検討した報告は少ない。また、脳梁を介して、対側肢での運動が及ぼす影響については明らかにされていない。そこで本研究では、行動学的手法および神経生理学的手法を用いて、運動肢および運動強度が感覚情報処理に与える影響について詳細に評価することを目的とした。本報告では、第一段階として、行動学的評価を行った結果を報告する。

**【方法】**

被験者は、上肢に関する既往歴のない健常成人13名（男性8名・女性5名）とした。被験者の右示指指腹に知覚閾値を測定する機器(Painvision)の刺激電極、両手の短母指外転筋に表面筋電図を貼付した。運動課題は、ボールを握る動作とし、筋電図モニターを注視しながら、20%、40%、60%MVC (Maximum Voluntary Contraction) で筋出力を調整し続けるように指示した。運動課題条件は、運動なし、右手運動、左手運動の3条件とし、無作為に各5回実施した。運動課題中に、漸増する電気刺激を与え、刺激を感じた時、フットスイッチを押すように指示し、電流知覚閾値を測定した。そのうち、最大値と最小値を除いた3回のデータの平均値を代表値とした。そして、各代表値を用いて、運動なし条件に対する右手運動、左手運動それぞれの電流知覚閾値の変化率を算出した。統計学的解析には一元配置分散分析を使用し、下位検定にはDunnett検定を用いた。

**【倫理的配慮・説明と同意】**

本研究は当大学の倫理審査委員会の承認を得た後に実施した。対象者には口頭にて本研究の十分な説明を行い、同意を得た(E2023-0245)。

**【結果】**

運動なし条件に対する20%MVC、40%MVC、60%MVC運動課題でのそれぞれの変化率は、右手運動が101.5±3.3%、102.5±3.7%、104.3±4.7%、左手運動が101.5±6.6%、99.5±3.4%、99.8±2.3%であった。運動なし条件と60%MVC右手運動条件の変化率との間にのみ有意差を認めた（ $p < 0.05$ ）。

**【結語（考察も含む）】**

本研究では、行動学的評価手法を用いて、運動肢・運動強度の違いが知覚閾値に与える影響を検証した。その結果、運動強度増加に伴い、知覚閾値が同側肢運動時には上昇し、対側肢運動時には下降する傾向がみられたが、有意差が認められなかった。今後の研究では、脳磁図を用いて、同様の手順で神経生理学的観点から検証することで、詳細に検討したい。

**P-01-35 ポスター1(基礎から臨床への橋渡し研究1)**

## アキレス腱治癒において腱延長・腱強度回復不全をもたらすメカニズム解明

○米野 萌恵<sup>1,2)</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)日本学術振興会特別研究員 DC2

3)埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

4)埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科

### 【はじめに・目的】

アキレス腱断裂後は損傷側の底屈筋力低下が残存し対側同等には戻らないことが最大の課題である。この要因は、腱の瘢痕治癒による力伝達機能低下のほか、腱延長に伴う筋張力低下が挙げられる。腱延長は過度な伸長力を要因とする説が主流である。一方基礎的知見では、伸長負荷が腱治癒関連遺伝子発現やコラーゲン線維配向改善を導き、腱強度回復に寄与する。つまり伸長負荷が腱機能と構造双方の回復に寄与できるかは統一した見解が得られておらず、運動療法戦略確立を阻んでいる。本研究の目的は、アキレス腱断裂縫合術後の腱への伸長負荷を減らすことが、腱延長と強度回復、コラーゲン線維配向にもたらす影響を解明することとした。

### 【方法】

C57BL/6雄性マウス48匹の左アキレス腱を完全断裂後直ちに縫合し、同側坐骨神経切除を施し下腿三頭筋を麻痺させたDenervation(DN)群、足関節固定を行ったImmobilization(IM)群、その双方を施したIM+DN群の3群に分類し、対側後趾をSham群とした。術後3、4週時点で両側後趾を採取、n=5/群は腓腹筋の起始部から停止部までを採取し、実体顕微鏡下でアキレス腱長を計測した。その後、腱を摘出し力学試験に供与した。最大破断強度(N)を計測し、腱中央部の長径×短径より算出した横断面積をもとに応力(N/mm<sup>2</sup>)を求めた。n=3/群は組織学的解析に供与しコラーゲン線維配列を評価した。結果は各タイムポイントの群間で比較した。統計学的分析は、Kruskal-Wallis検定後、多重比較 Steel-Dwass検定を実施、有効水準はP < 0.05とした。

### 【結果】

筋収縮を維持したIM群は術後4週時点での腱長、強度とも正常と同程度であったのに対し、筋収縮を阻害された2群では正常より有意な腱延長(p < 0.02)と腱最大破断強度の低下(p < 0.03)を認めた。腱横断面積は術後3・4週とも介入群間で差はないものの、IM群でより増加する傾向を示した。一方、コラーゲン線維配列を評価したグレースケールは介入群間で有意差を認めなかった。

### 【考察】

DN群は、筋収縮を阻害したが荷重に伴う背屈運動が生じる一方、関節固定のIM群は、筋収縮による腱への伸長力が生じ、IM+DN群は、双方が阻害されるため、腱は無負荷となる。以前の研究で我々は、関節他動運動は筋を優先的に伸長し、腱をほとんど生じ伸長しないことを報告した。すなわち、IM>DN≥IM+DNの順で腱への伸長力が加わるモデルと定義できる。よって、本研究結果は、筋収縮による腱への負荷は腱延長をもたらさず、むしろ、腱への除荷が力学的強度回復の遅延と腱延長をもたらす可能性を示唆した。一方で、コラーゲン線維配列や応力等の質的な差は認めなかつた。このことは、筋収縮によって、腱の太さが増加することで質的脆弱性が補われることを示唆した。

### 【結語】

アキレス腱断裂術後早期における腱への除荷は腱の構造変化をもたらし、永続的な筋力低下の要因となる。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設の動物実験倫理委員会(承認番号:2023-04)の承認を得て実施した。

**P-01-36 ポスター1(基礎から臨床への橋渡し研究1)**

## 筋質からみた末期変形性膝関節症患者における下肢筋の骨格筋特性

○北村 岳斗<sup>1)</sup>, 南角 学<sup>1)</sup>, 栗山 新一<sup>2)</sup>, 中村 伸一郎<sup>2)</sup>, 西谷 江平<sup>2)</sup>, 松田 秀一<sup>2)</sup>, 池口 良輔<sup>1,2)</sup>

1)京都大学医学部附属病院 リハビリテーション部

2)京都大学医学部附属病院 整形外科

### 【はじめに・目的】

近年、筋内脂肪変性などの筋質は身体機能や機能予後と関連することから、筋質は下肢機能の評価として重要であることが明らかとされている。変形性膝関節症(膝OA)患者の身体機能を効率的に改善していくためには、下肢機能の特性を把握する必要がある。しかしながら、膝OA患者における下肢機能を筋質から詳細に分析した報告は少ない。本研究の目的は、末期膝OA患者における下肢筋の機能特性を筋質から定量的に評価することである。

### 【方法】

対象は人工膝関節全置換術予定の膝OA患者77名(73.3±7.7歳)とした。CT画像にて手術予定側の股関節筋(大殿筋、中殿筋、小殿筋)、膝関節筋(大腿直筋、外側広筋、内側広筋、中間広筋)、足関節筋(下腿三頭筋、後脛骨筋、長腓骨筋、短腓骨筋、長趾屈筋、長母趾屈筋、足底筋)のCT値を測定した。CT値により脂肪組織(-190~30HU)と、重度脂肪浸潤筋(-29~-1HU)、軽度脂肪浸潤筋(0~34HU)、および正常筋(35~100HU)に分類し、全体に占める各組織断面積の割合を算出した。股関節筋は仙腸関節の最下端の高さ、膝関節筋は大腿の近位50%の高さ、足関節筋は下腿の近位33%の高さで測定を行った。統計解析はFriedman検定を用いて、股関節、膝関節、足関節間の各組織面積の割合を比較した。事後検定としてBonferroni補正を用いた多重比較を行った。有意水準は5%未満とした。

### 【結果】

統計解析の結果、4つの組織全てで関節間の割合に有意差を認めた。事後検定の結果、脂肪組織の割合は股関節(8.1±5.4%)、足関節(3.0±2.4%)、膝関節(1.7±1.3%)の順にそれぞれ有意に小さかった。重度および軽度脂肪浸潤筋の割合は股関節筋(14.0±6.7%、37.2%±6.3%)が足関節筋(7.4±10.0%、26.9±11.2%)および膝関節筋(4.7±2.6%、24.3±10.1%)に対して有意に大きかった。正常筋の割合は股関節(40.7±15.0%)、足関節(62.7±17.6%)、膝関節(69.3±13.3%)の順にそれぞれ有意に大きかった。

### 【考察・結語】

本研究の結果、膝OA患者は膝関節よりも股関節や足関節の筋で脂肪浸潤が多く、正常筋の割合が低下していることが示された。以上より、膝OA患者の理学療法では膝関節だけでなく、股関節や足関節の機能低下を考慮して介入する必要があると考えられた。

### 【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(承認番号E2013)。ヘルシンキ宣言に基づき参加者には十分な説明を行った後、書面にて同意を得た。

**P-01-37 ポスター1(基礎から臨床への橋渡し研究1)**

骨格筋電気刺激の日内介入頻度が重症疾患ミオパチーモデルラットの筋線維萎縮におよぼす影響

○石木 雄太<sup>1)</sup>,瀬口 千晶<sup>1)</sup>,三宅 純平<sup>1,2)</sup>,  
沖田 星馬<sup>1,2)</sup>,高橋 あゆみ<sup>1,3)</sup>,本田 祐一郎<sup>1,3)</sup>,  
沖田 実<sup>1,3)</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)日本赤十字社長崎原爆病院 リハビリテーション科

3)長崎大学生命医科学域(保健学系)

**【目的】**重症疾患患者に発生する重篤な筋線維萎縮は重症疾患ミオパチー(以下,CIM)と呼ばれ、その対策は昨今のリハビリテーション医療の課題となっている。そして、骨格筋電気刺激(以下,EMS)は介入戦略の一つに位置付けられているが、CIMに対する効果は一定の見解が得られておらず、その要因としてはEMSの至適条件が明確になっていないことがあげられる。ただし、CIMの場合、EMSの強度を高めたり、長時間実施することは疼痛や筋疲労の惹起につながることから考慮する必要があり、この点を踏まえると介入頻度が重要になると思われる。そこで、本研究ではCIMモデルラットの筋線維萎縮に対するEMSの効果について日内介入頻度に着目して検証することを目的とした。

**【方法】**8週齢のWistar系雄性ラット26匹を通常飼育の対照群、不動処置とステロイド投与を行うCIM群、CIM群と同様の処置に加えてEMSを1回/日の頻度で実施するLIF群、2回/日の頻度で実施するHIF群に振り分けた。不動処置は両側足関節を最大底屈位で2週間ギプスで固定することで行い、ステロイド投与はデキサメタゾン(2mg/kg)を週6日、延べ2週間投与した。なお、対照群には疑似処置として生理食塩水のみを投与した。EMSの条件として刺激周波数は50Hz、刺激サイクルは2秒通電、2秒休止の1:1サイクル、刺激時間は15分間とし、週6日、延べ2週間実施した。実験期間終了後は腓腹筋外側頭を採取し、筋湿重量の測定の後に急速凍結包埋を行った。その後は凍結横断切片に対してATPase染色を施し、深層部と浅層部に分け、筋線維タイプ別にその横断面積を計測した。

**【結果】**筋湿重量は対照群よりCIM群、LIF群、HIF群が有意に低値を示し、この3群間に有意差を認めなかった。一方、相対重量比は対照群よりCIM群、LIF群が有意に低値を示し、HIF群は対照群と有意差を認めなかった。深層部のタイプI線維の筋線維横断面積は対照群よりCIM群、LIF群、HIF群が有意に低値を示し、この3群間に有意差を認めなかった。一方、同部位のタイプIIa・IIb線維ならびに浅層部のタイプIIb線維は対照群よりCIM群、LIF群、HIF群が有意に低値を示し、この3群間ではLIF群はCIM群と有意差を認めなかつたが、HIF群はCIM群より有意に高値を示した。

**【考察】**今回の結果から、1回/日の頻度では効果のないEMSの条件でも2回/日と日内介入頻度を高めるとCIMモデルの筋線維萎縮の進行を抑制することが可能となることが示唆された。そして、この効果はタイプIIa・IIb線維といった速筋線維に特異的といえる。

**【結語】**CIMに生じる重篤な筋線維萎縮の進行を抑制するためには、EMSの日内介入頻度が重要な至適条件の一つである。

**【倫理的配慮】**所属施設における動物実験倫理委員会(承認番号:1903281524)の承認を得て実施した。

**P-01-38 ポスター1(基礎から臨床への橋渡し研究1)**

カプリル酸はhigh mobility group box-1による心筋ミトコンドリア障害を抑制する

○額賀 舜太<sup>1,2)</sup>,谷 里奈<sup>1)</sup>,川原 眞<sup>1,2)</sup>,後藤 桂<sup>1)</sup>,  
西田 亮一<sup>1)</sup>,藤井 澄<sup>1)</sup>,中嶋 千恵<sup>1)</sup>,緒方 瑞衣子<sup>1)</sup>,  
大森 斎<sup>1)</sup>,佐々木 隆光<sup>1)</sup>,羅 突<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)阪奈中央病院 リハビリテーション科

【はじめに・目的】

悪液質は進行期がん患者の約80%にみられ、その内の約30%は直接の死因となる。がん性心筋障害は、化学療法の有無に関わらずがん患者の死亡原因の一つであり予後に大きな影響を与える。これまでわれわれは、がん性心筋障害に対しラウリン酸(C12)の栄養介入を検討し、C12単独では抗腫瘍効果を、グルコースとC12の併用投与では心筋保護作用を示すことを報告した。しかしC12はココナッツ臭が強く、食思不振を呈する患者には適応困難が考えられる。一方、中鎖脂肪酸(MCFA)の中でもカプリル酸(C8)およびカプリン酸(C10)は無味無臭のMCTオイルとして広く利用されており適応する可能性がある。そのため本研究ではin vivoおよびin vitroにて悪液質モデルを作製しMCFAを用いた栄養介入の影響を検討した。

【方法】

実験①:5週齢の雄性BALB/cマウスに同系大腸癌細胞CT26を腹腔内投与した悪液質モデルを作製し、C8およびC10、C12の差異を検討した。

実験②:担瘤体患者血清濃度相当の炎症性サイトカインIL-6、TNF- $\alpha$ 、HMGB1がラット心筋細胞H9c2へ及ぼす影響についてin vitroで検討した。

実験③:HMGB1処理にてin vitroがん性悪液質モデルを作製し、C8およびC8の代謝産物である $\beta$ -ヒドロキシ酪酸(3HBA)処理がH9c2に及ぼす影響を検討した。

【結果】

実験①:C8は1腫瘍重量の減少および心筋重量の改善を認めた。さらに3HBAの産生促進とHMGB1を抑制し心筋保護する可能性を示唆した。

実験②:HMGB1処理はミトコンドリア量の減少、膜電位の低下、活性酸素種の増加、心筋分化マーカーの低下を惹起し、心筋ミトコンドリア抑制および心筋分化障害をもたらした。

実験③:C8処理ではHMGB1によるミトコンドリアの損傷が改善され、Autophagyが亢進し、ミトコンドリアの生合成と心筋細胞の成熟が促進された。しかし、3HBA処理では、効果は部分的なものにとどまった。

【結語】

C8はC10やC12よりも心筋保護作用が優れていることが確認された。またがん悪液質においてHMGB1は心筋ミトコンドリア障害を介した心筋障害への関与が示された。がん悪液質状態におけるC8摂取は、心筋ミトコンドリア品質管理を改善することでミトコンドリア機能と心筋分化能に促進し、心筋を保護する可能性が示唆された。

【倫理的配慮・説明と同意】

本実験は奈良県立医科大学動物実験委員会の承認を経て実施した(承認番号12924、13106)。

**P-01-39 ポスター1(基礎から臨床への橋渡し研究1)**

新生仔低酸素虚血性白質障害: オリゴ денドロサイト前駆細胞移植に対する免疫抑制剤の併用が移植後の生存・分化に与える影響

○田尻 直輝, 飛田 秀樹

名古屋市立大学 大学院医学研究科・医学部 脳神経生理学

**【はじめに・目的】**

オリゴデンドロサイト後期前駆細胞 (pre-OL) の選択的虚血脆弱性により、早産児では脳室周囲白質軟化症(PVL)が生じる。これまでに軽症型PVLモデルの新生仔低酸素虚血性白質障害 (NWMI) モデルラットを確立し、オリゴデンドロサイト前駆細胞 (OPC) の細胞移植により、移植されたOPCが8週後まで生存、行動学的改善が得られることが確認した。本研究では、NWMIモデルラットに対して、移植OPCの生存細胞増加を目的とし、免疫抑制剤 (サイクロスボリン) による投与でさらなる運動機能の改善に繋がるかどうか、移植したOPCが脳内で、生存・分化・成熟するかどうかを検証した。

**【方法】**

生後3日齢のWistar系雄ラットの右総頸動脈閉塞及び6%低酸素処置を1時間曝露し、NWMIモデルラットを作製した。モデル作製から2日後に、緑色蛍光タンパク質 (GFP) 標識したOPCを脳梁へ移植 (2.0 x 10<sup>5</sup> cells/2μl) した。2週後に、サイクロスボリン (10mg/kg) を毎日経口投与し、4週と8週間後に行動学的及び免疫組織学的評価を行った。

**【結果・考察】**

NWMI+OPC移植群及びNWMI+OPC移植+免疫抑制剤投与群の両者間では4週と8週目において、Hindlimb retraction、Beam walking、Elevated body swing test、Rotarod testの運動機能評価において有意な行動学的改善は認められなかった。しかし、免疫抑制剤投与群では、非投与群と比較して、Olig2/GFP陽性細胞が脳梁や運動皮質領域において8週目でも有意に生着・生存が確認された。また、免疫抑制剤投与群でCC1/GFP陽性細胞数が、4週目において増加傾向にあり、移植したOPCが分化・成熟していることが観察された。

**【結語】**

NWMIモデルラットに対し、オリゴデンドロサイト前駆細胞移植と免疫抑制剤を併用することで、運動機能の改善と移植OPCの生存と分化の促進に寄与することが示唆された。

**【倫理的配慮・説明と同意】**

本研究は動物を用いた基礎研究であり、名古屋市立大学の動物実験規程講習会を受講し、実験実施者としての承認を得ている。本研究計画は、動物実験が中心となるが、動物実験委員会の審議を経て、理事長承認を得ており、実施に当たっては、名古屋市立大学動物実験規程を遵守している。また、使用動物数を最小限にできるように研究をデザインし、尚且つ、動物の苦痛を最小限にする努力を常に行つた上で研究を遂行している。

**P-02-01 ポスター2(構造・機能・情報学3)**

大腿四頭筋等尺性収縮が変形性膝関節症モデルラットの膝蓋下脂肪体の低酸素状態および炎症に与える影響についての検討

○北川 崇<sup>1,2)</sup>, 川畠 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 医療技術学部 臨床検査学科

5)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

6)AR-Ex Medical Research center

**【はじめに・目的】**

変形性膝関節症(KOA)において膝蓋下脂肪体(IFP)の線維化は、疼痛や可動域制限の原因となることからKOA病態進展の鍵となる。我々はこれまでKOAモデルラットのIFP線維化に低酸素状態で誘導される低酸素誘導因子(HIF-1 $\alpha$ )やマクロファージのpolarityが関与してことを示し、低出力超音波パルス (LIPUS) でこれを改善するとIFPの線維化が抑制されることを報告している。しかし大腿四頭筋等尺性収縮(IQE)がHIF-1 $\alpha$ やマクロファージに与える影響については不明な点もある。そこで今回IQEがIFPにおける低酸素状態や炎症に与える影響について、KOAモデルラットをもちいて検討を行った。

**【方法】**

Wister rat (8週齢)の両側膝関節内へカラゲニンを注射しKOAモデルを作製、翌日より針通電装置を用いてIQEを実施した (IQE群)。IQEは膝関節完全伸展位とし、周波数60Hz, 3~4mAの強度で筋収縮を発生させ、2秒収縮/1秒弛緩の周期で1回20分、4回/週行つた。2週後に膝関節組織を採取し、各種染色(HE染色、Sirius Red(SR)染色、免疫組織化学染色(RM-4))による組織学的解析とreal time PCR法によるHIF-1 $\alpha$ 、单球走化性促進因子(MCP-1)の遺伝子発現解析を行つた。なおカラゲニンを投与しない群を对照群 (cont群)、IQEを実施しない群をCar群とし比較検討した。統計学的処理は対応のないt検定とKruskal-Wallis検定を行つた。

**【結果】**

Car群はcont群に比べ、HIF-1 $\alpha$ の遺伝子発現が有意に上昇しており、IFP内にRM-4陽性細胞も広範囲に分布し、SR染色面積は拡大していた( $p<0.05$ )。一方、IQE群はCar群に比べ、HIF-1 $\alpha$ の遺伝子発現やRM-4陽性細胞の分布は有意に減少し、SR染色面積やMCP-1の遺伝子発現も有意に減少していた( $p<0.05$ )。

**【考察】**

Car群に比べ、IQE群ではHIF-1 $\alpha$ の遺伝子発現が抑制されており、RM-4陽性細胞の分布も減少したことから、IQEはIFP内の低酸素状態や炎症を改善することが示唆された。また、Car群に比べてIQE群ではMCP-1の遺伝子発現が抑制されていた。組織における低酸素状態はマクロファージを遊走し、炎症を増強させることが報告されていることから、IQEによるIFP内の低酸素状態の改善がマクロファージの遊走による炎症を抑制し、線維化の抑制につながつたと考えられた。

**【結語】**

IQEは、IFPの低酸素状態を改善することでマクロファージの遊走による炎症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】**

実験動物の飼育ならびに本実験は森ノ宮医療大学動物実験倫理審査部会の承認を得て実施した(認証番号2022A002)。

## P-02-02 ポスター2 (構造・機能・情報学3)

活動肢と非活動肢の比較による局所性の血管調節機能の評価～異なる交感神経刺激手法を用いた検討～

○赤沼 航季<sup>1)</sup>, 李 弘仁<sup>2)</sup>, 坂本 琳太郎<sup>1,3)</sup>, 鴨田 樹<sup>1)</sup>, 片寄 正樹<sup>2)</sup>, 根木 亨<sup>2)</sup>, 岩本 えりか<sup>2)</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

3)日本学術振興会

【はじめに・目的】運動により交感神経活動が亢進すると、心拍出量(CO)が増大し、末梢血管は収縮する。しかし、活動筋への血流供給のために、活動肢でのみ末梢血管の収縮を抑制する「機能的交感神経遮断」という局所性の血管調節がある。機能的交感神経遮断は、活動筋への優先的な血流分配に関与するため、運動耐容能に寄与する可能性が指摘されている。この機能的交感神経遮断は「交感神経刺激に対する血管コンダクタンスの変化率(%ΔVC)」にて評価される。従来の手法では、安静時と運動時の%ΔVCの差で算出する。しかし、本算出法は、COが大きく増加する交感神経刺激では、活動肢だけでなく非活動肢の血流量も増加し、局所性の血管調節を正しく評価できない可能性がある。これに対し、交感神経刺激に対する%ΔVCの左右差を、運動時と安静時で比較する方法(新法)は、左右の腕ではCOの影響が同一であるため、より局所性の血管調節を反映する可能性がある。本研究では、COが大きく増加する寒冷昇圧試験(CPT)と増加しない下半身陰圧法(LBNP)という異なる交感神経刺激法を用いて、活動肢と非活動肢のVC変化に対するCOの影響を検証した。また、CPTとLBNPにおいて機能的交感神経遮断の算出法間の関係性を検証した。

【方法】若年男女15名に、安静時および5分間の動的把握運動(最大随意収縮の10%, 15%)の後半2分にLBNPとCPTを別日に行った。連続指尖血圧計にて一拍ごとの血圧とCOを測定した。上腕動脈の血流量を平均血圧で除し、VCを算出した。機能的交感神経遮断は新法と従来の手法にて算出した。ΔCOとΔVC、算出法間の関係性は、Pearsonの積率相関係数とSpearmanの順位相関係数を算出して検討した。

【結果】運動時の交感神経刺激に対するΔCOとΔVCの関係は、LBNPでは活動肢と非活動肢どちらも相関を認めず(活動肢 $\rho=0.06$ ,  $P=0.76$ ; 非活動肢 $\rho=0.01$ ,  $P=0.97$ )、CPTでは両側に正の相関を認めた(活動肢 $\rho=0.41$ ,  $P=0.03$ ; 非活動肢 $\rho=0.42$ ,  $P=0.03$ )。また、LBNPでは算出法間に中等度の正の相関を認めた( $\rho=0.61$ ,  $P<0.01$ )が、CPTでは弱い正の相関を認めた( $r=0.39$ ,  $P=0.03$ )。

【考察】CPTでは、COの変化が活動肢だけでなく非活動肢においてもVCを変化させた可能性があり、旧法では局所性の血管調節を評価できない可能性が示唆された。

【結語】交感神経刺激に対する%ΔVCの左右差を、運動時と安静時で比較する新法は、機能的交感神経遮断の局所性をより正確に反映する可能性がある。

【倫理的配慮・説明と同意】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:3-1-65)。協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法を説明し、書面で同意を得た。

## P-02-03 ポスター2 (構造・機能・情報学3)

加齢によるマウス前脛骨筋の筋内リンパ管数の変化について

○児玉 歩生<sup>1)</sup>, 田村 悠磨<sup>2)</sup>, 富永 夏帆<sup>1)</sup>, 川島 隆史<sup>1,3)</sup>, 紀 瑞成<sup>1,2)</sup>, 河上 敬介<sup>1,2)</sup>

1)大分大学 福祉健康科学部 理学療法コース

2)大分大学大学院 医学系研究科 理学療法研究領域

3)医療法人社団唱和会 明野中央病院 リハビリテーション部

【はじめに・目的】骨格筋は加齢に伴いType IIa/x線維の割合が減少し、Type IIb線維の割合が増加する(Giacomello)。一方、筋内毛細血管は加齢にて減少(Giacomello)、又は変化しない(Kano)とされる。しかし、筋内リンパ管の加齢による変化は不明である。そこで本研究の目的は週齢の異なるマウスを用いて、筋内リンパ管や毛細血管の違いを明らかにすることである。

【方法】対象はC57BL/6J雄性マウス(若齢群; 20週齢、高齢群; 87週齢)とした(各群n = 6)。各群のマウスより、加齢に伴う変化が生じやすい速筋タイプの前脛骨筋を採取した。採取した筋より凍結横断切片を作製し、HE染色にて筋線維横断面積(CSA)を測定した。また、抗LYVE-1抗体でリンパ管、抗CD31抗体で毛細血管を免疫組織化学染色にて同定し、単位面積当たりの数(密度)を測定した。なお、前脛骨筋をType IIb線維の割合が多い浅層部、Type IIa/x線維の割合が多い深層部(Bloemberg)に分けた解析も行った。

【結果】リンパ管密度は若齢群( $66.1 \pm 10.6$  本/mm<sup>2</sup>)と高齢群( $58.8 \pm 3.9$  本/mm<sup>2</sup>)の間に有意な差は認めなかつた( $p = .18$ )。一方、浅層部では若齢群( $65.0 \pm 8.0$  本/mm<sup>2</sup>)に比べ、高齢群( $53.6 \pm 5.9$  本/mm<sup>2</sup>)で有意に小さい値を示した( $p < .05$ )が、深層部では若齢群( $67.5 \pm 17.8$  本/mm<sup>2</sup>)と高齢群( $64.8 \pm 9.3$  本/mm<sup>2</sup>)の間に有意な差は認めなかつた( $p = .77$ )。毛細血管密度は、若齢群( $960.6 \pm 92.9$  本/mm<sup>2</sup>)と高齢群( $927.1 \pm 67.9$  本/mm<sup>2</sup>)の間に有意な差は認めず( $p = .53$ )。浅層部と深層部に分けた解析でも群間に有意な差は認めなかつた。なお、CSAは若齢群( $1868.2 \pm 154.1$  μm<sup>2</sup>)に比べ、高齢群( $2126.0 \pm 45.1$  μm<sup>2</sup>)で有意に大きい値を示した( $p < .01$ )。

【考察】Type IIb線維はType IIa/xに比べCSAが大きいとされる。本結果では高齢群でCSAが大きくGiacomelloと同様に速筋化したと考える。リンパ管密度は高齢マウスにて、前脛骨筋の浅層部で有意な減少を認めた。加齢に伴う速筋化によるものか、リンパ管内皮細胞等の加齢変化によるものかは不明であり、今後の検討課題である。一方、毛細血管密度は週齢による差を認めず、Kanoの結果を支持するものであるが、その理由の検討も今後の課題である。

【結語】速筋に存在する筋内リンパ管は加齢に伴い減少すること、毛細血管は変化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:235701)。本研究に関する開示すべき利益相反はない。

## P-02-04 ポスター2(構造・機能・情報学3)

### 経産回数が変形性膝関節症の発症リスクに及ぼす影響の解明

○榎本 沙彩<sup>1)</sup>, 荒川 航平<sup>2,3)</sup>, 高畠 啓<sup>4,5)</sup>,  
宇佐美 優奈<sup>4)</sup>, 佐藤 路見<sup>4)</sup>, 斎藤 陸<sup>4)</sup>, 宮本 ひまり<sup>4)</sup>,  
国分 貴徳<sup>4,6)</sup>

1)埼玉県総合リハビリテーションセンター

2)明治大学農学部生命科学科 動物再生システム学研究室  
客員研究員

3)日本学術振興会特別研究員PD

4)埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科

5)日本学術振興会特別研究員DC1

6)埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

#### 【はじめに・目的】

変形性膝関節症(Knee Osteoarthritis; 膝 OA)は女性に多くみられる関節軟骨変性疾患である。性差には様々な因子があるが、特に“妊娠・出産”は、女性特有のライフイベントである。妊娠・出産は、ホルモンや、骨代謝、体重変化など、膝 OA リスク因子となりうる様々な身体変化を生じるにも関わらず、膝OA発症との関連に関する基礎的知見は皆無である。本研究では、妊娠出産経験に着目し、女性のOA 好発期におけるホルモン、骨代謝、メカニカルストレス 変化の影響と OA 進行度の違いについて関連性を示すことを目的とした。

#### 【方法】

1年齢C57BL/6雌マウス (n=60) を出産回数0, 1, 2回(0, 1, 2preg)の 3群に分類し、膝 OA 誘発介入後のOA 進行度を比較した。末手術 (0Day), 術後 4, 8, 12 週 (weeks; w) 時点において、軟骨変性の組織学的解析及び軟骨下骨構造評価を実施した。身体特性の評価として、0Day時点の 17 $\beta$  estradiol 発現量、骨強度、体重の計測を実施した。

#### 【結果】

軟骨変性の重症度を示す OARSI スコアは全群で有意差は見られなかったが、軟骨下骨については0Dayでは骨梁幅が 2preg, 0preg, 1preg の順に高値 ( $p=0.024$ ) であったのに対し、4wでは有意差が見られなかった。さらに8wでは1,2preg が0pregよりも有意に高値となり、12wでは2pregが1preg よりも有意に高値となった( $p=0.024$ )。0Day 時点での 17 $\beta$  estradiol の発現量、骨強度は3群間に差は見られなかった。体重変化は1, 2pregが0pregよりも有意に高値となった。

#### 【考察】

軟骨変性の程度を示すOARSIスコアは3群間で差は無かった一方で、経産回数毎に軟骨下骨構造に違いが確認されたことから、妊娠回数の違いは、OA変化の中でも特に軟骨下骨変化に影響を及ぼす可能性が示唆された。しかし、1年齢時点での 17 $\beta$  estradiolには群間差が見られなかったことから、経産によるエストロゲン変化が影響している可能性は低いことが示された。さらに、骨強度、体重についても軟骨及び軟骨下骨変化と異なる傾向であったことから、単一要因では OAとの関連性を説明することは難しく、その他の影響を含めた複合的な関与の可能性が示唆された。今回の知見は経産回数という新たな膝OA サブタイプ確立につながる基礎的データとなり、妊婦のためのOA予防策確立の必要性を示唆するものである。

#### 【結語】

妊娠回数の違いは、様々な身体変化により女性の膝OA発症に影響を及ぼす可能性が示唆された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における動物実験倫理委員会（承認番号：2022-13）の承認を得て実施した。

## P-02-05 ポスター2(構造・機能・情報学3)

### 緑茶カテキン摂取と運動の併用は老化促進マウス (SAMP8) における筋衛生細胞の機能低下を抑制し、骨格筋の恒常性維持に影響を及ぼす

○松崎 凌真, 加藤 夕貴, 柿元 翔吾, 川谷 卓矢,

松岡 輝樹, 中西 和毅, 楠間 春利

鹿児島大学 医学部 保健学科 基礎理学療法学講座

#### 【はじめに】

骨格筋量減少と筋力低下を特徴とするサルコペニアは、要介護の一因となるため、サルコペニア予防が社会的課題となっている。緑茶カテキンや運動の筋萎縮予防効果に関する報告は散見されるが、両者の併用効果に関してはよく分っていない。今回、老化促進マウス (SAMP8) を用いて、緑茶カテキンと運動の併用が骨格筋の加齢性変化に及ぼす影響を調べた。

#### 【方法】

雄性SAMP8をControl群 (n=14)、カテキン群 (n=13)、運動群 (n=14)、カテキン+運動群 (併用群、n=14) に分類した。正常対象群としてSAMR1 (R1, n=13) を用いた。カテキン群にはTHEA-FLAN90 (66%のカテキン含有) を0.5%通常食に混ぜた餌を、その他の群には通常食を20週齢から12週間自由摂取させた。運動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、自走運動距離を定期的に測定した。行動学的評価として、Open fieldテスト、Rotarodテスト、握力、物体認知テストを実施した。前肢を採取し、前腕周径を測定した。腓腹筋を用いて、筋湿重量、筋横断面積、中心核線維数、ATP5A陽性細胞面積、8-OHdG陽性核数、Pax7陽性細胞数、MyoD陽性核数、Myogenin陽性核数、BrdU陽性核数を免疫組織化学染色にて調べた。BrdUは、24週齢から27週齢まで週に1回、1回あたり50mg/kgの濃度に調整し腹腔内投与した。統計解析は一元配置分散分析またはクラスカル・ウォリス検定を用い、有意水準は5%とした。

#### 【結果】

握力と前腕周径は、Control群と比較してR1、運動群、併用群で有意に高値を示した。筋湿重量は、Control群と比較して、カテキン群、運動群、併用群で有意に高値を示した。筋横断面積は、R1と比較してControl群で有意に小さかった。ATP5A陽性細胞面積は、Control群と比較して、R1、運動群、併用群で有意に多かった。8-OHdG陽性核数は、R1、Control群、カテキン群と比較して運動群で有意に少なかった。中心核線維数は、Control群と比較してその他の4群で有意に少なかった。Pax7陽性細胞数は、Control群と比較して、カテキン群、運動群、併用群で有意に多かった。MyoD陽性核数に有意差はなかったが、カテキン群、運動群、併用群で高値を示した。Myogenin陽性核数に有意差はなかった。筋線維の辺縁および線維内に染まったBrdU陽性核数の合計に群間差はなかったが、線維内のBrdU陽性核の割合が、Control群と比較してその他の4群で有意に少なかった。

#### 【考察】

32週齢のSAMP8は、同週齢のSAMR1よりも、低筋力および筋萎縮を示したことからサルコペニア様の症状を呈していたと思われる。緑茶カテキンと運動の併用により、加齢による筋力低下、ミトコンドリア機能低下、中心核線維の増加、筋衛生細胞数減少および機能低下を抑制することが示唆された。

#### 【結語】

緑茶カテキン摂取と運動の併用は、筋衛生細胞の機能低下を抑制し、骨格筋の恒常性維持に影響を及ぼす可能性がある。

#### 【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実施した（承認番号M21002）

## P-02-06 ポスター2(運動生理学1)

### 健常男子大学生の心肺運動負荷試験における 血圧変動と心血管反応の関連

○濱地 望<sup>1)</sup>, 井上 健<sup>2)</sup>, 岡 真一郎<sup>1)</sup>, 高野 吉朗<sup>3)</sup>,  
森田 義満<sup>4)</sup>, 森田 由佳<sup>5)</sup>, 廣岡 良隆<sup>6)</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)高木病院リハビリテーション室  
3)国際医療福祉大学福岡保健医療学部 理学療法学科  
4)福岡山王病院リハビリテーション室  
5)アイエック訪問看護ステーション  
6)福岡山王病院循環器内科

【はじめに・目的】運動負荷時の過剰血圧反応は将来の高血圧や心血管疾患の新規発症と関連することが指摘されている。しかし、運動強度の増加に伴う動脈圧の上昇は、骨格筋での循環血液量を増加させ運動を継続するために必要な生理的反応である。そこで、本研究では健常男子大学生を対象に心肺運動負荷試験(CPX)中の1拍毎の血圧変動を調査し、運動強度別に血圧変動と心血管反応との関連を検討した。

【方法】対象は健常男子大学生23名( $21.1 \pm 0.9$ 歳)とした。CPXは、Ramp20の症候限界性とし、V-slope法を用いて嫌気性代謝閾値(AT)を決定した。CPXは、Exercise開始からATまでをEx1, Ex2, AT後からPeakまでをEx3, Ex4とし、①rest, ②warming-up, ③Ex1, ④Ex2, ⑤Ex3, ⑥Ex4, ⑦recoveryに分けた。血圧および心血管反応は、連続血圧・血行動態測定装置(Finapres FINOMETER MIDI)を用いて指先から非観血的に測定した。血圧変動性の指標は、収縮期血圧(SBP)の標準偏差(SD)と平均変動幅(AVR)を用いた。血行動態は、1回拍出量(SV), 脈波間隔(PI), 心拍出量(CO), 全末梢血管抵抗(TPR)を測定した。統計解析は、血圧変動の全フェーズ間の比較をKruskal-Wallis検定で行い、下位検定としてBonferroniの補正を行った。血圧変動と心血管反応との関連はSpearmanの順位相関係数を用いた。

【結果】AVRは運動強度に伴って増加し、Ex4はrest, warming-up, Ex1, Ex2, recoveryに比べて有意に高かった( $p < 0.05$ )。また、SDはrestでCO( $r = 0.558$ ), Ex1でPI( $r = -0.460$ ), Ex3でTPR( $r = 0.478$ ), Ex4でPI( $r = 0.498$ ), CO( $r = -0.448$ ), TPR( $r = 0.430$ )と関係し、AVRはEx2でPI( $r = 0.498$ )と関係を認めた( $p < 0.05$ )。なお、CPXの運動時間はSDで負の相関( $r = -0.433$ ), AVRで正の相関( $r = 0.713$ )を認め、Peak SBPはSDでのみ関係を認めた( $r = 0.492$ ,  $p < 0.05$ )。

【考察】SDが高い者はAT以降で末梢血管収縮作用が高まりSBPが増加したが、運動強度に伴った心拍数の増加が認められずCOの低下につながり運動時間が短くなった可能性がある。一方、AVRが高い者はAT前の心拍数の上昇を緩やかにし、適度な血圧調節が働いたと示唆される。

【結語】運動性血圧変動は負荷強度に応じた心血管反応を評価する指標として活用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、所属施設の承認を得て行った(承認番号:22-Ifh-011)。

## P-02-07 ポスター2(運動生理学1)

### レジスタンス運動中の吸気抵抗負荷は眼圧上昇を抑制するか

○山本 咲希<sup>1,2)</sup>, 坂本 琳太郎<sup>1)</sup>, 鴨田 樹<sup>1)</sup>,  
長尾 柚生<sup>3)</sup>, 赤沼 航季<sup>1)</sup>, 佐藤 舞雪<sup>3)</sup>, 恒川 新<sup>3)</sup>,  
片寄 正樹<sup>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科  
2)札幌東徳洲会病院リハビリテーションセンター  
3)札幌医科大学保健医療学部

【はじめに・目的】レジスタンス運動は、筋力増強を目的に広く用いられている。しかし、レジスタンス運動は頭蓋内圧の亢進および血圧の増加を介して眼圧(IOP, 正常値10~21mmHg)を上昇させることが示されており、過度なIOP上昇は緑内障を誘発する可能性がある。そのため、レジスタンス運動時の過度なIOP上昇を抑制する手法が求められている。興味深いことに、軽度の吸気抵抗(ITD, -7cmH<sub>2</sub>O)負荷が胸腔内圧の陰圧を増強し、安静時の頭蓋内圧を低下させることが示されている。一方で、運動中における吸気抵抗負荷がIOP上昇を抑制できるかは検討されていない。本研究は、レジスタンス運動によるIOPの上昇を吸気抵抗負荷によって抑制できるかを検証した。

【方法】健康な若年成人15名(男性7名、女性8名)を対象に、座位で3分間の等尺性両膝関節伸展運動を2試行実施した。-7cmH<sub>2</sub>Oに設定したばね式の吸気抵抗を用いる試行(ITD試行)と用いない試行(Sham試行)をランダムに実施した。事前に両膝関節伸展運動の最大随意収縮(MVC)を測定し、運動強度は各被験者の20%MVCとした。運動中の血圧は、連続指尖血圧計を用いて測定した。運動前と運動終了直前にリバウンド式眼圧計を用いてIOPを測定した。統計解析は、IOPおよび平均血圧(MAP), 運動によるIOPの変化量( $\Delta$ IOP)について、一般化線形混合モデルを用いてITDと運動を要因とした反復測定2要因分析を行った。有意水準は5%とした。

【結果】IOPとMAPは、Sham試行(IOP:  $16 \pm 3$ mmHg to  $18 \pm 3$ mmHg, MAP:  $90 \pm 7$ mmHg to  $118 \pm 14$ mmHg)およびITD試行(IOP:  $16 \pm 3$ mmHg to  $19 \pm 2$ mmHg, MAP:  $89 \pm 6$ mmHg to  $117 \pm 12$ mmHg)で運動により上昇した(全て $P < 0.01$ )。しかし、 $\Delta$ IOPはSham試行とITD試行( $2.5 \pm 2.0$ mmHg vs.  $2.7 \pm 2.0$ mmHg)で有意な差を認めなかった( $P = 0.55$ )。

【考察】安静時では-7cmH<sub>2</sub>Oの吸気抵抗負荷が頭蓋内圧上昇の抑制に有効と報告されており、本研究は同じ強度の吸気抵抗を運動中に用いた。しかし、運動時は一回換気量が増加し、呼吸に伴う胸腔内圧の陰圧化も安静時より増加する。-7cmH<sub>2</sub>Oの吸気抵抗ではIOP上昇を抑制できる強度に達していなかった可能性があり、今後はより高い強度の吸気抵抗を用いて検討を行う必要がある。

【結語】軽度(-7cmH<sub>2</sub>O)の吸気抵抗負荷は、レジスタンス運動による眼圧上昇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:3-1-78)。また協力者には事前に書面および口頭にて研究目的や方法を説明し、書面で同意を得た。

## P-02-08 ポスター2(運動生理学1)

### コンプレッションスリーブの着用が遠心性収縮後の筋疲労に及ぼす影響

○石山 輝希<sup>1)</sup>, 中尾 学人<sup>1,2)</sup>, 奈良 銀二<sup>1,3)</sup>,  
小澤 和祥<sup>1)</sup>, 足立 梨紗<sup>1)</sup>, 関口 慶大<sup>1)</sup>, 福興 千鶴<sup>4)</sup>,  
谷口 圭吾<sup>1,5)</sup>

1)札幌医科大学大学院 保健医療学研究科  
2)札幌医学技術福祉歯科専門学校 理学療法士科  
3)NTT東日本札幌病院 リハビリテーション科  
4)日本シグマックス株式会社 商品企画開発部  
5)札幌医科大学 保健医療学部 理学療法学科

【はじめに・目的】コンプレッションスリーブをはじめとする圧迫衣は、疲労軽減やパフォーマンス向上を目的とし、スポーツ場面において幅広く用いられている。先行研究では、運動時の外的な圧迫が筋ストレスを低下させる可能性が示唆されている。しかしながら、発揮張力や筋電図の周波数解析に基づき外的な圧迫の疲労軽減効果を検討した報告は少なく、身体への外的な圧迫が運動に伴う筋疲労に与える影響は十分に明らかとなっていない。そこで本研究の目的は、筋に大きな力学的ストレスがかかる遠心性収縮に焦点を当て、圧迫衣の着用が運動後の筋疲労に与える影響について調査することとした。

【方法】対象者は若年健常男性6名とした。一側下肢をスリーブ着用群、対側肢をスリーブ非着用群とし無作為に割り付け、スリーブ着用群では運動課題時に下腿全体を覆うコンプレッションスリーブを着用した。筋疲労の指標として運動課題の前後に、随意的最大底屈(MVC)トルク、平均パワー周波数(MPF)を測定した。多用途筋機能評価運動装置上にて股関節屈曲80度、膝関節屈曲0度、足関節底背屈0度の端座位で、10回×5セットの最大遠心性足関節底屈運動を実施した。セット間の休息は30秒とした。測定終了後、15分間の休息を挟み対側でも同様の手順で測定を実施した。MVCトルクおよびMPFは課題前後の測定値の差を課題前の値で除すことにより変化率を算出した。統計処理は、MVCトルクとMPFについて着用の有無と時間を要因とする反復測定二元配置分散分析を実施した。また、各変化率は対応のあるt検定を実施した。有意水準は5%とした。

【結果】MVCトルクは着用条件によらず、運動後に低下した( $p < 0.05$ )。MPFは非着用条件で、着用条件よりも低値を示した( $p < 0.05$ )。MVCトルクの変化率は、スリーブ着用群で非着用群と比較し有意に小さかった(着用群: -7.55%, 非着用群: -15.95%,  $p < 0.05$ )。また、MPFの変化率も着用群で非着用群と比較し有意に小さかった(着用群: +1.20%, 非着用群: -7.62%,  $p < 0.05$ )。

【考察】スリーブ着用群は非着用群と比較し、トルク低下率とMPFの変化率が有意に小さい結果となったことから、下腿への外的圧迫は遠心性収縮に伴う神経筋疲労の軽減をもたらす可能性がある。

【結語】コンプレッションスリーブの着用は、遠心性収縮後の神経筋活動の変調を抑制し、筋疲労を緩和する可能性が示唆された。

【倫理的配慮・説明と同意】所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:4-1-71)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## P-02-09 ポスター2(運動生理学1)

### 第2肋間への振動刺激が吸息性肋間筋の筋電図に及ぼす影響

○小林 雅明<sup>1,2)</sup>, 河村 健太<sup>2,3)</sup>, 瀬高 裕佳子<sup>2,3)</sup>,  
藤沢 棟太<sup>2)</sup>, 富田 和秀<sup>2,3)</sup>

1)茨城県立医療大学付属病院リハビリテーション部  
2)茨城県立医療大学大学院保健医療科学研究科  
3)茨城県立医療大学理学療法学科

【はじめに・目的】肋間筋には、特定の条件下で振動刺激を与えると筋収縮を引き起こす緊張性振動反射(TVR)が存在する。上位肋間に振動刺激器を装着して刺激を与えることで、換気量が増加することが報告されている。しかしながら、肋間筋は肋間ごとに隣接して存在し、吸息時と呼息時の各々に異なる筋活動を示す。振動が広範囲に伝わると、吸息時に吸息性肋間筋が、または呼息時に吸息性肋間筋が活動し、呼吸相とは逆に活動する筋が促進される可能性がある。呼吸相に同調して、振動刺激器直下の肋間筋の筋電図(EMG)が増加するのか、あるいは振動が周囲の肋間筋EMGに影響を与えるのかは不明である。本研究の目的は、健常者を対象に、第2肋間への振動刺激が吸息性肋間筋である第1から第4肋間筋のEMGに増加をもたらすのかを検証することである。

【方法】対象は健常成人10名(平均年齢: 24.5±2.0歳)とした。振動刺激方法は、Control群(刺激部位: 吸息相に左右第2肋間、周波数: 15Hz)と振動刺激群(刺激部位: 吸息相に左右第2肋間、周波数: 100Hz)とした。対象者には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、換気量を測定するフローセンサー、EMG信号は表面電極を用いて右吸息性肋間筋(右第1-4肋間)に装着した。各測定信号は、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(LabChart)にてサンプリング周波数4kHzで同期して記録した。実験前に、呼吸筋力計を用いて努力吸気課題を行わせ、肋間筋の最大随意収縮(MVC)時のEMGを記録した。各EMG解析の指標は、二乗平均平方根(RMS)を算出し、MVC時のRMSで除した百分率とした(%MVC)。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回実施した。測定項目は、1回換気量( $V_T$ )、分時換気量( $V_E$ )、呼吸数(f)、肋間筋筋活動(%MVC)、胸部変位量(Rib)、腹部変位量(Abd)とした。肋間筋%MVCは、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て比較した。換気応答および胸腹部変位量は、対応のあるt検定を使用して比較した。有意水準は5%とした。

【結果】振動刺激群の第1-3肋間筋%MVCは、Control群より有意に增加了した。また、振動刺激群の $V_T$ および $V_E$ 、RibはControl群より有意に增加了した。第4肋間筋%MVC、f、Abdは各群で有意な变化は認めなかった。

【考察】振動刺激群の第1-3肋間筋%MVCはControl群より有意に增加了した。これは振動刺激を与えた第2肋間だけでなく、振動が隣接した肋間にまで広がり、TVRが生じることで%MVCが增加了したためである。

【結語】呼吸相に同調した振動刺激を吸息性肋間筋に与えると、振動刺激器直下ならびに隣接する肋間筋のTVRが生じ、換気量が增加了した。

【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5年1088号)の承認を得て実施した。

**P-02-10 ポスター2(運動生理学1)**

食後高血糖は活動筋の血管収縮減弱作用を阻害するか？－ブドウ糖と果糖の比較－

○鴨田 樹<sup>1)</sup>, 坂本 琳太郎<sup>1,2)</sup>, 赤沼 航季<sup>1)</sup>, 恒川 新<sup>3)</sup>,  
根木 亨<sup>3)</sup>, 片寄 正樹<sup>3)</sup>, 渡邊 耕太<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科

2)日本学術振興会

3)札幌医科大学保健医療学部

【はじめに・目的】運動時には、活動筋でのみ交感神経性の血管収縮が抑制され、活動筋への血流供給が維持される（機能的交感神経遮断）。機能的交感神経遮断の低下は、運動後の最大随意収縮筋力の低下の亢進に繋がるため、運動耐容能に影響する可能性がある。機能的交感神経遮断には、内皮由来の血管拡張能が重要な役割を果たすと推測されている。食後高血糖は、酸化ストレスの増加を介して血管拡張能（FMD）を低下させるが、機能的交感神経遮断に与える影響は不明である。本研究では、高血糖条件（75gブドウ糖負荷）とSham条件（75g果糖負荷、同カロリーで高血糖を呈さない）を用いて、食後高血糖が機能的交感神経遮断を低下させるかを検証した。

【方法】空腹時血糖値が正常かつ、75gブドウ糖摂取後に食後高血糖(>140mg/dL)を示す若年成人8名（男5/女3）を対象とした。ブドウ糖および果糖の経口負荷の前に、活動筋の上腕動脈にてFMDを測定し、糖負荷後60分に再度測定した。また、各糖負荷の40分後から2分の安静後、5分間の動的ハンドグリップ運動を行い、後半2分間に交感神経刺激（下半身陰圧負荷）を行った。運動中の血圧と両側の上腕動脈の血管径と血流速度を測定し、血流量と血管コンダクタンス（VC）を算出した。その後、両腕にて、運動中の交感神経刺激に対するVC変化率（%ΔVC）を算出した。機能的交感神経遮断の大きさは、活動筋と非活動筋との%ΔVCの差として算出した。FMDは条件と時間を要因とした2要因分析を行い、機能的交感神経遮断の大きさは対応のあるt検定を行った。有意水準は5%とした。

【結果】糖負荷60分後のFMDは、高血糖条件では低下した（ $7.6 \pm 2.5\%$  to  $5.7 \pm 2.5\%$ ,  $P < 0.05$ ），Sham条件では増加した（ $6.5 \pm 2.5\%$  to  $8.7 \pm 2.5\%$ ,  $P = 0.02$ ）。機能的交感神経遮断の大きさは、高血糖条件（ $10.8 \pm 21.0\%$ ）がSham条件（ $19.5 \pm 18.4\%$ ）より低値となる傾向を示した（ $P = 0.08$ ）。

【考察】食後高血糖は一酸化窒素（NO）産生能の指標であるFMDを低下させ、機能的交感神経遮断を減弱させる傾向を示した。機能的交感神経遮断の機序として、NOの関与が示唆されている。本研究の結果より、食後高血糖はNO産生能の低下を介して機能的交感神経遮断を低下させる可能性が示唆された。食後に高血糖を示す患者では、運動時に活動筋への優先的な血流配分が低下している可能性があり、今後の検討が必要である。

【結語】食後高血糖は血管内皮機能の低下を介して、運動時に活動筋の機能的交感神経遮断を低下させる可能性が示唆された。

【倫理的配慮・説明と同意】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：3-1-78）。協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、書面で同意を得た。

**P-02-11 ポスター2(身体運動学3)**

ホッピング動作における足部内運動と下肢関節キネティクスの関係

○宮崎 輝光  
鹿屋体育大学

【はじめに・目的】ヒトの足部は、多数の骨や関節で構成されており、さまざまな身体運動において足部内で運動が生じる。歩・走動作において、この足部内運動は、足関節や膝関節といった上位下肢関節の姿勢に影響する。しかしながら、足部内運動が上位下肢関節のトルク発揮特性に影響するかどうかは未解明である。本研究では、前足部で接地する跳躍動作を対象とし、足部内運動の大きさが足・膝関節のトルク発揮特性に関係するかどうかを明らかにすることを目的とした。

【方法】対象者は、男性14名と女性12名の計26名（年齢、 $20.2 \pm 4.3$ 歳；身長、 $1.58 \pm 0.3$ m；身体質量、 $60.9 \pm 16.2$ kg）とした。すべての対象者は、足部を含む体幹と下肢関節に整形外科的な既往歴はなかった。実験試技は、1.8Hz, 2.0Hz, および2.2Hzの連続した片脚跳躍動作（ホッピング動作）とした。分析対象試技の周波数は、それぞれ $2.0 \pm 0.02$ Hz,  $2.21 \pm 0.02$ Hz, および $2.37 \pm 0.02$ Hzであった。3次元動作計測装置および地面反力計を使用し、ホッピング動作中の下肢に貼付した赤外線反射マーカーの3次元座標値および接地時の地面反力を測定した。測定した動作データをもとに、逆運動力学演算から足・膝関節の底屈背屈軸および屈曲伸展軸におけるキネティクス（関節トルクおよび関節仕事）を算出した。また、前足部-中足部間および中足部-後足部間における3軸の相対角度を算出した。足部内運動の大きさは、接地中の最大値と最小値の差分（可動域）とした。安定した10ステップ中における分析項目の平均値を個人の代表値とした。足部内運動の可動域と下肢関節キネティクス（トルク最大値、正と負の関節仕事）の関係性をPearson積率相関係数から検討した。なお、有意水準は5%とした。

【結果】すべての周波数条件において、中足部-後足部間のすべての軸の可動域と足・膝関節のキネティクスとの間に有意な相関関係は認められなかった。同様に、中足部-後足部間についても有意な相関関係は認められなかった。

【考察】先行研究では歩・走動作において、足部と足・膝・股関節間における姿勢変化の関係性を明らかにしている。本研究の結果から、ホッピング動作において、足部内運動の大きさは、足・膝関節のトルク発揮には関係しない可能性を示した。また、本研究では、すべての周波数条件において足部内運動と下肢関節トルクの関係性が認められなかった。そのため、跳躍動作のような大きな下肢関節トルクが要求されるダイナミックな身体運動では、足部内運動の大きさは下肢関節キネティクスに影響しないことが考えられる。

【結語】足部内運動の大きさ（特に前足部-中足部間および中足部-後足部間の可動域）は、足・膝関節のキネティクスに関係しない可能性がある。

【倫理的配慮・説明と同意】所属施設における倫理審査会で承認後に実施した。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## P-02-12 ポスター2(身体運動学3)

### 前十字靱帯損傷における歩行時の足部運動の評価

○大西 智也<sup>1)</sup>, 篠原 博<sup>2)</sup>

1)宝塚医療大学

2)青森県立保健大学

**【はじめに・目的】** 前十字靱帯(ACL)損傷後の歩行解析では膝関節や下腿の動きに着目されているが、足部の運動に関する研究は少ない。本研究では、足部の運動評価方法の提案および、ACL損傷後、完全に機能回復して社会復帰を果たした症例の歩行中の足部の運動を評価する。

**【方法】** 荷重位での下肢関節運動において自覚的な不安定性がないACL再建術後の若年者7名( $22.2 \pm 1.2$ 歳、ACL群)と同年代の若年者8名( $21.8 \pm 1.0$ 歳、対照群)を対象とした。計測機器にPrimeX13(解析ソフト:motive2.3.1、Opti Track社)を8台を使用し、トレッドミル歩行を20分実施し、その間の身体運動を記録した。そのうち1分間(サンプリング周波数:200Hz)の重心、両側の膝関節、足関節、足尖部の3次元座標点を抽出した。鉛直方向をZ軸、左右方向をX軸、前後方向をY軸と定義した。膝関節と足関節の座標間を下腿、足関節と足尖の座標間を足部とした。下腿がZ軸と合うように補正した後、足関節に対する足尖のX-Z平面の座標点を取得し、その距離(L1)とX軸を基線とする角度(A)を、足関節と足尖の距離(L2)を計算した。L1とL2からY軸に対する足部の向く角度(B)を求めた。AとBが求められたことから、足関節を中心に足部が運動している様子を表現するために今回はステレオグラフィック投影法を応用した。トレッドミル歩行中、鉛直方向の重心運動の波形から歩行周期ごとの足部の運動を取り出した。周期ごとにデータ数が異なるため、データ数を揃えるためにパディング処理を施した。平均を代表地として1周期の波形を左右ともに求めた。得られた左右足部の運動周期(波形)間のユーグリッド距離を計算、その平均値(Ed)を求めた(左右の波形が類似している場合はその値が小さくなる)。ACL群と対照群間の比較について、wilcoxonの順位和検定法を用いた。

**【結果】** Edの中央値はACL群が $0.800$ 、対照群が $0.597$ であり、p値は $0.054$ (効果量: $0.497$ )となった。足部のパターン運動に関して、ACL群に左右差が生じやすいという結果を示した。

**【考察】** ACL損傷によって歩行中の足部の運動パターンに違いがあることを示すことができた。ACL損傷によって患部外の機能低下が生じることは機能障害に関する評価で示されており、それに加えて歩行運動の機能面に関する運動機能を客観的に示したと考える。今回の解析方法は回復過程を示す評価・指標にもなり得る。今後は他の関節との関連性を示していきたい。

**【結語】** ACL損傷によって歩行中の足部の運動パターンに左右差が生じている可能性がある。運動機能面に関する指標になる評価方法を提案できた。

**【倫理的配慮・説明と同意】** 所属施設の研究倫理審査委員会の承認後に実施した(承認番号:21055)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## P-02-13 ポスター2(身体運動学3)

### 変形性膝関節症患者における外側楔型足底板使用中の身体活動量と疼痛の経時的变化

○橋爪 孝和<sup>1)</sup>, 石井 陽介<sup>1)</sup>, 亀井 豪器<sup>2)</sup>, 猪木 明紀<sup>2)</sup>, 岩本 義隆<sup>3)</sup>, 高橋 真<sup>1)</sup>, 安達 伸生<sup>2,4)</sup>

1)広島大学大学院 医系科学研究科 生体運動・動作解析学

2)広島大学大学院 医系科学研究科 整形外科学

3)広島大学病院 診療支援部 リハビリテーション部門

4)広島大学病院 スポーツ医科学センター

#### 【はじめに・目的】

変形性膝関節症(以下、KOA)による疼痛は身体活動量の低下を引き起こす。さらに、長期間にわたる活動量低下は、下肢筋力を低下させ、結果的に疼痛の悪化を引き起こすという悪循環をもたらす。したがって、活動量はKOA患者に対する理学療法において着目すべき重要な評価項目である。外側楔型足底板(以下、LWI)は膝内側に加わる力学負荷を減少させ、疼痛改善に伴う活動量向上を目的に処方されている。しかしながら、現在に至るまで、力学負荷や疼痛の反応に着目した検討が中心であり、活動量に関する報告は限られている。そこで本研究の目的はLWI使用中における身体活動量の経時的变化や症候との関連性を検討することとした。

#### 【方法】

対象者はKOA患者23名(平均年齢: $62.3 \pm 11.9$ 歳)とした。身体活動量は身体活動量計(McRoberts社)、臨床症状はKnee injury Osteoarthritis Outcome Score(以下、KOOS)の下位尺度である疼痛項目を用いて、LWI処方時(ペースライン)および3カ月後にそれぞれ測定した。身体活動量に関しては、1日当たりの歩数、臥位時間、座位時間、立位時間を算出した。ペースライン時と3カ月後で、各測定項目は対応のあるt検定またはWilcoxonの符号順位検定を用いて比較した。また、身体活動量およびKOOSの変化率を算出し、Pearsonの相関係数またはSpearmanの順位相関係数を用いて関連性を調査した。有意水準は5%とした。

#### 【結果】

3カ月後におけるKOOSの疼痛はペースラインと比較し有意に改善していた(ペースライン: $56.2 \pm 15.3\%$ 、3カ月後: $67.1 \pm 14.7\%$ 、p = 0.02)。一方で、ペースラインおよび3カ月後における1日当たりの歩数、臥位時間、座位時間に有意な差は認めず、立位時間は有意に減少していた(ペースライン: $2.9 \pm 1.0$ 時間、3カ月後: $2.4 \pm 1.1$ 時間、p = 0.01)。また、KOOSの疼痛と臥位時間、座位時間、立位時間の変化率に有意な相関関係は認めず、歩数の変化率と負の相関関係を認めた(r = -0.44, p = 0.04)。

#### 【考察】

LWI介入によって疼痛改善を認めたが、活動量の向上は認めなかった。さらに、疼痛改善が大きい症例ほど歩数を減少させる関係性を示し、LWI使用における疼痛改善は、活動量向上に必ずしも寄与しないことが示された。この逃避的な行動状態の継続は、長期的にさらなる運動機能を低下させ、二次的な症候増悪を引き起こす可能性がある。そのため、KOA患者における治療効果の判定は、主観的症状のみならず客観的な活動量評価を行い、適切な運動量提案の必要性がある。

#### 【結語】

LWI使用は疼痛を減少させるが、活動量改善は認めず、むしろ低下していた。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は、所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:E2016-0449)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## P-02-14 ポスター2(身体運動学3)

連続体解析を用いた進行期変形性膝関節症患者の足圧分布特徴および足部アライメントとの関連

○仲里 楓<sup>1,2)</sup>, Todd Pataky<sup>1)</sup>, 谷口 匡史<sup>1)</sup>,  
佐伯 純弥<sup>1,3)</sup>, 八木 優英<sup>1)</sup>, 本村 芳樹<sup>1,4)</sup>, 岡田 笠吾<sup>1,2)</sup>,  
岡田 紗也花<sup>1)</sup>, 福元 喜啓<sup>1,5)</sup>, 小林 政史<sup>4)</sup>,

金光 京石<sup>6)</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)日本学術振興会特別研究員 DC

3)大阪河崎リハビリテーション大学リハビリテーション学部

4)小林整形外科医院

5)関西医科大学リハビリテーション学部

6)金光診療所

### 【はじめに・目的】

変形性膝関節症(膝OA)患者では歩行時の圧力中心(COP)位置は膝症状やインソールなどの介入効果に関連する。COP位置は足底にかかる圧力分布(足圧分布)から算出されるため、歩行時の力学的動態を理解する上で膝OA患者の足圧特徴の検証は重要である。また、多くの膝OA患者で合併を認める足部アライメント変形も膝症状や保存的介入の効果に関連する。しかし、保存的介入の対象である進行期膝OA患者の足圧特徴および足部アライメントとの関連は明らかでない。また、足底面を数領域に分割し、そこから算出した指標を使用する従来の足圧解析手法では、領域分けの定義による結果への影響が指摘されているが、その問題点を解決できる連続体解析(Statistical Parametric Mapping: SPM)を用いて膝OAの足圧特徴を明らかにした報告は見当たらない。SPMは領域分けを要さず、ピクセル単位で分析を行う手法である。本研究の目的は、進行期膝OA患者の足圧分布の特徴および足部アライメントとの関連を明らかにすることとした。

### 【方法】

進行期内側膝OA群52名(73.4歳)、健常高齢群38名(72.6歳)を対象とし、膝OA群の包含基準は両膝ともにKellgren-Lawrence分類2以上かつKnee Society Score症状スコア23点未満とした。膝OA群では重症足、健常群では右足を分析した。足圧計測には足圧計測システム(ZebrisFDM)を用い、快適歩行条件を3試行実施した。足部アライメント指標として、外反母趾角、アーチ高、踵骨外反角を計測した。なお踵骨外反角は大きいほど踵骨が床面に対し内側傾斜していることを示す。群間比較には、従属変数を各ピクセルのピーク圧力、固定因子を膝OAの有無、共変量を体重としたSPMによる共分散分析を行なった。また、膝OA群の足部アライメントとの関連は、膝OA群内で従属変数をピーク圧力、独立変数を各足部アライメント、共変量を体重とした偏相関分析を用いて検証した。

### 【結果】

膝OA群は踵中央の周縁および母趾球に相当する領域でのピーク圧力が高かった。足部アライメントとの関連について、外反母趾角が大きいほど母趾球領域のピーク圧力が高く、アーチ高および踵骨外反角が大きいほど踵部全体および第1~5趾基節骨~中足骨頭に相当する領域でピーク圧力が高かった。

### 【考察】

膝OA患者は荷重応答期に踵領域での衝撃緩衝が不十分かつ、つま先離地時に母趾球部で強く蹴り出しており、これらには足部アライメントの関連が示唆された。

### 【結語】

膝OA患者では踵および母趾球領域のピーク圧力が高く、これらの領域における高いピーク圧力と足部アライメントとの関連が示された。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設の倫理審査会の承認を得て実施した。対象者には事前に研究内容を説明し、書面で研究参加の同意を得た。

## P-02-15 ポスター2(身体運動学3)

扁平足アライメントに対する新たな運動療法が歩行中の足部内運動に与える影響：ランダム化比較試験

○古澤 ひなた<sup>1)</sup>, 畑柳 瑛一<sup>2)</sup>, 渡邊 貴博<sup>2,3,4)</sup>,  
堤 真大<sup>1,2,4)</sup>, 工藤 慎太郎<sup>1,2,4)</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 保健医療学研究科

3)森ノ宮医療大学附属 大阪ベイクリニック

4)森ノ宮医療大学 インクルーシブ医科学研究所

### 【はじめに・目的】

扁平足は一般的な足部変形の一つであり、下肢筋骨格系障害の要因ともなる。扁平足者は歩行中の下腿に対する後足部、後足部に対する中足部の過度な外がえしが生じるため、歩行中の足部内運動の改善が障害予防につながる可能性がある。扁平足に対する運動療法としてShort Foot Exercise(SFE)が用いられるが、歩行中の足部内運動の改善には至らないとされる。SFEは足部内在筋優位の運動であるため、歩行時の足部内運動への効果が乏しいと考えられる。そこで我々は、足部内在筋・外在筋の筋活動を同時に高められるArch Raise Exercise (ARE) を考案した。しかし、歩行時における扁平足者の足部内運動に対するAREの効果は不明である。本研究の目的は、扁平足アライメントに対するARE介入が、歩行中足部内運動に与える影響について明らかにすることとした。

### 【方法】

本研究はランダム化比較試験とし、健常大学生90名を対象とした(UMIN ID: UMIN00005474)。Foot posture index-6 (FPI-6) が6点以上の者を扁平足者とし、24名が実験に參加した。ARE群12名、SFE群12名に分類し、各運動を20回×5セット、週5日2週間介入した。AREは、中足部にバンドをかけ、下方に抵抗をかけHeel raiseを行うものである。歩行時の足部内運動の評価には、三次元動作解析装置を使用し歩行立脚期の前・中・後足部の相対角度を算出した。統計解析はStatistical Parametric Mapping解析を用いて、対応のないt検定を実施した。有意水準は5%とした。

### 【結果】

介入前における歩行時の足部内運動は、立脚期を通して群間差を認めなかった。介入後、ARE群はSFE群と比較し、歩行立脚期25-60% および90-95% で中足部の外がえしが減少した( $p<0.05$ )。

### 【考察】

歩行立脚期25-60%は立脚中期に相当し、中足部が最も外がえし、内側縦アーチが最も低下する時期である。したがって扁平足アライメントに対するAREの介入は十分に歩行中の足部内運動を改善したといえる。歩行時の過度な中足部外がえしは障害発生に関与することから、AREは扁平足アライメントに起因した筋骨格系障害の予防に寄与する可能性がある。

### 【結語】

扁平足アライメントに対するAREの介入は、歩行中の中足部外がえしを制動できる運動療法である。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

森ノ宮医療大学学術研究委員会の倫理審査部会の承認を得て実施された(2023-055)。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の本研究内容を十分に説明し、書面で同意を得たうえで行われた。

## P-02-16 ポスター2(生体評価学1)

### フレイル高齢者における両手協調運動の特性

○藤川 翔也<sup>1,2)</sup>, 村田 伸<sup>1,3)</sup>, 合田 明生<sup>7)</sup>,  
澤井 舜<sup>1,2)</sup>, 山本 涼介<sup>1,4)</sup>, 静 雄介<sup>1,2)</sup>, 中川 幸太郎<sup>3,5)</sup>,  
中野 英樹<sup>1,3,6)</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

4)駿河会脳神経外科病院リハビリテーション科

5)ながしま脳神経外科リハビリクリニック

6)情報通信研究機構脳情報通信融合研究センター

7)北陸大学医療保健学部理学療法学科

**【はじめに・目的】**世界の総人口に占める高齢者の割合は年々増加傾向にあり、これに伴うフレイルの増加が懸念されている。近年、フレイル高齢者は健常高齢者よりも片手運動の巧緻性が低下することが報告されている。しかし、正常な老化では、片手運動よりも両手運動でパフォーマンスの低下がみられることが報告されている。そのため、両手協調運動がフレイルの評価ツールとして応用できる可能性があるが、その点に関しては未だ明らかにされていない。そこで本研究は、フレイル高齢者における両手協調運動の特性を明らかにすることを目的とした。

**【方法】**対象は地域在住高齢者317名であり、全ての対象者は両手協調運動を実施した。両手協調運動は、母指と示指のタッピング運動を左右同時に可能な限り速く実施するインフェーズ課題と左右交互に実施するアンチフェーズ課題で構成された。各々の課題は15秒間とし、各運動課題中に両手協調運動の特徴量である総移動距離と距離の極大点の平均・標準偏差、距離極大点の近似直線の傾き、タップ回数、インターバル平均・標準偏差、タップ周波数、位相差の標準偏差を測定した。また、本研究は基本チェックリストを使用して対象者のフレイルを評価し、ロバスト群・プレフレイル群・フレイル群に割付けした。統計解析として、群・手・課題の3要因を使用した混合計画3要因分散分析を用いて各測定項目の特徴量を比較した。有意水準は5%とした。

**【結果】**基本チェックリストより、対象者はロバスト群131名とプレフレイル群137名、フレイル群49名に群分けされた。統計解析の結果、9項目の特徴量は群・手・課題の3要因の間に有意な交互作用を認めなかった( $p > 0.05$ )。しかし、総移動距離は群の要因に主効果を認め、ロバスト群よりフレイル群で有意に減少した( $p < 0.05$ )。

**【考察】**フレイルとは筋力や持久力の低下を特徴とする脆弱性が増した状態であり、筋力の低下は動作速度の低下を招くことから、フレイル群は両手協調運動の速度が低下した結果、総移動距離が減少した可能性がある。さらに、両手協調運動には脳梁を介した半球間の相互作用が重要な役割を担い、脳梁の構造的な変容がフレイル高齢者で著しいことが近年報告されている。よって、フレイル群は脳梁の構造的・機能的結合性の変容によって両手協調運動のパフォーマンスが低下し、総移動距離が低下した可能性が示唆された。

**【結語】**本研究により、フレイル高齢者では両手協調運動における総移動距離が低下することが明らかにされた。この結果は、両手協調運動がフレイルの評価ツールとして応用できる可能性を示唆している。

**【倫理的配慮・説明と同意】**所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:22-61)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## P-02-17 ポスター2(生体評価学1)

### 幻肢痛に特徴づけられる脳内ネットワーク異常

-上腕切断症例1名を対象にした予備的検討-

○木下 葉, 大住 倫弘

畿央大学大学院 健康科学研究科

#### 【はじめに・目的】

ほとんどの切断者は、欠損したはずの“幻”的手足の感覚が残っている。このような肢を幻肢(Phantom limb)と呼び、幻肢に生じる痛みを幻肢痛(Phantom limb pain)と呼ぶ。この幻肢痛は、切断者の約60%に生じると報告されており、幻肢痛を有する体肢切断者の生活の質は大きく侵害されることから、幻肢痛軽減を図る治療法の開発が急務である。しかしながら、幻肢痛が生じるメカニズムさえも未だ一貫した見解がないことから、幻肢痛リハビリテーションに繋がるようなメカニズム解明が必要である。そこで、本研究では幻肢痛を有する上腕切断症例を対象に、グラフ理論に基づいた脳内ネットワーク解析を行い、幻肢痛に特徴づけられる神経生物学的指標を分析した。

#### 【方法】

対象は“うねるような”幻肢痛のある左上腕切断患者1名とした。Short-Form McGill Pain Questionnaire 2(SF-MPQ-2)を用いた痛みの評価では、持続的な痛み36点、間欠的な痛み35点、神経障害性の痛み21点、感情的表現12点であった。また、対象は断端部に幻肢が埋まっているような幻肢感覚をもっており、幻肢を随意的に動かすことが難しい症例であった。安静時脳波の測定は、シールドルーム内にて64ch電極(Biosemi社)を用いて閉眼で3分間記録した。記録後、Off lineにて前処理を行った。データ解析として、64chから得られた脳波データから電極間のコネクティビティを位相同期指標(Weighted Phase Lag Index)で算出し、そのマトリックスデータを活用して各周波数ごとにグラフ理論に基づいたネットワーク解析を行った。

#### 【結果】

グラフ理論に基づくネットワーク解析の指標のひとつであるConnectivity strengthは、切断肢と反対側の感覺運動領域で低減していた。

#### 【考察】

本研究の結果より、幻肢痛のある上腕切断症例において感覺運動領域のネットワークに変容が認められた。上腕切断後、切断部位からの求心性フィードバック情報が得られず、これが運動と感覺の誤差を生じさせた結果として今回のような感覺運動ネットワークの変容につながったと考える。加えて、このようなネットワーク異常が幻肢の随意運動を不自由にさせ、幻肢痛を増悪させている可能性が考えられた。

#### 【結語】

幻肢痛のある上腕切断症例は感覺運動領域のネットワーク変容が生じていることから、幻肢痛リハビリテーションには感覺運動領域のネットワークの再構築を導くような幻肢痛リハビリテーションが重要であると考えられる。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は、ヘルシンキ宣言に従って実施され、畿央大学倫理委員会にて承認を得た(承認番号R5-17)。また、対象者に口頭および紙面にて説明・同意を得た。

## P-02-18 ポスター2(生体評価学1)

### 肩甲帶運動システムにおける周波数応答に関する研究

○千田 悠人<sup>2)</sup>, 村上 賢一<sup>1)</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)JR仙台病院 リハビリテーション科

#### 【はじめに】

我々は、これまで上肢下垂位における肩甲帶反復運動を課題とし、肩峰軌道解析による新たな肩甲帶動的評価法の開発を目的として研究を進めてきた。その一環として、本研究では肩峰軌道幅の周波数応答および上肢ラテラリティの影響を明らかにすることを目的とした。

#### 【方法】

対象は健常若年成人28名(年齢20±1歳、身長162.9±7.5cm、体重57.1±7.2kg、男性10名・女性18名)とした。運動課題は肩甲帶屈曲伸展及び拳上下制運動の2種類とした。この際、非検査側の鎖骨・体幹を20-30Nの力で徒手固定し、代償運動を抑制した。周波数条件は①0.5Hz、②0.75Hz、③1.0Hz、④1.25Hz、⑤1.5Hzとし、ランダムに左右の肩甲帶運動を測定した。使用機器には3次元動作解析装置を用い、サンプリング周波数は250Hzとした。反射マーカーは肩峰と胸骨切痕、第7頸椎棘突起に貼付した。計測は各運動につき10周期測定し、中間の4-8周期を解析対象とした。解析は各周運動波数にて肩峰軌道幅を算出した。統計解析は被験者内計画における二元配置分散分析及び回帰分析を行なった。なお、統計学的有意水準は危険率5%未満とした。

#### 【結果】

肩甲帶屈曲伸展運動の肩峰軌道幅(利き手/非利き手)は、①12.9±4.3 cm/12.9±4.8 cm、②11.8±4.6 cm/11.9±4.9 cm、③10.9±4.2 cm/11.3±4.7 cm、④9.8±4.1 cm/9.8±4.8 cm、⑤8.7±3.2 cm/8.6±4.1cmであり、運動周波数条件で有意な主効果を認めた。また、肩甲帶拳上下制運動は、①10.6±2.2 cm/10.3±2.2 cm、②9.8±2.3 cm/9.8±2.2 cm、③9.5±2.2 cm/9.5±2.2 cm、④8.9±2.3 cm/8.7±2.2 cm、⑤8.4±2.3 cm/8.2±2.2 cmであり、運動周波数条件で有意な主効果を認めた。また、回帰式は屈曲伸展運動にてy=-4.1x+14.9(R<sup>2</sup>=0.99)/y=-3.7x+9.6(R<sup>2</sup>=0.97)、拳上下制運動にてy=-2.1x+11.6(R<sup>2</sup>=0.99)/y=-2.1x+11.4(R<sup>2</sup>=0.99)であった。

#### 【考察】

どちらの運動課題とも運動周波数にのみ主効果を認め、運動周波数と肩峰軌道幅は反比例関係にあった。また、決定係数が0.9以上であったことから、肩甲帶運動は運動周波数に依存していることが明らかとなった。そのため、特定の運動周波数における肩峰軌道幅の比によって運動機能を評価できる可能性のあることが示された。さらに、利き手の影響が統計学的に有意でなかったことから、患健比の使用が可能であることも明らかになった。

#### 【結論】

肩甲帶屈曲伸展及び拳上下制運動を課題とした肩甲帶運動の周波数応答システム及びラテラリティについて調査した。周波数条件を①0.5Hz、②0.75Hz、③1.0Hz、④1.25Hz、⑤1.5Hzとし、左右の肩甲帶運動をランダムに行わせた。その結果、運動周波数と肩峰軌道幅は反比例関係にあったことから周波数比を用いた評価が可能であることが示された。また、利き手の影響が小さく、患健比の使用も可能であることも明らかになった。

#### 【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、本研究は所属施設における倫理審査会で承諾を得て実施した(承認番号:文大倫第23-17号)。

## P-02-19 ポスター2(生体評価学1)

### パーキンソン病患者の起立着座動作における二次元動作解析を用いた側方傾斜角度 一起立着座動作支援ロボットによるアシストを用いた側方傾斜角度の即時的な変化の検討

○山本 哲<sup>1)</sup>, 古閑 一則<sup>2)</sup>, 石井 大典<sup>3)</sup>, 石橋 清成<sup>2)</sup>,

河野 豊<sup>4)</sup>

1)茨城県立医療大学理学療法学科

2)茨城県立医療大学付属病院リハビリテーション部

3)茨城県立医療大学作業療法学科

4)茨城県立医療大学医学センター

【はじめに・目的】パーキンソン病(PD)における姿勢反射障害は転倒の誘因となることが報告されており(Pickering, 2007)、理学療法による改善が必要な症候である。近年、動作支援ロボット(MR)を用いた介入により、中枢神経障害に起因する運動麻痺や歩行障害が改善することが報告されている。本研究では、姿勢異常を呈するPDにおいてMRを用いた起立着座(SS)練習を行うことで、動作中の姿勢異常が正常化するかを検討した。また、MR練習における前額面の姿勢異常(側方傾斜角度:LFA)の評価方法の臨床的有用性を検討した。

【方法】対象症例は60歳代の女性1名で、Hoehn-Yahr分類はIIであった。座位および立位姿勢では介助なく姿勢保持が可能であるものの、當時右方に傾斜した姿勢を呈していた。本症例の姿勢異常に対する練習として、MR(HAL®腰タイプ 自立支援用)を用いたSS練習を5分間行った。アシストはCACモード(設定2)とした。

評価動作はMR装着下のSS動作を5回とし、練習前評価(アシストなし)、練習開始0分(アシストあり)、練習開始2.5分(アシストあり)、練習開始5分(アシストあり)、練習後評価(アシストなし)の5時点で評価を行った。本症例に対して、ビデオカメラを用いた前額面における二次元動作解析を行った。マーカーを症例の左右足関節、左右股関節および胸骨柄に貼付し、オンライン解析にてLFAの算出を行った。LFAの定義は、左右足関節中点と左右股関節中点を通る直線と、胸骨柄と左右股関節中点を通る直線のなす角とした(右側方傾斜を+で表示)。各SS動作において、最大LFA値と、最大LFAが生じていた相を同定した。

【結果】SS動作5回における最大LFAの平均値±標準偏差は、練習前評価では2.8±0.6°であり、練習開始0分で3.3±1.7°、練習開始2.5分で0.9±2.5°、練習開始5分で1.1±1.4°、練習後評価では4.6±0.7°であった。また、最大LFAはいずれも着座動作相で生じていた。

【考察】本手法を用いることで、PDのSS動作における前額面の姿勢異常を定量化することができた。本症例は日常場面と同様に本研究の練習前評価においても右方に傾いていた。MRを用いることで、アシスト無しでは困難であったLFAの正中化を行うことができた。ただし、この効果の持続は限られたものであった。

【結語】二次元動作解析は臨床場面で実施可能な姿勢異常の評価方法であることが示唆された。また、MRによって一時的に姿勢異常に変化が生じることが示唆された。今後、評価方法の精度検証および多数症例での効果検証が必要である。

【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倫理委員会(受付番号e356)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-02-20 ポスター2(生体評価学1)

### メタ解析による知覚学習効果の検証

○佐々木 亮樹<sup>1,2)</sup>, 小島 翔<sup>3,4)</sup>, 齊藤 慧<sup>3,4)</sup>,  
大西 秀明<sup>3,4)</sup>

1)神奈川県立保健福祉大学大学院 保健福祉学研究科

2)日本学術振興会 特別研究員(PD)

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)新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

#### 【目的】

反復的な体性感覚刺激(RSS)は、一次体性感覚野の興奮性を変調することで、体性感覚機能を向上させることができ。この現象は、知覚学習として知られており、体性感覚障害を有する脳卒中患者へのリハビリテーションに応用できる可能性がある。しかし、この手法が体性感覚機能を効果的に向上させるのかは、研究間で一致した見解が得られていない。そこで、本研究ではメタ解析を使用して、RSSが触覚刺激による二点識別覚(TPD)を効果的に向上させるのかを年齢(若年者 vs. 高齢者)およびRSSの刺激時間(短時間 vs. 長時間)、刺激頻度(低頻度 vs. 高頻度)を含む要因に着目して明らかにすることを目的とした。

#### 【方法】

本研究のプロトコールは、PROSPEROに登録された上で実施した(登録番号: CRD42023487471)。メタ解析は、PRISMA2020ガイドラインに則って行った。今回のメタ解析では、RSS前後でTPDを計測した先行研究を解析対象とし、TPD閾値(mm)を従属変数とした。

#### 【結果】

メタ解析の結果、RSS後の刺激指においてTPD閾値の有意な減少(パフォーマンスの向上)が認められたが(SMD = -0.67, P < 0.001)、非刺激指では、有意差を認めなかった(SMD = 0.04, P = 0.57)。一方、研究間においては刺激指に対する知覚学習効果には、大きな異質性が観察された(95% Prediction interval [-2.01 0.67])。年齢及びRSSの刺激パラダイムの要因については、RSSによるTPD閾値の変化に対して、いずれも有意な影響を及ぼさなかった(all P > 0.13)。対象研究に対するバイアス評価では、ランダム化のプロセス及び適切なコントロール条件、ブラインディング、欠損データに関する問題を発見した。

#### 【考察】

メタ解析では、刺激部位に限局してTPD機能を向上させることを明らかにした。しかし、95% prediction intervalが0の範囲を含むことから、その効果は研究間でばらつきがあることが示された。そのため、今回はサブグループ解析も実行し、年齢やRSSの刺激パラダイムがこのばらつきを生んでいるのかを検証したが、これらの要因は知覚学習効果に影響を及ぼさないことが示された。一方、メタ解析の対象とした研究では、多くの方法論的な問題が確認され、適切な方法論の上で知覚学習効果を検証した更なる研究が要求される。

#### 【結語】

RSSは刺激部位に限局してTPDを向上させる可能性が示されたが、その効果は研究間でばらつきがあることが判明した。今後は、高い質の方法論で知覚学習効果を検証し、効果のばらつきに関与する要因の特定を目指していく。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は、既存の文献の包括的分析に基づくため、倫理的承認は不要であった。

## P-02-21 ポスター2(神経生理学4)

### オプティカルフロー刺激による姿勢制御の適応効果および持続効果

○熊野 陽奈<sup>1)</sup>, 愛甲 拓海<sup>2,5)</sup>, 川端 安耶子<sup>1)</sup>,  
木下 大頌<sup>1)</sup>, 黒木 堂稀<sup>3,4)</sup>, 鞍馬 貴史<sup>2,5)</sup>,  
長谷川 直哉<sup>6)</sup>, 加藤 士雄<sup>7)</sup>, 萩井 太規<sup>1,2,3)</sup>

1)大分大学 福祉健康科学部 理学療法コース

2)大分大学大学院 福祉健康科学研究科 健康医科学コース

3)大分大学大学院 医学系研究科 理学療法研究領域

4)別府発達医療センター リハビリテーション課

5)明野中央病院 リハビリテーション科

6)北海道大学大学院 保健科学研究院

7)北海道科学大学 保健医療学部理学療法学科

【はじめに・目的】立位中に視野の下部領域にオプティカルフロー(Optical flow: OF)刺激を提示すると、視覚の依存度が減少し姿勢動揺も縮小する(Mani, 2022)。この結果は、立位時に視覚の依存度が増加する高齢者(Kobayashi, 2002)に対する新たなバランストレーニングにつながるかもしない。しかし、視覚刺激を除去した後にもその効果が持続するかは明らかでない。本研究の目的は、合計10分程度のOF刺激提示後に、視覚刺激除去後の持続効果を検証することであった。【方法】健常成人40名を対象にした。適応前評価、10分間の適応課題、適応後評価の順に行い、適応課題中の条件により20人ずつ2群に分けた。OF群( $20.7 \pm 1.4$ 歳)は、Virtual reality (VR) 内で前方から後方へ2.5cm/sの速度で視野の下部領域に白球が放射される状況下で立位を保持し、非OF群( $20.8 \pm 0.7$ 歳)は固視点のみ提示された暗室のVR内で立位を保持した。立位は、足部が接地しない位置まで足を閉じた肢位とした。1試行60秒とし、計10施行実施した。適応前後の評価は、70秒間の閉眼閉脚立位保持を実施した。1基の床反力計を用いて、足圧中心点(COP)を算出した。前後方向のCOP変位の二乗平均平方根(COP\_RMS)と0~0.3Hz, 0.3~1Hz, 1~3Hzの周波数帯のパワースペクトラム密度を算出した。各群、適応前評価と適応課題間の比較、適応前評価と適応後評価間の比較に対応のあるt検定を用いた。適応課題は後半5施行の平均値で比較した。有意水準は5%未満とした。【結果】OF群は、適応課題前評価と比較して、適応課題のCOP\_RMSと0~0.3Hzのパワースペクトラム密度が有意に小さかった( $p < 0.01$ )。一方、非OF群は、適応課題と適応前評価間に有意差を認めなかつた( $p > 0.05$ )。適応前評価と適応後評価間は、両群ともいずれの変数も有意差を認めなかつた。【考察】OF群にのみ、適応課題後半にてCOPの前後動揺が縮小したことから、視野の下部領域のオプティカルフロー刺激が、姿勢動揺を縮小させる適応を生じさせたと考えられる。しかし、視覚刺激を除去した後は、両群とも持続効果は得られなかつた。5分間の連続した刺激提示を1セット実施した場合に持続効果が示されていることから(Sinan, 2022), 休憩等の設定が持続効果に影響する可能性が考えられる。【結語】合計10分間の視野下部へのOF刺激提示では、視覚刺激除去後の姿勢制御に効果は持続しない。【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倫理委員会で承認後に実施した(承認番号:F200019)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## P-02-22 ポスター2(神経生理学4)

### 段差跨ぎ動作の関節間協調性に対する介入方略の提案

○須田 祐貴<sup>1,2)</sup>, 橋口 貴広<sup>1)</sup>

1)東京都立大学人間健康科学研究所

2)日本学術振興会特別研究員

#### 【はじめに】

人が安全に歩行するには、環境変化に応じて動きを調整する必要がある。この調整には毎試行、動作の目的（クリアランスといった目的変数）を一定に保ちつつ筋や関節などの協調的な制御（様々な動作パターンで実現する）が重要である。我々は、段差跨ぎ動作時における協調性の改善方略として環境制約（例えば、障害物回避後に踏むことのできないエリアを設定する）によって動作パターンを増加させ、かつ目的変数を一定に保つことが重要だと考え、研究を進めてきた。これまで、環境制約により動作パターンの増加は確認できたが、目的変数（クリアランス）を一定に保つ方法が不十分であり、協調性の改善には至っていない。この方法として、目印となる2本のバーの間を通過することでクリアランスを一定に保つことを試みたが、難易度が高かった。従って、本研究では目的変数を一定に保つ方法を改良したうえで、協調性改善には環境制約と目的変数を一定に保つことが有益であるか再検証した。

#### 【方法】

高齢者15名、若齢者14名を対象に3つの条件下で段差跨ぎ課題を15試行ずつ実施した。通常歩行で段差を跨ぐ「通常条件」、障害物の奥にさらに障害物を設置し下肢の接地位置に制約を課す「調整条件」、調整条件に加えて、障害物を跨ぐ瞬間にクリアランスが毎試行一定になる方法を加えた「調整+一定条件」を実施した。具体的には、障害物を回避する瞬間に目印となるバーをつま先でタッチする方法とした。介入はすべて先導脚が対象であった。障害物回避時のクリアランスを目的変数としてUncontrolled manifold解析を実施し、協調性の値である $\Delta V_z$ 、動作パターンの量を示す $V_{UCM}$ と目的変数のばらつきを示す $V_{ORT}$ を算出した。

#### 【結果】

実験の結果、調整+一定条件で他の条件と比較して $\Delta V_z$ が増加した。また、 $V_{UCM}$ は通常条件よりも他の2条件で有意に大きかった。 $V_{ORT}$ は、調整+一定条件と通常条件では差がなく、調整+一定条件において $V_{ORT}$ の増加が抑制された。

#### 【考察】

本研究の結果から、環境制約により動作パターンが増加し、目的変数を一定にする方法によりクリアランスのばらつきの増加が抑制され、結果的に協調性が改善されることが示唆された。従って、リハビリでは動作パターンの増加だけでなく、ターゲットを設定して目的変数を一定にすることも必要である。また、本研究は即時的な効果の検証にとどまるため、持続性や他の動作へ波及効果を検証していく必要がある。

#### 【結語】

関節間協調性の改善には、環境制約による動作パターンの増加と目的変数を一定にすることを組み合わせることが重要である。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した（承認番号:H5-22）。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## P-02-23 ポスター2(神経生理学4)

### 加齢が歩行停止動作時の重心動搖に与える影響

○川田 亜弥<sup>1)</sup>, 赤木 啓真<sup>1,2)</sup>, 楠 悠介<sup>1)</sup>, 石村 光<sup>1)</sup>,

西山 仁<sup>1)</sup>, 浅野 葵<sup>1)</sup>, 川村 るか<sup>1)</sup>, 長谷川 直哉<sup>3)</sup>

1)北海道大学大学院保健科学院

2)福岡リハビリテーション病院リハビリテーション部

3)北海道大学大学院保健科学研究院

#### 【目的】

歩行停止動作時の姿勢制御に関して、下肢筋活動や鉛直方向の力の大きさ等は注目されてきたが、足圧中心（COP）や身体質量重心（COM）の軌跡に関する研究は少ない。本研究の目的は、若年者と高齢者の歩行停止時におけるCOP及びCOMの軌跡に関して振幅を比較し、加齢が歩行停止動作に与える影響を検討することとした。

#### 【方法】

若年者9名（23.4±1.6歳）と65歳以上の高齢者9名（72.6±4.1歳）に対し、約7mの直線歩行路上を快適歩行し、所定の位置で停止する課題を3試行実施した。停止位置は、歩行路終点に設置した前後2基の床反力計上とし、必ず手前の床反力計に1歩、奥の床反力計に2歩接地するよう求めた。全身に反射マーカーを貼付し、踵部マーカーの位置座標及び各床反力計の床反力から接地の瞬間を、反射マーカー及び床反力からCOMとCOPを算出した。停止動作は、手前の床反力計への接地から奥の床反力計への接地までをphase1、それ以降をphase2と分割し、phase1でのCOP前後変位、phase2でのCOP前後変位、側方変位及び立脚側へのCOM側方変位を算出した。また、COM位置座標より定常歩行速度を、踵部マーカー位置座標から歩幅を算出した。統計解析は、以上の各指標に関して3試行の平均値に対し、対応のないt検定を用いて若年者群と高齢者群の比較を実施した。

#### 【結果】

COPデータに関して、phase1でのCOP前後変位、phase2でのCOP前後変位及び側方変位は両群間で有意差が認められなかった（ $p = 0.928$ ,  $p = 0.832$ ,  $p = 0.105$ ）。COMデータに関して、phase2での立脚側へのCOM側方変位は若年者群に対し高齢者群で有意に小さかった（ $p = 0.022$ ）。定常歩行時の速度及び歩幅は、両群間で有意差が認められなかつた（ $p = 0.408$ ,  $p = 0.833$ ）。

#### 【考察】

高齢者の歩行停止動作では、最後から2歩目の接地時における立脚側へのCOM位置座標の偏倚が若年者と比較して小さいことが示された。一方、同タイミングにおけるCOP側方変位は両群間で差が認められなかった。従って、停止最終域において高齢者では、COP位置の変動に対してCOM位置の変動が少ないと、つまり、COPとCOMの乖離が若年者に対し高齢者で増大しており、側方不安定性を生じている可能性がある。

#### 【結語】

若年者と比較して歩行速度や歩幅に変化を認めない健常高齢者において、歩行停止動作時の重心偏倚を検討することの有用性が示唆された。

#### 【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。本研究は発表者が所属する組織の倫理委員会（承認番号：23-60）の承認を得て実施し、利益相反関係にある企業等はない。

## P-02-24 ポスター2(神経生理学4)

### 前庭感覚システムは歩行開始時の予測的姿勢調節に影響するのか

○萬井 太規<sup>1,2,3)</sup>, 長谷川 直哉<sup>4)</sup>, 黒木 堯稀<sup>3)</sup>, 愛甲 拓海<sup>2)</sup>, 鞍馬 貴史<sup>2)</sup>, 熊野 陽奈<sup>1)</sup>, 川端 安耶子<sup>1)</sup>, 木下 大頃<sup>1)</sup>, 平田 恵介<sup>5)</sup>  
 1)大分大学 福祉健康科学部 理学療法コース  
 2)大分大学大学院 福祉健康科学研究科 健康医科学コース  
 3)大分大学大学院 医学系研究科 理学療法研究領域  
 4)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  
 5)東京家政大学 健康科学部 リハビリテーション学科

【はじめに・目的】経頭蓋直流前庭電気刺激 (GVS) を付与した研究では、予測的姿勢調節 (APA) は影響しないとの結果がある一方、前庭機能障害者のAPAは低下するとの結果もあり、APAと前庭系の関連性は結論付けられていない。本研究の目的は、知覚できない低刺激量で前庭系を変調させる経頭蓋ノイズ前庭電気刺激 (noisy GVS) を用いて、前庭感覚システムは歩行開始時のAPAに影響するとの仮説を検証することであった。【方法】19名の健常成人 ( $23.5 \pm 5.5$  歳) を対象とした。対象者は、安静立位を20秒以上保持してから、最大速度で10歩以上歩行するように指示された。立位開始から歩行終了までnoisy GVSを付与した(周波数0.1~640 Hz)。刺激強度は3条件 (sham,  $\pm 0.2$  mA,  $\pm 0.4$  mA), 条件順はランダムとし、5試行ずつ実施した。三次元動作解析システムを用いて、立位時の頭部加速度、1歩目の歩幅を算出した。2基の床反力計から足圧中心点 (COP) を算出し、立位時COP位置、遊脚開始に先行するCOPの変位開始時間 (APA開始時間) と最大変位量 (APA移動量) を前後軸と左右軸に分けて算出した。条件間の比較に反復測定一元配置分散分析を使用し、多重比較にBonferroni法を使用した。有意水準は5%未満とした。【結果】後方のAPA開始時間にのみ条件間の主効果が認められ、0.2 mA条件はsham条件と比較して有意に早かった (Sham: -501.5  $\pm$  59.5 ms, 0.2 mA: -529.9  $\pm$  62.0 ms,  $p < 0.01$ )。一方、0.4mA条件はsham条件と有意差を認めなかつた ( $0.4$  mA: -508.3  $\pm$  58.3 ms)。その他の変数は、条件間の主効果を認めなかつた。【考察】前庭感覚システムは、立位時のbody-space perceptionとverticalityの情報を提供する (Takakusaki, 2023)。また、noisy GVSは、前庭系のmotion perceptionを向上させ姿勢動揺を減弱させる (Lajoie, 2021)。歩行開始時のAPAは、姿勢平衡を崩すことで体重心の加速度の產生することを目的とするため、noisy GVSによる姿勢定位の知覚感度が高まり姿勢動揺が減弱した状態に対して、早期にAPAを產生することで最大速度の歩行開始を達成しようとしたと考えられる。【結語】前庭感覚システムは、歩行開始時のAPAに影響する。しかし、前庭感覚システムの変調の程度(刺激強度)によりAPAへの影響は変化する可能性がある。

【倫理的配慮・説明と同意】本研究は東京家政大学倫理会で承認後に実施した (SKE2021-29)。研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと書面で同意を得た。

## P-02-25 ポスター2(神経生理学4)

### 歩行停止動作の運動学的メカニズムに関する研究

○赤木 啓真<sup>1,2)</sup>, 川田 亜弥<sup>1)</sup>, 楠 悠介<sup>1)</sup>, 石村 光<sup>1)</sup>, 西山 仁<sup>1)</sup>, 長谷川 直哉<sup>3)</sup>  
 1)北海道大学 大学院保健科学院  
 2)医療法人博仁会 福岡リハビリテーション病院 リハビリテーション部  
 3)北海道大学 大学院保健科学研究院

#### 【目的】

姿勢安定性は身体重心(COM)の動搖を最小限に抑えるための制御であり、足圧中心(COP)とCOMの相対的位置関係(DP)によって客観化することができる。しかし、先行研究では歩行停止時のCOP軌道について多数報告している一方で、身体の安定性を直接的に示すCOM軌道やCOP-COM間距離について報告しているものは見当たらない。従って、本研究では、COPとCOMを用いて歩行停止動作時の姿勢安定性に関する運動学的メカニズムを明らかにすることを目的とした。

#### 【方法】

健常若年者15名を対象とした。対象者は全身に23個の反射マーカーを貼付した状態で、約7mの歩行路を歩行し指定した床反力計上に両足を揃えて2歩(最初に接地した方を先行肢)で停止するよう指示された。歩行速度は3条件:快適速度、快適速度のCadenceの125%(Fast)、快適速度のCadenceの80%(Slow)を設定し、各条件で10試行実施した。床反力計からCOP位置、3次元動作解析装置からCOM位置を算出した。安定性指標として、先行肢踵接地時のDPとCOM動搖から停止に要する時間(TTS)を算出した。統計解析では、各方向(前後(AP)、左右(ML))のDPに対して条件を要因とした反復測定一元配置分散分析を実施した。TTSに対しては、条件と方向を要因とする反復測定二元配置分散分析を実施した。

#### 【結果】

DPではAP方向で快適速度と比較して、Fastで有意な増加、Slowで有意な低下が認められたが( $p < 0.001$ ,  $p < 0.001$ )、ML方向では条件による主効果が認められなかつた( $p = 0.079$ )。TTSにおいては両要因に主効果が認められた(条件:  $p < 0.001$ ; 方向:  $p = 0.049$ )。多重比較の結果、AP方向では快適速度、Fastと比較してSlowで有意な延長が認められ( $p = 0.020$ ,  $p = 0.001$ )、ML方向ではFastと比較してSlowで有意な延長が認められた( $p = 0.009$ )。

#### 【考察】

Fastでは快適速度と比較してAP方向のDPが増加する一方で、TTSに変化は認められなかつた。従って、歩行速度上昇に伴い増加した前方への推進力を先行肢のCOP位置を前方推移させることで制動し、歩行停止時の姿勢動揺の増大を防いでいると考えられる。また、SlowではDPが低下しているにもかかわらずTTSの延長が認められた。つまり、歩行速度の低下がTTSの延長を引き起こしたと考えられる。

#### 【結語】

健常若年者は、歩行停止時に先行肢のCOP位置を前方へシフトさせ、COPとCOMとの間の距離を増大させることで制動力を高め、姿勢動揺を最小限に抑える姿勢制御戦略をとっている。

#### 【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書面にて同意を得た。本研究は発表者が所属する倫理委員会の承認を得て行った(承認番号: 23-34)。

## P-02-26 ポスター2(神経生理学5)

外側前庭脊髄路興奮性に対するGaze Stabilization Exercisesと小脳経頭蓋直流電気刺激の併用効果  
 ○柴田 旺祐<sup>1,2)</sup>, 中薗 寿人<sup>3)</sup>, 谷口 隆憲<sup>3)</sup>,  
 金子 純一朗<sup>4)</sup>, 光武 翼<sup>5)</sup>  
 1)国際医療福祉大学大学院 医療福祉学部 理学療法学専攻  
 2)医療法人社団高邦会 福岡山王病院 リハビリテーション部  
 3)福岡国際医療福祉大学 医療学部  
 4)日本保健医療大学 保健医療学部  
 5)佐賀大学医学部付属病院 臨床研究センター

### 【はじめに・目的】

前庭リハビリの1つであるGaze Stabilization Exercises (GSE) は、頭頸部回旋運動によって前庭神経核の興奮性を増大させ、下肢筋活動に変調を及ぼし身体動搖が減少すると考えられている。また、その前庭神経核は小脳からの投射を受けており、前庭と小脳には密接な関係がある。先行研究より、小脳への陰極経頭蓋直流電気刺激 (transcranial Direct Current stimulation;tDCS) により、身体動搖が減少すると報告されている (Inukai Y, et al.2016)。本研究では、「前庭神経核に対しての介入であるGSE」と「小脳への介入である小脳陰極tDCS」の併用は、GSE単独よりも外側前庭脊髄路 (LVST) 興奮性が増大するとともに身体動搖が減少するのか明らかにするために、健常成人を対象とした研究を行った。

### 【方法】

脳神経血管・整形外科疾患のない14名の健常成人 ( $21.78 \pm 0.86$ 歳) を対象とした。対象者に対して小脳陰極tDCSとGSE、小脳Sham tDCSとGSEの2つの介入を行った。これらの介入はそれぞれ別日に2日間以上開けて実施し、順序は無作為に割付した。GSE詳細条件は立位で頭頸部回旋角度70°、回旋速度2Hzとし、1セット60秒間、5セット行った。tDCSは外後頭隆起2cm下と右額に電極 (5cm × 7cm;電流密度0.057mA/cm<sup>2</sup>) を貼付し、刺激強度は2.0mAとした。それぞれの介入前後で、LVST興奮性の評価法であるGalvanic vestibular stimulation後のヒラメ筋H反射の変化率 (GVS-H)、柔らかいマット上での閉眼閉脚条件におけるCOP総軌跡長と矩形面積の計測を行った。統計解析は刺激条件と時間 (介入前後) に対して二元配置分散分析を行った。

### 【結果】

COP総軌跡長は介入前より介入後において減少し、有意な主効果を認めた( $P=0.002$ )。しかし、刺激条件 ( $P = 0.547$ ) においては主効果を認めず、時間×刺激条件 ( $P=0.992$ ) での交互作用も認められなかった。GVS-Hに関しては、時間 ( $P = 0.120$ )、刺激条件 ( $P = 0.419$ ) での主効果が認めず、時間×刺激条件 ( $P = 0.184$ ) での交互作用も認められなかった。矩形面積に関して同様に、時間 ( $P = 0.739$ )、刺激条件 ( $P = 0.175$ ) での主効果が認めず、時間×刺激条件 ( $P = 0.578$ ) での交互作用も認められなかった。

### 【考察】

本研究では小脳陰極tDCSの有無にかかわらずGSEを実施することで身体動搖を減少させることが示唆された。一方、LVST興奮性は小脳陰極tDCSやGSEによって変動しない可能性がある。そのため、GSEの介入効果は小脳を介したLVST興奮性の変化ではなく、大脳皮質を含む複雑な神経ネットワークによって姿勢制御機能に影響を及ぼしている可能性がある。

### 【結語】

GSEはバランス機能向上させるが、小脳陰極tDCS併用の影響は少なく、LVST興奮性の変調とは異なる効果機序であることを示唆している。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は所属施設における倫理審査会で承認後に実施した (23-Ifh-046)。また、対象者には事前に書面および口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと書面で同意を得た。

## P-02-27 ポスター2(神経生理学5)

右LOC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

○時田 優菜<sup>1)</sup>, 齊藤 慧<sup>1,2)</sup>, 平賀 大河<sup>2,3)</sup>,

関根 悠介<sup>2,3)</sup>, 高橋 琴美<sup>1)</sup>, 小島 翔<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)新潟医療福祉大学大学院 医療福祉学研究科 保健学専攻

### 【目的】

ヒトが手指で物体の形状を識別するとき、一次体性感覚野などの多くの皮質領域が活動する。その中でも左後頭葉にあるLateral Occipital Complex (LOC) が右手指での形態識別に関与することが報告されているが (Amedi et al., 2002), 右LOCも重要な役割を果たしていると考えられている (Adhikari et al., 2014)。そのため、右LOCの興奮性を増大させることで右手指の空間識別能力は向上すると考えられる。大脳皮質の興奮性を増大させる方法に経頭蓋ランダムノイズ刺激 (tRNS) がある。tRNSを右LOCに与えることで右手指の空間識別能力が向上する可能性がある。本研究では右LOCへのtRNSが触覚方位弁別能力にもたらす効果を検証した。

### 【方法】

対象は右利き健常成人20名とした。tRNSの刺激周波数は0.1-640 Hz, 刺激強度は0.7 mA, 刺激時間は10分間, 刺激電極の貼付位置は国際10-20法におけるPO8と右肩とした。刺激条件は①右LOCへのtRNS, ②右LOCへのsham刺激 (30秒) とし、3日以上の間隔をあけてランダムな順番で実施した。触覚による空間識別能力を評価するために、触覚方位弁別課題 (GOT) を刺激前後に実施した。GOTでは8種類の異なる幅の溝が刻まれた半球型のブロックを対象者の右示指に押し当て、その溝の方向を回答させた。各刺激幅の正答率から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、各刺激群における刺激前後の弁別閾値を比較するために二元配置分散分析を実施した。また、刺激前の触覚機能がtRNSの刺激効果にもたらす影響を検証するためにPearsonの積率相関係数を算出した。有意水準はいずれも5%とした。

### 【結果】

右LOCへのtRNSでは、刺激前の弁別閾値が $0.89 \pm 0.21$  mm、刺激後が $0.91 \pm 0.24$  mm、sham刺激は刺激前の弁別閾値が $0.88 \pm 0.21$  mm、刺激後が $0.81 \pm 0.22$  mmであり、いずれも有意な変化を認めなかった。しかし、刺激前の弁別閾値とtRNSによって生じる弁別閾値の変化率の間に有意な負の相関が認められ、刺激前の弁別能力が低い被験者ではtRNSによって弁別能力が向上した。

### 【考察】

刺激前の弁別能力が低い被験者では、右LOCへのtRNSによって右手指の触覚方位弁別能力が向上した。LOCでは物体形状に関する触覚情報が処理されることから、tRNSによってその情報処理効率が向上し、触覚方位弁別能力が向上した可能性がある。

### 【結論】

刺激前の右手指の弁別能力が低い被験者では、右LOCへのtRNSによって右手指の触覚方位弁別能力を向上させる。

### 【倫理的配慮】

本研究は本学倫理審査会の承認後、対象者には実験の内容について説明し同意を得られた上で、実験を実施した。

## P-02-28 ポスター2(神経生理学5)

左後部頭頂皮質への経頭蓋直流電気刺激が歩行時の姿勢制御反応に及ぼす影響

○吉野 埃祐<sup>1,2)</sup>, 柴田 旺祐<sup>1)</sup>, 谷口 隆憲<sup>3)</sup>, 中蘭 寿人<sup>3)</sup>, 光武 翼<sup>4)</sup>

1)国際医療福祉大学大学院 医療福祉学部 理学療法学専攻

2)福岡リハビリテーション病院 リハビリテーション部

3)福岡国際医療福祉大学 医療学部

4)佐賀大学医学部附属病院 臨床研究センター

### 【目的】

歩行は視覚と体性感覚による情報をもとに環境の変化に適応しており、その感覚統合が後部頭頂皮質(PPC)で情報処理されている。先行研究では、両側PPC領域への経頭蓋直流電気刺激(tDCS)を行うことで歩行時の環境変化に対する適応の変化が見られたが(Young et al. 2020), 左右個別でのPPC変調作用を解明するには至らなかった。特に、左PPCは視覚にて空間を認知し、その際の姿勢制御機能に重要な役割を担う。そこで本研究の目的は、開眼歩行時に左PPC領域に着目し、tDCSにおける身体制御反応について検討することとした。

### 【方法】

対象は脳神経血管・整形外科的疾患のない17名(男性10名, 20.8±0.4歳)とした。tDCSを各被験者で左PPC(P3:国際10-20法)陽極・右前額面陰極、左PPC陰極・右前額面陽極、sham刺激の3条件を同日に実施、試行順序は無作為とし二重盲検化比較試験を採用した。刺激強度は2.0mA, sham刺激は0mAとして歩行時に適応した。各刺激条件において歩行評価は10m歩行を6セット行った(平地歩行・マット歩行各3セット)。各試行中の身体制御反応はワイヤレス三次元動作解析装置を使用し、骨盤、頸部、頭部の加速度、股、膝、足関節の角速度・関節角度を算出した。加速度情報はroot mean squareによる各運動方向の身体動揺を計測した。また、表面筋電計にて下肢主要筋の筋活動を計測し、3秒間の最大等尺随意収縮で正規化(%MVC)した。統計解析は刺激条件(陽極・陰極・sham刺激)と歩行条件(マット有り・マット無し)に対して二元配置分散分析を用いた。

### 【結果】

加速度解析では骨盤上下方向( $p < 0.001$ )、前後方向( $p < 0.001$ )、頸部上下方向( $p < 0.001$ )、頭部上下方向( $p < 0.001$ )、角速度解析では股関節外転( $p = 0.019$ )、足関節背屈( $p = 0.008$ )、関節角度解析では股関節屈曲( $p < 0.001$ )、膝関節屈曲( $p < 0.001$ )、足関節外転( $p < 0.001$ )においてマット条件下での有意な主効果が認められた。その他マット条件下における加速度・角速度・関節角度・%MVCに関しては有意な主効果や交互作用は認められなかった。刺激による主効果や交互作用はどの項目でも認められなかった。

### 【考察】

本研究では、平地歩行とマット上歩行での姿勢制御戦略の変化が認められたが、左PPC刺激における身体制御反応の変化は認められなかった。経頭蓋直流電気刺激の介入効果は対象者や環境、刺激強度、刺激波形など様々な要因が影響している可能性が示唆された。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号: 20-fiuhw-026)。

## P-02-29 ポスター2(神経生理学5)

低強度非集束型経頭蓋超音波刺激が皮質脊髄路興奮性に及ぼす影響

○本山 稔<sup>1)</sup>, 山口 智史<sup>2)</sup>, 濱砂 水喜<sup>1)</sup>, 川島 幸太郎<sup>1)</sup>, 田辺 茂雄<sup>3)</sup>, 藤原 俊之<sup>4)</sup>

1)順天堂大学大学院 保健医療学研究科

2)京都大学大学院 医学研究科 先端理学療法学講座

3)藤田医科大学 保健衛生学部 リハビリテーション学科

4)順天堂大学大学院 医学研究科 リハビリテーション医学

### 【はじめに・目的】

非侵襲的に脳へ超音波を投射する経頭蓋超音波刺激(TUS)は、皮質脊髄路興奮性を低下させることが知られており、理学療法の効果を促進する手段となる可能性がある。一方、超音波の拡散を特徴とする非集束型TUSも皮質脊髄路興奮性を変化させることが報告されているが、先行研究よりも低強度の非集束型TUSが皮質脊髄路興奮性を変化させるかについては検討されていない。そこで本研究は、低強度非集束型TUSが皮質脊髄路興奮性に及ぼす効果を検討することを目的とした。

### 【方法】

対象は健常成人20名(女性10名、平均年齢23±3歳)とし、TUS条件および偽TUS条件について3日以上の間隔をあけてランダムに実施した。刺激設定は、peak強度を1.6mW/cm<sup>2</sup>として、基本周波数を30kHz、刺激on時間0.3秒、off時間を2.7秒とした。刺激部位は右一次運動野とし、介入時間は20分とした。偽TUS条件では、同一の実験環境で、TUSが発生する音と同じ周波数の音刺激のみを与えた。

皮質脊髄路興奮性評価として、経頭蓋磁気刺激を用いて右一次運動野を刺激し、左第一背側骨間筋から運動誘発電位(MEP)を記録した。刺激強度は、MEP振幅がおよそ1mVとなる強度とし、TUS介入前(pre)、介入直後(post)、15分後(post15)および30分後(post30)に計測した。MEPは、各15回ずつ計測し平均値を算出した。統計解析は、反復測定二元配置分散分析(要因: 条件、時間)およびBonferroni補正した多重比較検定を実施した。有意水準は5%とした。

### 【結果】

分散分析の結果、有意な交互作用【 $F(3, 51) = 3.762$ ,  $p = 0.028$ 】および条件に主効果【 $F(1, 17) = 5.801$ ,  $p = 0.016$ 】を認めた。多重比較検定の結果、TUS群においてpreと比較してpost15で有意に低値であった( $p=0.002$ )。一方、偽刺激群では有意な変化は認めなかった( $p=0.194$ )。条件間の比較では、偽刺激群と比較して、postおよびpost15においてTUS群が有意に低値であった( $p=0.02$ ,  $p=0.009$ )。

### 【考察】

本研究の結果から、低強度非集束型TUSを一次運動野に投射することで、皮質脊髄路興奮性を低下させることが明らかになった。今後、パフォーマンスへの影響および詳細なメカニズムの解明、さらに疾患例において検証を進めていきたい。

### 【結語】

低強度非集束型TUSは、皮質脊髄路興奮性を低下させた。低強度非集束型TUSは脳活動を変調する刺激法として理学療法に応用できる可能性がある。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は所属施設の倫理委員会より承認を得て実施した(承認番号23-030)。また、被験者には実験内容および注意事項を書面および口頭にて説明し、十分な同意を得てから実施した。

## P-02-30 ポスター2(神経生理学5)

一次体性感覚野への経頭蓋直流電気刺激の刺激強度が正中神経刺激時の体性感覚誘発電位に及ぼす影響

○黒川 凌<sup>1)</sup>, 松田 裕弥<sup>1)</sup>, 赤岩 真悠<sup>2)</sup>, 菅原 靖<sup>1)</sup>, 小菅 凜<sup>1)</sup>, 工藤 哲史<sup>3)</sup>, 齊藤 秀和<sup>4)</sup>, 柴田 恵理子<sup>5)</sup>, 佐々木 健史<sup>2)</sup>, 菅原 和広<sup>2)</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 理学療法学第一講座

3)柏葉脳神経外科病院 リハビリテーション科

4)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

5)北海道文教大学 医療保健科学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

### 【はじめに・目的】

経頭蓋直流電気刺激(tDCS)は微弱な直流電流によって電極直下の皮質興奮性を変調させる手法である。tDCSの刺激強度を高めることで、その効果が増大することが報告されているが、近年では刺激強度と効果の関係に一定した見解は得られていないのが現状である。一方、一次体性感覚野(SI)へのtDCSが体性感覚誘発電位(SEP)に及ぼす影響を調査した研究では刺激強度を一条件のみとしており、刺激強度とその効果については十分な検討は行われていない。そこで本研究ではtDCSの刺激強度と正中神経刺激時の求心性入力の変調についてSEPを用いて調査した。

### 【方法】

対象は健常成人17名とし、tDCS前後で右正中神経刺激時のSEP計測を行った。正中神経刺激の刺激強度は運動閾値の120%とした。脳波計測時のフィルターは0.1-200 Hz、サンプリング周波数を1000 Hzとし、記録電極は国際10-10法のFC3, FC4, C3' (C3の2 cm後方), C4' (C4の2 cm後方), CP3, CP4, 鎮骨上窩のErb point, 基準電極はA1, A2とした。tDCSの電極サイズは35 cm<sup>2</sup>、陽極電極は左SI上(C3')、陰極電極を右眼窩上部に設置した。刺激強度は0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mAの4条件とし、刺激時間は15分間とした。C3'より記録されたP14/N20, N20/P25, P25/N33, N33/P45を解析対象とし、各波形成分のSEP振幅をPeak to peak法で算出した。統計学的解析は刺激強度条件(0.5, 1.0, 1.5, 2.0 mA)と時間(刺激前、後)を要因とした反復測定二元配置分散分析にて各波形の振幅値を比較した。

### 【結果】

P14/N20, N20/P25において刺激強度条件と時間に交互作用、主効果は認められなかった。P25/N33, N33/P45に時間の主効果を認め(P25/N33, p=.036; N33/P45, p=.002), 2.0 mA刺激後のN33/P45で振幅値が有意に増大した(p=.006)。

### 【考察】

0.5 mAから1.5 mAのtDCS刺激強度ではSEP振幅の変化は生じず、2.0 mAでのみN33/P45振幅値の増大を認めた。

先行研究では、M1へのtDCSは刺激強度の増大に伴い運動誘発電位が増大することが報告されているが、本研究の結果よりSIの興奮性を変調するにはtDCSの刺激強度を高くする必要があることが示唆された。

### 【結語】

S1へのtDCSは2.0 mAの刺激強度でN33/P45成分の振幅値の増大を認めた。

### 【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: 3-1-12), 被験者に書面にて十分に研究内容を説明し、同意を得た。

## P-02-31 ポスター2(神経生理学6)

脳卒中片麻痺患者の麻痺側足関節機能及び歩行障害に対する視覚誘導性自己運動錯覚の適用に関するフィージビリティ研究-シングルケーススタディ-

○田邊 淳平<sup>1)</sup>, 棚町 兼也<sup>2,3)</sup>, 金子 文成<sup>2,3)</sup>

1)広島都市学園大学 健康科学部

2)東京都立大学大学院 人間健康科学研究科

3)慶應義塾大学 医学部 リハビリテーション医学教室

### 【はじめに・目的】

脳卒中後の麻痺や痙攣による足関節機能の低下は、歩行速度の低下や歩容の非対称性につながる。近年我々は、運動麻痺や痙攣に対する治療手段として視覚誘導により誘導される運動錯覚(視覚運動錯覚)の臨床効果を報告してきた。これまでに、視覚運動錯覚を理学療法に用いる運動錯覚療法として視覚刺激と神経筋電気刺激を組み合わせ、さらに運動療法と併用する治療パッケージにより、脳卒中後片麻痺者の痙攣と上肢機能に対する効果を報告した。しかし、運動錯覚療法については、上肢運動機能だけでなく下肢運動機能に対しての効果を探索的に検証する必要があると考えている。本研究は、運動錯覚療法を脳卒中後片麻痺者の足関節運動麻痺治療に適用する実行可能性を確認することを目的とした。

### 【方法】

対象症例は、通所リハビリテーションに通う40代後半女性であった。診断名は右多発性脳梗塞であり、麻痺側は左で発症から694日が経過していた。Brunnstrom recovery stageは、上肢Ⅲ、手指Ⅱ、下肢Ⅲであった。Modified Ashworth Scale(MAS)による足関節底屈筋群の筋緊張は2であり、感覚障害はなかった。歩行はT字杖と短下肢装具を使用し自立していたが、装具なしでは見守りレベルであった。Mini Mental State Examinationは30点であった。デザインはABA'デザインを使用し、A1期をベースライン期(1ヶ月)、B期を介入期(1ヶ月)、A2期をフォローアップ期(1ヶ月)とした。A期の介入として20分間の麻痺側足関節自動背屈運動と運動療法を30分間実施した。B期には運動錯覚療法を20分間行い、その後に運動療法を30分間実施した。運動錯覚療法における動画の提示には、ヘッドマウントディスプレイを使用した。運動錯覚を誘導するための映像は、一人称視点で足関節背屈運動を観察するのコンピュータグラフィクス(CG)であった。CGの背屈運動に同期して麻痺側前脛骨筋と腓骨筋群への神経筋電気刺激を与えた。介入頻度は週2回とした。評価項目は、5m最大歩行速度、歩数、ケイデンス、二次元動作解析ソフトによる麻痺側足関節の自動背屈角度(背屈角度)、麻痺側足関節底屈筋のMASとし、A1前、B前、B後、A2後で比較した。

### 【結果】

5m最大歩行速度はA1前、B前、B後、A2後の順に0.22m/秒、0.24m/秒、0.31m/秒、0.26m/秒であった。同順に歩数は19.0歩、19.5歩、16.0歩、18.0歩、ケイデンスは50.4歩/分、58.8歩/分、57.6歩/分、56.5歩/分、背屈角度は2.5度、3.2度、6.7度、5.6度、足関節底屈筋のMASは2, 2, 1+, 1+であった。

### 【考察】

今回の症例においては、B期に行った介入効果が示される結果となった。酔いなどの副作用もなかったことから、臨床的な実行性に問題はないことが確認できた。今後症例数を増加させるにあたっては、今回検査した各種の運動機能と筋緊張の項目を検査に含むことで臨床効果を検出できる可能性があるものと考える。

### 【結語】

今回の一例に対する運動錯覚療法と運動療法のパッケージ治療は、今後、系統的研究を実施する実行性があることを示す結果であった。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は倫理審査委員会の承認を得て、ヘルシンキ宣言に遵守し、医学研究に関する倫理指針に沿って実施した(承認番号: 24002)

## P-02-32 ポスター2(神経生理学6)

### 脳卒中者の歩行適応能力と皮質脊髄路の関係に関する筋間コヒーレンスを用いた一考察

○平田 恵介<sup>1,2)</sup>, 塙 大樹<sup>3)</sup>, 宮澤 拓<sup>2,3)</sup>, 久保田 圭祐<sup>4)</sup>, 橫山 萌香<sup>2,5)</sup>, 藤野 努<sup>3)</sup>, 金村 尚彦<sup>2)</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)人間総合科学大学保健医療学部

4)埼玉県立大学研究開発センター

5)順天堂大学保健医療学部

#### 【はじめに・目的】

脳卒中片麻痺は皮質脊髄路の異常と歩行能力に支障をきたす。課題試行中の左右同名筋に共通するβ帯域周波数から皮質脊髄路の関与を記述する手法として筋間コヒーレンス(IMC)がある。Split-beltは速度に左右差がある歩行課題で時空間変数の左右対称性を再獲得できるかで歩行適応能力を記述するが、左右前脛骨筋IMCは適応前後で低下する(Sato, 2019)。これは歩行適応が進み皮質脊髄路の関与が減ることに由来するとされるが、片麻痺者では不明である。本研究の目的は片麻痺者のsplit-belt課題での対称性とIMCの関与を明らかにすることとした。

#### 【方法】

慢性期片麻痺者22名、健常成人10名に対しBertec社製ダブルベルトトレッドミルで通常歩行に続き、片側(片麻痺者は非麻痺側)のみ倍速に変化するsplit-belt課題を行った。測定は内蔵床反力計で足圧中心(CoP)、三次元動作解析装置で身体質量中心(CoM)と時空間変数(ステップ長(SL)と両脚支持時間(DST))、Delsys社製表面筋電図計で両前脛骨筋を測定し、IMC(β帯域の曲線下面積)を算出した。健常高齢者の接地時のCoPとCoMの相対位置の対称性の水準を獲得した片麻痺者(R)と獲得しなかった者(NR)に分類した。Split-belt課題直後(EA)から3分後(LA)のIMCを健常成人内で、RとNRのIMCの差分をt検定で比較した。

#### 【結果】

健常成人のIMCはEAからLAで有意に減少し( $p=0.03$ )、脳卒中者の両群のIMCの差分は有意差( $p=0.02$ )があり、Rは健常成人と同様に減少したのに対し、NRは減少を認めなかつた。LAでSLとDSTそれぞれで高い対称性を獲得した片麻痺者とそうでない者を比較しても、RとNRと同様の差は認めなかつた。

#### 【考察】

Split-belt課題において、接地時のCoPに対するCoMの相対位置が対称に獲得できる片麻痺者は、両前脛骨筋のIMCが健常人同様に低下することが示された。Split-beltではSLやDSTといった肢体間協調性を反映する時空間変数が歩行適応に伴い対称化することが重要視される。本研究から、時空間変数が非対称な片麻痺者では歩行適応時に時空間変数の対称性を獲得できる者よりも、接地時点のCoMを麻痺側、非麻痺側で同様に統制できる者が健常人と同等な皮質脊髄路での制御がされている可能性を示した。

#### 【結論】

片麻痺者で接地時における身体位置を麻痺側と非麻痺側で統制できた者はIMCが健常人と同様の変化を示したことで、歩行適応能力と皮質脊髄路が関係する可能性が示唆された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号: 29501)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## P-02-33 ポスター2(神経生理学6)

### 高齢脳卒中患者への高頻度反復性経頭蓋磁気刺激が上肢機能と運動誘発電位に与える影響

○中村 謙太<sup>1)</sup>, 川口 俊太朗<sup>1)</sup>, 藤田 莉<sup>1)</sup>, 今井 佑大<sup>1)</sup>, 朝倉 悠太郎<sup>1)</sup>, 石井 健史<sup>1)</sup>, 山本 隆充<sup>1,2)</sup>

1)苑田会ニューロリハビリテーション病院

2)苑田会ニューロリハビリテーション病院 ニューロモデュレーションセンター

#### 【はじめに】

世界的に高齢化が進む中で本邦の臨床現場では、高齢脳卒中患者を多く経験する。このことから、高齢脳卒中患者を対象にした知見は重要と考えられる。

高頻度反復性経頭蓋磁気刺激(高頻度rTMS)は、患側大脳運動野の神経可塑性を誘発でき、脳卒中後の運動麻痺に対して有効性が示されている。

しかしながら、高齢脳卒中患者へrTMSが実施された報告は少なく、一定の見解は得られていない。

そこで本報告の目的は、高齢脳卒中患者に対し高頻度rTMSが上肢機能および運動誘発電位に与える影響について検討することである。

#### 【方法】

本研究は、特定臨床研究より得られたデータの後方視的研究である。取り込み基準は、rTMSを施行した80歳以上の回復期脳卒中片麻痺患者16名(脳出血3名、脳梗塞13名、平均 $84.9 \pm 3.5$ 歳)。発症日から初回rTMS施行日までの平均は $49.6 \pm 23.3$ 日であった。

rTMSの刺激設定は、患側Hand motor areaに対し、10Hzにて10秒刺激、15秒休息を1train、1日10train合計1000発刺激し、週6日間実施した。刺激強度は、安静時運動閾値の90%とした。安静時運動閾値は、単発TMSで10回刺激し、 $50\mu V$ の波形が5回以上出現する強度とした。

上肢機能評価は、Fugl-Meyer Assessment(FMA) 上肢運動項目、神経生理学的評価は、運動誘発電位(MEP)を測定した。MEPは、安静時運動閾値の120%の強度の単発TMSで10回刺激し、麻痺側母指球筋から記録された各波形の頂点間振幅値を算出し平均値を求めた。評価データは、rTMS施行前と施行後4週目とした。

統計解析は、FMA上肢運動項目の差に対し、対応のあるt検定を実施した。有意水準は5%とした。MEPのデータ分析は、初回rTMS施行前にMEPが誘発できた者のみを対象に変化割合を算出した。

#### 【結果】

全ての症例で有害事象は認められなかった。FMA上肢運動項目は、 $28.3 \pm 17.0$ から $38.9 \pm 17.3$ と変化し有意な改善を認めた( $P<0.01$ )。MEPは10名から誘発され、 $117.8 \pm 72.6$ から $219.7 \pm 131.7$ 変化割合は186%であった。

#### 【考察】

従来から年齢要因は、神経可塑性の阻害因子と考えられている。しかし、今回の結果から高齢脳卒中患者への高頻度rTMSは、FMA上肢運動項目の改善、MEP振幅の増大を示した。

#### 【結語】

高齢脳卒中患者への高頻度rTMSは、神経可塑性を誘発する可能性が示唆された。今後は、対象群を設けた検証を進めていきたい。

#### 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は特定臨床研究プロトコールにて実施され、倫理委員会の承認を得ている(認定番号: CRB3180013)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと書面で同意を得た。

## P-02-34 ポスター2(神経生理学6)

### 歩行開始における精密なステップ制御と大脳皮質活動の関連性

○西岡 優志<sup>1,3)</sup>, 古株 竜也<sup>1)</sup>, 羽田 茉奈美<sup>1,3)</sup>, 河野 倫奈<sup>1)</sup>, 松浦 晃宏<sup>2)</sup>

1)広島国際大学大学院 医療福祉研究科

2)広島国際大学 総合リハビリテーション学部

3)井野口病院 リハビリテーション科

#### 【はじめに・目的】

障害物を回避したり、縁石を踏んだりするような環境に合わせて足を動かす際には正確な制御が要求される。精密なステップ実行時には、大脳皮質活動が増加するが、ステップ実行前の姿勢変化は、ステップ精度と関連するとされている。そのため、精密なステップを行う際には、ステップ実行時だけでなく、実行前の中枢神経系の関与がステップ精度に影響を及ぼす可能性がある。そこで、本研究は、精密な歩行開始動作におけるステップ実行前から実行期の大脳皮質活動を調査し、精密なステップ制御における中枢神経系の関与を明らかにすることを目的とした。

#### 【方法】

対象は健常若年成人15名 ( $21.9 \pm 0.9$ 歳)とし、対象者は、右足から歩くコントロール課題と、1歩目のターゲットに右足を入れ、その後歩行する精密課題を各40試行実施した。課題動作において足圧中心が初めて遊脚側へ逸脱した地点を予測的姿勢制御 (Anticipatory postural adjustment: APA) の開始とし、課題動作を準備期 (APA開始まで)、APA期 (APA開始～右足離地)、遊脚期 (右足離地～右足接地) に分類した。脳波は、事象関連スペクトラム摂動を算出し、3つの期間の  $\alpha$ ・ $\beta$  帯域の事象関連脱同期 (event-related desynchronization: ERD) を求め、 $\alpha$ -ERD、 $\beta$ -ERDと定義した。また、精密課題では、ターゲットとの距離を足部マーカーにより算出し、ステップ精度とした。統計解析は、ERDは、課題×期間を要因とする反復測定分散分析を行った。また、ステップ精度と各期間のERDの相関を求めた。有意水準は5%とした。

#### 【結果】

$\alpha$ -ERDは、交互作用があり、コントロール課題と比べ、精密課題のAPA期に増大した ( $p = 0.015$ )。 $\beta$ -ERDは、交互作用あり、コントロール課題と比べ、精密課題のAPA期、遊脚期で増大した ( $p = 0.049$ )。また、ステップ精度は、APA期の $\beta$ -ERDと有意な相関がみられた ( $p < 0.01, r = -0.67$ )。

#### 【考察】

運動野領域で生じる  $\alpha$ ・ $\beta$  帯域のERDは、運動準備・実行に伴って生じ、皮質領域の興奮性を反映する。精密課題におけるERD増大は、足の位置を正確に制御する際に、大脳皮質の寄与が高まることを示唆している。また、APA期では、顕著なERDがみられ、 $\beta$ -ERDとステップ精度に相関がみられたことから、ステップ実行前の中枢神経系の関与は、ステップ精度に強く影響すると考えられる。

#### 【結語】

精密なステップ制御における中枢神経系の関与は、足の動きが生じる前から始まっ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、所属施設の人を対象とする医学系研究倫理委員会の承認を得た(倫23-036)。また、全ての対象者に本研究の趣旨を説明し、同意を得て実施した。

## P-02-35 ポスター2(神経生理学6)

### 右側の空間性注意に関わる脳内ネットワークの特徴

○岩切 満梨乃<sup>1,3)</sup>, 竹尾 雄飛<sup>1,2)</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

#### 【はじめに・目的】

半側空間無視(USN)の神経メカニズムは十分に解明されていない。我々は、これまでの先行研究と同様に右の下頭頂小葉(IPL)が空間性注意の重要な脳領域であることを示した。そこで本研究では、左右空間への視覚刺激に対するIPLを中心とした脳内ネットワークの特徴について明らかにすることを目的とした。

#### 【方法】

右利き健常人20名を対象とし、課題にはメンタルローテーションを用いた。画面中央に固視点を提示し、それを中心とした左右に手掌または手背の画像を提示した。手の画像は、0、90、180、270度で回転させたものをランダムに提示し、被験者は右手か左手であるかを迅速かつ正確に回答した。課題遂行中の脳活動は64チャンネル脳波計にて計測した。解析では、課題中の脳波に対して電流源推定を行い、その後閑心領域を限定するために全脳68領域から $\alpha$ 帯域の脳律動を抽出した。次に、Hilbert変換を用いて位相情報を抽出し、脳領域間の結合性の強さをPhase Locking Value (PLV)にて算出した。さらに、左側・右側への視覚刺激提示中の脳機能結合の特徴を比較するために、PLVに対してstudentのt検定を実施した。課題中は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】

左視覚刺激条件と比較して右視覚刺激条件において、右側IPLと上頭頂小葉(SPL)および楔前部(PrCn)間で有意に強い脳機能結合を認めた (IPL-PrCn;  $t = 3.964, p < 0.05$ , FDR-corrected, IPL-SPL;  $t = 3.785, p < 0.05$ , FDR-corrected)。

#### 【考察】

先行研究において、IPL-PrCn、SPLは腹側・背側注意ネットワークの一部であると報告されている。PrCnとIPL間は、強い解剖学的および機能的接続があり空間処理に関与していることが報告されている。また、IPLとSPL間の接続は注意の分配や認知機能に関与するとされている。これらの領域は上縦束を介して伝達しており、中間枝、腹側枝は特に右半球に多く、左右差があることが報告されている。以上のことから、右半球のIPL-SPL、PrCnのネットワークが右側の空間性注意に関与している可能性が示唆された。

#### 【結語】

空間性注意に関わる脳内ネットワークは、右のIPLからSPL、PrCnに接続していた。よって、右半球のIPL-SPL、PrCnネットワークが右側の空間性注意において重要な役割を担っ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、承認を得た上で実施した(承認番号: 2227-T25)。

## P-02-36 ポスター2(神経生理学7)

線維筋痛症モデルラットにおける感作された脊髄後角ニューロンに対するセロトニン・ノルアドレナリン再取り込み阻害薬の抑制効果

- 田口 徹<sup>1,2,3)</sup>, 歌 大介<sup>4)</sup>, 坪島 功幸<sup>3,5)</sup>, 西条 寿夫<sup>3,6)</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)富山大学大学院 医学薬学研究部 柔道整復学講座
- 4)富山大学 学術研究部 薬学・和漢系 応用薬理学教室
- 5)帝京大学 医療技術学部 柔道整復学科
- 6)東亜大学 人間科学部 スポーツ健康学科

【はじめに】線維筋痛症(FM)は全身性の激しい痛みを特徴とし、理学療法が困難な慢性難治性疼痛疾患である。脊髄のセロトニンやノルアドレナリンなどのモノアミン含有量が低下し、下行性疼痛抑制系の機能が低下することがFMの病態機構の1つだと考えられている。近年、FMの治療薬として神経系でのモノアミン量を増加させる抗うつ薬の有効性がモデル動物を用いた行動薬理実験により示されているが、その作用点や詳細な作用機構は不明である。そこで本研究ではモノアミンの枯渇剤であるレセルピンを投与したFMモデルラットを用い、抗うつ薬がFMに対して鎮痛を生じる神経生理学的メカニズムを脊髄レベルで解明することを目的とした。【方法】先行研究(Nagakura et al., Pain 2009)に準じ、モノアミンの枯渇剤であるレセルピンを連続3日間ラットの背部皮下に投与し、FMモデルを作製した。痛覚過敏が顕著にみられるモデル作製後1日にラットをウレタンで麻酔し、脳脊髄定位固定装置にセットした。椎弓切除後、後肢からの感覺情報が投射するL4~L5腰髄の後角表層ニューロンを同定し、*in vivo*細胞外記録法により、ニューロンの自発発火頻度、および、フォンフライ毛を用いた定量的機械刺激により誘発されたニューロンの発火頻度を電気生理学的に記録・解析した。抗うつ薬には、セロトニン・ノルアドレナリン再取り込み阻害薬であるデュロキセチンを用い、これをクレブス液で希釈し、0~1.0 mMに調整後、脊髄表面に灌流投与した。【結果】FMモデルでは対照群と比較し、脊髄後角表層ニューロンの自発発火頻度が有意に増加した( $p < 0.001$ , Mann-Whitney U test)。これに対し、デュロキセチンを脊髄表面投与するとRES群で増加した自発発火頻度が投与濃度依存的に低下した。同様に、RES群ではフォンフライ毛による機械刺激に対するニューロンの発火頻度が有意に増加した( $p < 0.001$ , Mann-Whitney U test)。これに対し、デュロキセチンを脊髄表面投与すると、RES群で増加した機械発火頻度が有意に低下し、その機械発火頻度の低下は投与濃度依存的であった。【考察・結論】デュロキセチンはセロトニンやノルアドレナリンなど、神経系におけるモノアミン量を増加させる薬理作用をもつ。これにより、シナプス領域のモノアミン量が増加したこと、下行性疼痛抑制系の機能が回復し、FMモデルで増加した自発および機械発火頻度が低下したと考えられる。このことは、デュロキセチンの作用点が脊髄に存在することを示している。以上より、抗うつ薬であるデュロキセチンはFMモデルで増大した脊髄後角表層ニューロンの感受性を抑制することで鎮痛効果を示すと考えられる。【倫理的配慮】本研究は富山大学動物実験委員会(承認番号:A2017MED-19)の承認を受け、適切に実施した。

## P-02-37 ポスター2(神経生理学7)

青斑核への持続的な電気刺激によって生じる体性感覚活動の上昇にはノルアドレナリン受容体が必須である

- 鈴木 孝昇<sup>1,2,3)</sup>, 長坂 和明<sup>2,4)</sup>, 大槻 智史<sup>5)</sup>,  
長尾 彩音<sup>1,2)</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 医療福祉学研究科 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)新潟大学大学院 医歯学総合研究科 生体機能調節医学専攻  
システム脳病態学分野
- 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
- 5)富山大学大学院 医学薬学研究部 システム情動科学講座

青斑核への持続的な電気刺激によって生じる体性感覚活動の上昇にはノルアドレナリン受容体が必須である

### 【はじめに・目的】

知覚や注意機能を適切に制御する神経基盤として青斑核(LC)のノルアドレナリン(NA)神経細胞が注目されている。これまで我々は、動物実験によって、持続的な1HzのLC刺激は一次体性感覚野(S1)の活動を増加させることを見出していたが、それに関与する受容体は不明なままであった。そこで、本研究では薬理学的にノルアドレナリン受容体の作用をブロックすることで、LCへの電気刺激によって生じる皮質興奮性増大の神経基盤を明らかにしようとした。

### 【方法】

ラットをイソフルラン麻酔下とし、LCに刺激電極を留置し、S1に配置した銀ボール電極から局所細胞外電位(LFP)を計測した。S1活動は前肢への電気刺激によって誘発される体性感覚LFPの振幅値によって評価した。まず、ベースラインとしての体性感覚LFPを計測した後、皮質にNA受容体拮抗薬の三種混合液( $n = 5$ )、 $\alpha 1$ 受容体拮抗薬プロゾシン( $n = 5$ )、 $\alpha 2$ 受容体拮抗薬ヨヒンビン( $n = 5$ )、 $\beta$ 受容体拮抗薬プロプラノロール( $n = 5$ )およびコントロール条件として生理食塩水( $n = 5$ )をそれぞれ皮質に投与した。この後、LCへの1Hz刺激を20分間行い、上記の体性感覚LFPを取得した。統計解析では、各条件におけるLFP振幅値に対してone-way ANOVAを行い、その後Tukey's多重比較テストを行った。有意水準は5%とした。

### 【結果】

one-way ANOVAの結果、各群間に有意な差が認められ、事後検定ではコントロール条件と比較して三種混合液投与群において振幅値の上昇が有意に減弱した( $p=0.019$ )。個別の受容体拮抗薬投与によっては効果の差を認めなかった。

### 【考察】

LCへの1Hzの刺激によって生じるS1活動上昇には、3つのNA受容体が協調的に作用することによる反応であることが推察された。

### 【結語】

LC-NAシステムは皮質のNA受容体反応を介してS1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-02-38 ポスター2(神経生理学7)

### 脳梗塞後痙攣発症マウスにおける脊髄抑制性神経回路の形態的変化の確認

○宮田 正太郎, 李 佐知子

名古屋大学大学院医学系研究科総合保健学専攻

**【はじめに・目的】** 痙攣発症時に起こる伸張反射亢進は、脊髄抑制性神経回路の機能低下が要因の一つだと報告されている。脊髄伸張反射弓においてIa線維軸索終末から $\alpha$ 運動神経細胞への興奮性入力は、抑制性介在神経細胞軸索がIa線維軸索終末に投射することで前シナプスIa抑制によって調整される。脊髄損傷モデルマウスにおいて、痙攣発症時に脊髄抑制性神経回路を構成する抑制性介在神経細胞から、Ia線維および $\alpha$ 運動神経細胞へのシナプス接続減少が報告されている。しかし痙攣発症の原因疾患や上下肢の違いによって抑制性神経回路機能について異なる報告がある。そこで脳梗塞後上肢痙攣発症時の脊髄抑制性神経回路の形態変化の確認を本研究の目的とした。

**【方法】** C57BL/6Jマウスを用い、photothrombosis法により左側の吻側・尾側前肢運動野に脳梗塞を誘発した。痙攣発症の確認には、右小指外転筋のHoffman反射(H反射)の刺激頻度依存的減弱(RDD)を用いた。手術後1週時点で第5頸髄から第1胸髄を採取し、ChAT, vGAT1, GAD65を免疫組織化学染色法により標識した。得られた三重染色像から $\alpha$ 運動神経細胞一つあたりに接続するIa線維軸索終末の数、またそれらの終末に対し抑制性介在神経細胞軸索が投射する割合、シナプス接続の数と面積を評価し、脳梗塞群とSham群で比較した。

**【結果】** 手術後1週において脳梗塞群のH反射RDDはSham群に対し有意に低下し( $p<0.01$ )、痙攣発症が確認された。免疫組織化学染色において、 $\alpha$ 運動神経細胞に接続するIa線維軸索終末の数は、脳梗塞群がSham群に対し有意に増加していた( $p<0.05$ )。しかし $\alpha$ 運動神経細胞に接続するIa線維軸索終末に対し、抑制性介在神経細胞軸索が投射する割合、数、面積はいずれも脳梗塞群とSham群で有意な差はみられなかった。

**【考察】** 脳梗塞後の $\alpha$ 運動神経細胞に対するIa線維の接続増加は、脊髄伸張反射弓における興奮性入力の増加によって伸張反射を亢進させると報告されており、本研究でも一致した見解が得られた。一方で抑制性介在神経細胞からIa線維軸索終末への投射に変化がなかった点について、抑制性介在神経細胞の活動性等、回路の形態変化ではない要因により機能低下が生じている可能性がある。また本研究で用いたモデルマウスは手術後6週までH反射RDDの低下が確認されており、手術後2週以降の組織では変化が確認される可能性がある。

**【結語】** 脳梗塞後、前肢痙攣を発症したマウスの $\alpha$ 運動神経細胞に接続したIa線維軸索終末に対する抑制性介在神経細胞のシナプス接続変化は、手術後1週時点では確認されなかつた。

**【倫理的配慮・説明と同意】** 本研究は所属施設における動物実験委員会の承認(D240002-002)を得て実施した。

## P-02-39 ポスター2(神経生理学7)

### 坐骨神経挫滅損傷動物への全身振動刺激介入は同神経運動成分の機能回復を促進する

○土井 篤<sup>1)</sup>, 小田 恭歌<sup>2)</sup>, 追口 ほのか<sup>3)</sup>, 松本 雅輝<sup>4)</sup>, 中野 亜寿華<sup>5)</sup>, 谷口 みさと<sup>6)</sup>, 福島 俊弥<sup>7)</sup>

1)熊本保健科学大学 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

2)福岡リハビリテーション病院 リハビリテーション部

3)武藏ヶ丘病院 リハビリテーション科

4)くまもと県北病院 リハビリテーション技術科

5)江南病院 リハビリテーション科

6)赤羽リハビリテーション病院 リハビリテーション科

7)熊本託麻台リハビリテーション病院 リハビリテーション科

#### 【はじめに・目的】

研究の目的是坐骨神経挫滅損傷に対する全身振動刺激(WBV)の効果を腰部磁気刺激による運動誘発電位(MEPs)を用いて検証することである。

#### 【方法】

Wistarラット21匹(6-7週齢のメス、約200g)を用いた。坐骨神経挫滅損傷は、杉田クリップ(17-001-02)を用いて左坐骨神経に行った。腰部磁気刺激によるMEPsの設定は、3種混合麻酔下で、腹臥位にしたラット腰部の上に磁気刺激装置(M200)に繋げたdouble cone coil(4610-00)を固定し、単発磁気刺激を加えた。MEPsは、両側の腓腹筋内に針電極(MLA1203)を挿入して両側同時に記録した。記録後はアンチセダン(1.5 mg/kg)を腹腔内に投与した。

坐骨神経挫滅損傷した21匹はランダムにコントロール群(9匹)とWBV群(12匹)に分けた。WBVについては、両群ともラット用のケージ(CL-0143)に別々に入れ、それらケージをWBV機器であるPower Plate上に固定した後、WBVを加えた(周波数50 Hzで5分間の4セット、1週間に5回、計8週間)。コントロール群はWBV群と同じ時間Power Plateの上に載せただけとした。MEPsの記録は坐骨神経挫滅後2、4、6、8週間後に行い、出現するMEPsの第1波から第3波の潜時と振幅を評価した。統計解析には統計ソフトEZRを用い、Mann-Whitney U検定にて有意水準を5%未満とした。

#### 【結果】

腰部磁気刺激によるMEPsに関して、術後2週間時に2群間の変化はなかったが、術後4週間時においてWBV群がコントロール群に比べMEPs第1波の頂点潜時が、さらに術後4週間時と術後6週時においてMEPs第1波の立ち上がり潜時から頂点潜時までの時間が有意に短くなった(それぞれ  $P < 0.05$ )。また術後8週間時においてMEPs第1波の潜時変化はなかったが、MEPs第1波、第2波及び第3波の振幅がコントロール群に比べWBV群で有意に大きくなった(それぞれ  $P < 0.05$ )。

#### 【考察】

腰部磁気刺激が坐骨神経を刺激することを前提に考えると、今回のMEPs波形における最も早い第1波はA $\alpha$ 運動神経成分ではないかと考えられる。振動刺激はパチニー小体とA $\beta$ 線維を刺激し、特に全身振動刺激によって刺激される骨格筋の筋収縮と筋弛緩の早い反復は、筋紡錘、脊髄、 $\alpha$ 運動神経を介する単シナプス性の緊張性振動反射によるものだと考えられている。それらの一連の働きが、今回のMEPsの第1波の潜時と振幅の改善に寄与したのかもしれない。

#### 【結語】

坐骨神経挫滅損傷に対するWBVは、腰部磁気刺激によるMEPsに関与する坐骨神経運動成分の回復を促進すると考えた。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における動物実験審査委員会(承認番号:動19-12)の承認を得て実施した。

### P-03-01 ポスター3(身体運動学5)

#### 前腕回旋運動における前腕骨間膜の形状評価

○大野 智貴<sup>1,2)</sup>, 岩本 浩二<sup>3)</sup>, 門間 正彦<sup>4)</sup>, 高橋 真<sup>5)</sup>, 富田 和秀<sup>6)</sup>

1)目白整形外科内科リハビリテーション科

2)茨城県立医療大学大学院保健医療科学研究科

3)東京保健医療専門職大学リハビリテーション学部

4)茨城県立医療大学保健医療学部放射線技術科学科

5)日本保健医療大学保健医療学部理学療法学科

6)茨城県立医療大学保健医療学部理学療法学科

【はじめに・目的】前腕回旋運動は近位および遠位橈尺関節が機能し、橈骨と尺骨の骨間縫は前腕骨間膜が結合している。前腕骨間膜は可動性を持つ組織であることが知られており、その構造や形状から重要な機能を果たしているとされている。このことから前腕回旋運動における前腕骨間膜の評価を行う必要性が報告されているが、特に生体における評価法については確立されていない。そこで本研究の目的は前腕回旋運動におけるMRIを用いた前腕骨間膜の形状変化における評価法ならびに信頼性について検討することとした。

【方法】対象は手指、手関節、前腕、肘関節に既往や手術歴のない健常成人男女17名とし、右前腕17肢を対象とした。MRI撮像の前腕回旋角度の設定は、中間位、最大回内位、最大回外位の3肢位とした。解析は各条件にて前腕水平断像から得られた画像より前腕骨間膜の形態変化を橈骨および尺骨に対する前腕骨間膜の頂点の角度として計測した。水平断像のスライスを遠位から確認し、前腕骨間膜形状を追える最も遠位のスライスから3スライスを解析対象とした。解析対象のスライスにおいては、背側凸の形態であるか、掌側凸の形態であるか判断した。次に前腕骨間膜の頂点を決定したのち、頂点と尺骨ならびに橈骨を結ぶ角度を計測し、背側凸の角度を正の値の角度、掌側凸の角度を負の値の角度として記録した。計測は3回行い平均値を前腕骨間膜角度とした。統計解析はICC(1,3)を用い、平均値及び標準誤差の算出を行い有意水準は5%とした。

【結果】MRIの前腕水平断像より前腕骨間膜角度は中間位で掌側凸、回内位で背側凸、回外位で掌側凸の形態変化を示した。また、ICCによる総内相関係数は0.99であった。

【考察】本研究において一定の信頼性を認めており、MRIの前腕水平断像より算出する前腕骨間膜角度は、前腕骨間膜の機能解剖における定量的な解析として有用な評価である可能性が示された。また、前腕骨間膜角度を解析した結果、前腕回内時には背側凸、前腕回外時には掌側凸の形態変化が生じることが明らかになった。

【結語】前腕回旋運動はあらゆる日常生活において重要である。前腕の回旋運動の制限が生じた場合、肩関節の外転および内転にて代償可能である。しかし、代償運動を反復することで痛みなどが生じ、治療対象となることが多い。前腕骨間膜は可動性があり、その形態が変化することで前腕回旋運動を制御し、その機能破綻により痛みや機能障害の原因となる可能性がある。今後は対象について年齢やスポーツ歴など考慮し幅広く実施していく予定である。

【倫理的配慮・説明と同意】対象には本研究の趣旨を十分に説明し同意を得た。また本研究は、茨城県立医療大学倫理委員会の承認を得てヘルシンキ宣言に基づき実施した(承認番号 966)。

### P-03-02 ポスター3(身体運動学5)

#### 異なる筋間での筋発揮率の関連性および腱力学的特性が筋発揮率におよぼす影響

○石垣 智恒<sup>1,2)</sup>, 石田 知也<sup>3)</sup>, 井野 拓実<sup>4)</sup>, 奥貫 拓実<sup>5)</sup>, 横山 寛子<sup>6)</sup>, 江玉 瞳明<sup>1)</sup>

1)新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所

2)東洋大学ライフノベーション研究所

3)北海道大学大学院保健科学研究院

4)北海道科学大学保健医療学部

5)立命館大学総合科学技術研究機構

6)東北福祉大学健康科学部

【はじめに・目的】Rate of torque development (RTD) とは瞬間的な筋力発揮能力のことであり、姿勢保持やスポーツ活動に必須の筋機能である。これまで、オンセットから100ms未満でのRTDには神経活動が影響し、その後のRTDには最大筋力が影響すると考えられてきた。また、RTDの個人差には動員される運動単位の違いが影響すると報告された。しかし、同一個体における異なる筋間でのRTDの関連性は不明である。さらに、RTDには腱張力-伸張量関係の線形領域（高張力域）における腱stiffnessが影響するが、低張力域での腱stiffnessとRTDとの関連は明らかにされていない。そこで本研究の目的は、膝伸展筋と足底屈筋との間でのRTDの関連性を検討することに加え、RTDと様々な張力域で算出された腱stiffnessとの関連性を明らかにすることである。【方法】活動的な健常男性14名を対象に、膝伸展筋および足底屈筋のRTDと腱stiffnessを計測した。RTDは、瞬発的な最大随意等尺性収縮を行った際のトルクのオンセットから50ms (RTD0-50)、50-100ms (RTD50-100)、100-200ms (RTD100-200) の区間で算出した。腱stiffnessは、ランプ状等尺性収縮中の張力-腱伸張量関係における最大随意収縮 (MVC) の25-45% (Stiffness25-45)、30-70% (Stiffness30-70)、50-100% MVC (Stiffness50-100) の区間で算出した。【結果】膝伸展筋と足底屈筋との間でのRTDの有意な相関は、RTD100-200でのみ認められた ( $r = 0.579, P = 0.024$ )。膝伸展筋と足底屈筋の両方で、すべての腱stiffnessはRTD100-200と有意な相関関係を有した ( $r = 0.549-0.638, P < 0.05$ )。さらに、25-45%および30-70%MVCでの高い腱stiffnessは、早期 (0-50msまたは50-100ms) RTDの大きさと関連した ( $r = 0.560-0.569, P < 0.05$ )。【考察】本研究結果は、神経活動が影響していると考えられる早期RTDは同一個体であっても筋によって異なることを示した。さらに、低張力域での腱が硬いことで、早期RTDが大きく可能性が示唆された。

【結語】RTDの改善には、神経系の適応だけではなく、腱stiffnessを高める介入が効果的であるかもしれない。【倫理的配慮と同意】本研究は、所属施設における倫理審査委員会の承認を得て実施された(承認番号: 22-72)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

### P-03-03 ポスター3(身体運動学5)

持続的等尺性収縮が半腱様筋の部位特異的神経筋活動へ及ぼす影響

○青木 信裕<sup>1)</sup>, 奥山 恵伍<sup>2)</sup>, 片寄 正樹<sup>1)</sup>

1)札幌医科大学 保健医療学部 理学療法学第二講座

2)札幌医科大学大学院 保健医療学研究科

#### 【はじめに・目的】

半腱様筋(ST)は筋腹内に腱画が存在する解剖学的特徴を有する筋である。STでは腱画の近位部と遠位部で形態や支配神経に特徴があることが明らかとされており、このような解剖学的特徴を有する筋では筋内の部位特異的な神経筋活動が報告されている。我々は、STの多点表面筋電図を計測し、筋疲労時のSTは近位部の筋電図振幅が高まるという部位特異的な筋活動を有することを報告した。しかし、筋疲労が誘起されたときの筋電図変化は振幅値だけでなく周波数や不均一性など様々な変数で表現することが可能である。本研究では、筋疲労を示す筋電図学的変数を用いて、持続的等尺性収縮中におけるSTの部位特異的な筋活動の特徴について明らかにすることを目的とした。

【方法】健康な成人男性12名の右下肢を対象とした。対象者は腹臥位となり、膝関節屈曲60°での等尺性膝関節屈曲運動を実施した。まず、最大等尺性随意収縮を行い、得られた最大膝屈曲トルクの50%を持続的に発揮する持続的等尺性収縮を筋疲労課題として実施した。筋疲労は、目標力の95%以下に下回った時点と定義した。STに貼付した多点表面電極19チャンネルから得られた筋電図信号を二乗平均平方根(RMS)処理し、最大収縮中における各チャンネルのRMS値を用いて標準化した。また、周波数成分の代表値として中央周波数(MDF)を算出した。

筋収縮時間を正規化するため、課題開始から筋疲労するまでの時間を100%として標準化した。解析区間を運動開始時点から25%ごとの時点とし、各時点でのRMSとMDFについて開始時点からの変化率を算出した。全電極を4部位に分け、部位ごとの平均値を算出した。また、各時点での空間分布の不均一性を特徴づけるため、修正エントロピーを算出した。統計学的解析として、収縮時間による部位特異的变化を明らかにするため、Friedman検定を実施後に事後検定を用いた。

【結果】筋疲労課題中のRMSは有意に増加し、MDFは有意に低下した。部位ごとの検討では、MDFは25%以降において近位部よりも他の部位で有意に低下した。その一方で、RMSは50%と75%のみ遠位部が有意に低下した。修正エントロピーは75%以降において運動開始時点よりも有意に低下した。

【考察】修正エントロピーの低下は空間分布の不均一性の増加を示すものである。MDFは局所の筋疲労変化を捉え続け、修正エントロピーでは筋全体の不均一性という筋疲労変化を捉えることができた可能性がある。

【結論】筋疲労時のSTの筋活動を詳細に検討すると、MDFと修正エントロピーにおいて部位特異的神経筋活動の特徴を示した。

【倫理的配慮】所属施設の倫理委員会で承認後に実施した(承認番号: 30-2-49)。研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと書面で同意を得た。

### P-03-04 ポスター3(身体運動学5)

関節角度変化に伴う大腿四頭筋運動単位発火パターン変化の解明

○佐々木 大輔<sup>1)</sup>, 青山 敏之<sup>2)</sup>

1)東京慈恵会医科大学附属病院リハビリテーション科

2)茨城県立医療大学理学療法学部

#### 【はじめに・目的】

筋長変化と筋活動変化には密接な関係が存在する。しかし、その背景に存在する神経科学的メカニズムは十分に明らかにされていない。よって、本研究では関節角度変化に伴う筋長変化が運動単位の活動パターンに与える影響を明らかにすることを目的とした。

#### 【方法】

対象は健康な成人13名(平均20.8歳)とした。運動課題は筋機能解析装置(Cybex, Lumex社製)上の座位にて実施した。事前に膝関節伸展等尺性収縮の随意最大筋力(Maximum Voluntary Contraction; MVC)を膝関節屈曲90度にて測定した。運動課題は膝関節屈曲0度、45度、90度の3条件における等尺性膝伸展運動とした。ランプアップ時間を2.5秒、20%MVCの筋活動保持時間を8秒、ランプダウン時間を2.5秒と設定した目標値に対して、整流平滑化した内側広筋(Vastus Medialis; VM)の筋活動によって追従するものとした。筋電図の記録にはTrigno Galileo Sensor(Delsys社製)を用い、電極装着部位はVM、外側広筋(Vastus Lateralis; VL)の2箇所とした。Neuromap software(Delsys社製)を用いて、運動単位の発火頻度、発火閾値を抽出し、関節角度間で比較した。また、プラトー期におけるVMとVLの筋活動平均値について関節角度間で比較した。

#### 【結果】

プラトー期におけるVMの筋活動は関節角度間で有意差は認められなかったが、VLの筋活動は膝関節屈曲0度より90度において有意に低値を示した。VMの平均発火頻度、平均発火閾値、抽出された運動単位数の全てにおいて関節角度間の有意差は認められなかった。VLの平均発火閾値、抽出された運動単位数における関節角度間の有意差は認められなかった。しかし、VLの平均発火頻度は、膝関節角度の増大に伴い減少し、膝関節角度0度より90度において有意に低かった。

#### 【考察】

結果より、VMの筋活動平均値は有意差がなかったにも関わらず、VLの筋活動は90度屈曲位で低値を示した。このことからVMとVLでは、関節角度変化が筋活動変化に与える影響が異なることを示唆する。また、VLでは運動単位発火閾値に関節角度間で有意差はなかったものの、運動単位平均発火頻度が膝90度屈曲位で有意に低値を示した。したがって、VLでは関節角度が変化し、筋長が変化しても同等な発火閾値を持つ運動単位が動員されるものの、伸長位ではその発火頻度が減少することが示唆された。さらに、伸長位での発火頻度の減少は、伸長位における筋活動平均値が低値を示したことの裏付けとなる可能性がある。

#### 【結語】

本研究結果より、VMとVLでは関節角度変化に伴う筋活動変化や運動単位発火頻度の変化に差異があることが示された。このようなVMとVLの筋機能の差異は、これらの筋群の筋力の評価や強化の理論的背景の確立に寄与すると考えられる。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

対象者には文書と口頭で説明を行い、書面にて同意を得た。本研究は発表者が大学在学中に実施し、倫理委員会で承認を得た上で、ヘルシンキ宣言に基づき実施された。

### P-03-05 ポスター3(身体運動学5)

歩行中の下腿のjerkは下肢共同収縮と関連する

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

1)森ノ宮医療大学インクルーシブ 医科学研究所

2)森ノ宮医療大学附属大阪ベイクリニック

3)アレックスメディカルリサーチセンター

#### 【目的】

加齢に伴い、歩行速度の低下の要因として歩行中の足関節パワーの減少や、下肢の拮抗筋の共同収縮（共同収縮）の増加が報告されている。先行研究で我々は慣性センサーを用いて、歩行中の足関節パワーを容易に定量化する方法を考案した。一方で、歩行中の下肢共同収縮は重要な指標であるにも関わらず、筋活動の計測は容易ではない。そこで本研究は、慣性センサーを用いて、共同収縮を推定するため、下腿の加速度波形と共同収縮との関係性を調査することを目的とした。

#### 【方法】

対象は地域在住健常高齢者30名( $65.4 \pm 12.1$ 歳,  $160.8 \pm 10.2$ cm,  $62.9 \pm 12.3$ kg)とした。慣性センサー(Cometa, 143Hz)を腓骨頭に貼付した。Wave COMETA EMG (2000Hz)を用いて、快適歩行中の前脛骨筋(TA)と外側腓腹筋(GL)、外側広筋(VL)と大腿二頭筋(BF)、VLとGLの筋活動を計測した。計測した筋活動はbandpass filter(20-400Hz)、全波整流を行い、lowpass filter(6Hz)で処理された。共同収縮は、co-contraction index(CCI)の計算式(Hallal CZ, et al. 2013)より、①TA-GL、②VL-BF、③VL-GLを算出した。円滑性の指標となるjerkは、加速度波形を時間で微分し、垂直、前後、側方の各方向のベクトルとみなし、ベクトル合成したjerk(jerk vector)を算出した。各変数は5歩行周期分の平均値を求め、立脚期全体、立脚期前半、立脚期後半のCCIと荷重応答期(LR)、立脚中期(MSt)、立脚後期(TSt)、前遊脚期(PSw)のjerk vectorの関係性について、正規性の検定を行った後、相関係数を調査した。有意水準は5%未満とした。

#### 【結果】

立脚期前半、立脚期後半、立脚期全体におけるCCIとjerkとの間に有意な相関関係は認めなかった。PSw jerkと立脚期全体のVLとGLのCCIとの間に中等度の有意な正の相関関係を認めた。 $(r=0.39, p<0.05)$

#### 【考察】

本研究の結果より歩行中のPSw jerkとVLとGLのCCIは正の相関関係を示した。正常歩行メカニズムについて、PSwは腸腰筋や腓腹筋によって下肢の前方推進力を生み出す。その一方、PSwにおける膝伸展筋は下肢の減速に作用する。つまり本研究の結果より、立脚期全体のVLとGLの共同収縮が増加すると、下肢の前方推進力が阻害され、下腿のjerkの上昇に繋がった可能性が考えられる。

#### 【結語】

PSw jerkと加齢に伴う下肢共同収縮には関係がある。

#### 【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：2022-143）の承認を得て実施した。

### P-03-06 ポスター3(身体運動学4)

歩行前のリズム聴覚刺激の呈示が歩行開始5歩のテンポの遅延に及ぼす影響

○高橋 優基<sup>1,2)</sup>, 岩月 宏泰<sup>1)</sup>, 前田 剛伸<sup>2)</sup>,

黒部 正孝<sup>2)</sup>, 嘉戸 直樹<sup>2)</sup>, 鈴木 俊明<sup>3)</sup>

1)青森県立保健大学大学院 健康科学研究科

2)神戸リハビリテーション衛生専門学校 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】前回大会では、健常成人に自由歩行と同じテンポのリズム聴覚刺激に合わせて歩行させると歩行開始5歩のテンポが遅延すると報告した。しかし、歩行前に同様のテンポを聴かせると、この遅延が改善されることが予想された。本研究の目的は、歩行前に自由歩行と同じテンポのリズム聴覚刺激を聴かせた際の歩行開始5歩の遅延に対する学習効果を明らかにすることである。

【方法】対象は健常成人17名（男性10名、女性7名、平均年齢 $23.2 \pm 4.9$ 歳）であり、自由歩行と同じテンポのリズム聴覚刺激に初期接地を合わせる10歩の屋内平地歩行を2条件で実施した。聴覚刺激の入力にはSoundTrigger2Plus (KISSEICOMTEC) を用いた。歩行のステップ時間は初期接地を特定するために両踵部にフットスイッチを貼付し、テレメトリー筋電計MQ-8 (KISSEICOMTEC) で記録した。体幹加速度の記録には小型加速度計 (micro stone) を使用し、腰部 (L3-4間) に装着した。条件1は1回目の聴覚刺激より歩行を開始させた。条件2は条件1と同じテンポのリズム聴覚刺激の3回目の聴覚刺激より歩行を開始させた。実験は2条件を別日でランダムに2試行ずつ実施した。歩行開始5歩のステップ時間、左右・上下・前後への体幹加速度のピーク値とそれぞれの変動係数を算出し、ウィルコクソン符号付順位検定を用いて条件間で比較した。有意水準は5%とした。

【結果】左右への体幹加速度のピーク値は条件2で有意に増大した。ステップ時間、左右・前への体幹加速度の変動係数は条件2で有意に低下した。

【考察】Kudo (2001) は、運動前に2回の聴覚刺激を聴くと3回目以降の聴覚刺激に合わせた運動が遂行できると述べている。本研究の条件2においても、歩行前に2回の聴覚刺激を聴いたことで聴覚刺激に合わせて歩行を開始できたため、ステップ時間の変動が小さくなかった。左右への体幹加速度は、遊脚側の下肢を前方に振り出す準備として、初期接地の直後に対側への加速度が生じる。前への体幹加速度は、歩行時の推進力として立脚終期で最大になる。条件2では聴覚刺激に合わせて歩行を開始できたため、2歩目以降でテンポの遅延を是正するための側方および前への体重心移動の調整は不要となった。また、自由歩行の開始よりも速いテンポに対応するために側方への体重心移動を速くした可能性がある。これらにより、左右・前への体幹加速度の変動が小さくなり、左右への体幹加速度のピーク値が増大したと考えた。

【結語】健常成人では歩行前にリズム聴覚刺激を3回聴かせるとリズム聴覚刺激に合わせたテンポで歩行できる。

【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審査委員会（承認番号 22058）の承認を得た。実験に際し、全ての対象には口頭での説明と文書による同意を得た。

### P-03-07 ポスター3(身体運動学4)

#### 音刺激による歩行速度変化誘導時の運動学的制御

○小久江 智耶<sup>3)</sup>, 柳瀬 美空<sup>1)</sup>, 安武 恵<sup>2)</sup>, 竹中 悠真<sup>3)</sup>, 菅原 憲一<sup>3)</sup>

1)社会医療法人 杏嶺会 一宮西病院

2)医療法人社団 健育会 湘南慶育病院

3)神奈川県立保健福祉大学 保健福祉学研究科

#### 【はじめに・目的】

日常生活では、実施する動作や環境に応じて歩行速度を自在に増減可能な、歩行速度調整能力が必要とされる。しかし、この調整に関わる練習方法は確立されていない。これに対して我々は、音刺激を活用した加減速歩行に関する運動学的因子の研究を行ってきた。本研究では、音刺激により歩行速度変化を誘導した際の運動学的パラメータの分析を行い、加減速調整に関わるメカニズムを明らかにすることを目的とした。

#### 【方法】

対象は、健常成人14名（内男性9名、年齢22.0±1.9歳）とした。実験機器として、Optjump next (S&C社製) を用いて歩行速度、歩幅、ステップ時間を算出した。また3軸加速度計とフットスイッチ(Noraxon社製)を用いて、重心加速度を各軸のRMS値で算出した（左右: RMSx、前後: RMSy、鉛直: RMSz）。全ての値は、1stepごとに算出した。参加者は、スピーカーから発出される音に合わせて歩行を行った。歩行課題は、80bpmから140bpmまで6歩で増加する音に合わせて歩行する加速課題と、140bpmから80bpmまで6歩で減少する音に合わせて歩行する減速課題を、各10試行実施した。分析区間は、テンポが変化する6歩分とした。統計学的解析として、線形混合モデルを用いた一元配置分散分析を実施した後、有意差が得られた項目は多重比較検定を行った。いずれの検定も有意水準は5%とした。

#### 【結果】

各課題で、得られた全ての指標において有意な主効果を認めた。加速課題では、歩行速度の増大に追従してステップ時間が減少した。歩幅は3歩目まで減少したが、4歩目以降では増大に転じた。また歩幅が最も小さくなる3歩目で、RMSx、RMSyが増大した。減速課題では、歩行速度の減少に追従してステップ時間が増大した。歩幅は3歩目まで増大したが、4歩目から減少に転じた。また歩行速度の減少が開始した4歩目で、RMSzが増大した。

#### 【考察】

本研究結果から、音刺激による歩行速度変化誘導時には、歩幅による制御が速度調整に重要である可能性が示唆された。また重心加速度は、各課題で歩幅の変化と関連した増減を示した。これらのことから、加速調整時には、左右・前後方向の重心加速度変化を増大させ、減少した歩幅を増大へ転じる制御がなされる可能性が示唆された。また減速調整時には、鉛直方向の重心加速度を増大させ、前方への推進力を減少させる制御が行われる可能性が示唆された。

#### 【結語】

音刺激により歩行速度変化を誘導した際には、歩幅とそれに関連した重心加速度変化により速度調整がなされる。

#### 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は所属施設における研究倫理委員会の承認を得て実施した（承認番号7-20-67）。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと書面で同意を得た。

### P-03-08 ポスター3(身体運動学4)

#### パーキンソン病における潜在的な神経筋調節異常の性差

○西川 裕一

金沢大学 理工研究域 フロンティア工学系

#### 【はじめに・目的】

パーキンソン病 (Parkinson's Disease, PD) 患者の症状進行には性差があり、女性は進行が速いことが報告されている。PD患者は、身体症状が出現する10年以上前から潜在的な神経変性が生じており、同程度の身体症状でも女性患者の方が潜在的な神経変性が進行していると仮説を立てた。本研究の目的は、PD患者の運動神経活動の性差を明らかにし、潜在的な神経筋調節異常の有無および性差特異性を明らかにすることとした。

#### 【方法】

PD患者 ( $71.1 \pm 9.0$  歳、男性10名、女性13名) を対象に、膝関節90度屈曲位の端座位で最大等尺性膝伸展筋力 (MVC) 発揮時と30% MVC発揮中の外側広筋の筋活動を高密度表面筋電図で計測した。運動課題中の筋電図信号をDecomposition法にて個々の運動単位の活動へと分離し、発火頻度(DR)を算出した。ペア運動単位解析法によりPersistent Inward Currents (PIC)を算出した。重症度の評価には、Unified Parkinson's Disease Rating Scale (UPDRS) Part IIIを用いた。混合効果モデルにより各指標を比較した。有意水準は5%とした。

#### 【結果】

DRは、男性の影響側および非影響側と比較して女性の影響側が有意に高値を示した( $p=0.021$ , 95%CI=0.17to2.18,  $p<0.01$ , 95%CI=0.86to2.86)。PICは男性の影響側および非影響側と比較して女性の影響側が有意に低値を示した( $p<0.01$ , 95%CI=-4.07to-1.73,  $p=0.002$ , 95%CI=-3.01to-0.66)。UPDRS part IIIでは男女差は認めなかった。

#### 【考察】

重症度は同程度にも関わらず、男性と比較して女性のDRは有意に高値、PICは有意に低値を示した。PICは、神経伝達物質と正の相関を示すことが報告されており、PICの低値は神経変性に伴うセロトニンの減少に関連した結果と考えられる。女性は閉経によりエストラジオールの分泌が減少し、神経保護作用が低下することが知られている。ホルモン動態の変化が神経変性を助長している可能性があり、本研究により女性は身体症状の進行に先行して潜在的な神経活動の変化が生じていることを見出した。これらの知見は、女性の身体症状の進行が男性よりも速く進行することを示唆する所見と言える。

#### 【結語】

PD患者の神経筋制御機構の障害には性差があり、女性患者の方がより早期から神経筋調整機構の異常生じている可能性が示唆された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した（承認番号:E-53）。研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究の趣旨を説明し、自由意志のもと書面で同意を得た。

**P-03-09 ポスター3(身体運動学4)**

パーキンソン病患者の歩行の運動学的特徴における最小可検変化量の検討

○山崎 謙<sup>1)</sup>, 井上 優<sup>2)</sup>

1)倉敷平成病院 リハビリテーション部

2)吉備国際大学 人間科学部

【はじめに・目的】

パーキンソン病(PD)患者は、日常生活の中で歩行障害に関連した問題を抱えることが多い。そのため、歩行障害は治療の標的となることが多く、治療効果の判定には定量的な歩行評価が重要となる。歩行障害の特徴は運動学的变化として現れやすい。しかし、歩行解析で得られた運動学的变化が持つ意味を判断する基準は確立されていない。本研究ではPD患者の歩行の運動学的変数の最小可検変化量 minimal detectable change (MDC) を求めることを目的とした。

【方法】

対象は当院に入院したPD患者のうち、身体介助、補助具なしで歩行が可能な29名とした。5m最大速度歩行をKinect v2センサー(Microsoft社)で2回撮影し、Mobile Motion Visualizer AKIRA(システムフレンド社)を用いて骨格推定点の座標を取得した。座標から、1歩行周期中の股関節と膝関節の屈曲・伸展角度、体幹の前傾・後傾・側方傾斜の最大角度を算出した。これらの算出にはMATLAB R2022b(MathWorks社)を用いた。関節最大角度の級内相関係数、測定標準誤差を求めた。さらに系統誤差の有無をBland-Altman分析で確認した後、MDCの95%信頼区間の上限値をMDC95として求めた。統計解析にはR4.2.3(CRAN、freeware)を使用した。

【結果】

歩行中の各関節最大角度は、股関節屈曲1回目32.0±5.4°、2回目32.1±5.1°、股関節伸展1回目18.8±6.2°、2回目18.5±6.9°、膝屈曲1回目50.6±5.7°、2回目51.3±5.2°、膝伸展1回目-5.2±5.0°、2回目-5.0±5.2°、体幹前傾1回目8.4±6.0°、2回目9.0±6.4°、体幹後傾1回目-3.8±5.7°、2回目-4.1±5.8°、体幹側方傾斜1回目2.7±2.8°、2回目2.8±3.0°であった。関節最大角度のMDC95は、股関節屈曲5.5°、伸展5.3°、膝屈曲8.6°、伸展4.8°、体幹後傾2.3°、側方傾斜2.2°であった。体幹前傾角度のみ固定誤差を認めた。

【考察】

体幹前傾角度を除き、歩行中の関節最大角度におけるMDC95を算出することができた。測定誤差は膝屈曲角度で最も大きく、体幹側方傾斜角度で最も小さい値となった。本研究では、PD患者への治療介入による歩行の運動学的变化の有無を適切に判断できる基準を示すことができた。

【結語】

本研究の結果は、PD患者の歩行障害に対する治療効果判定の一助となる可能性がある。

【倫理的配慮・説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言を遵守し、所属施設による倫理委員会の承認を得て実施した(承認番号:R06-003)。

**P-03-10 ポスター3(身体運動学4)**

生活期脳卒中患者における歩行速度と麻痺側推進力との関連-Segment回帰分析を用いた検証-

○細井 雄一郎<sup>1)</sup>, 紙本 貴之<sup>1)</sup>, 山田 祐歌<sup>1)</sup>, 岡田 紘佑<sup>2)</sup>, 春山 幸志郎<sup>3)</sup>, 酒井 克也<sup>4)</sup>, 辻 哲也<sup>1)</sup>, 川上 途行<sup>1)</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)済生会東神奈川リハビリテーション病院

3)順天堂大学保健医療学部理学療法学学科

4)東京都立大学健康福祉学部理学療法学学科

【緒言】脳卒中患者の歩行障害は主要な障害の一つであり、歩行速度の低下や推進力の低下を引き起す。先行研究では、脳卒中患者の歩行速度と麻痺側の推進力を示す推進力比(%paretic propulsion : %Pp)は関連を認めることができているが、その一方で、%Ppが保たれているものの歩行速度が低い対象者が存在することも報告されており、歩行速度と推進力との関連性は明確となっていない。そこで、本研究では脳卒中患者における歩行速度と推進力における関連性を、Segment回帰分析を用いて明らかにすることを目的とし、検討を行った。

【方法】対象は自力歩行が可能な生活期脳卒中患者99名(年齢54.4±13.5歳)とした。評価項目はFugl-Meyer Assessment下肢運動項目(FMA L/E), 下腿三頭筋のModified Ashworth Scale(MAS), 快適歩行速度, 裸足条件での三次元動作解析システム(Vicon Nexus)と床反力計(ANIMA社製)を用いた歩行解析とした。解析結果より Swing time RatiosとStep length Ratios, %Ppを算出した。%Ppは、推進力を示す麻痺側の積分値を左右の合計値で除し、算出した。統計解析は快適歩行速度と%Pp間で相関関係を確認した後に、Segment回帰分析を用いて変化点を確認した。次いで、変化点前後毎に%Ppと各評価項目との相関関係を検討した。

【結果】快適歩行速度と%Ppは正の相関を認め( $\sigma=0.35$ ,  $p<0.01$ )、Segment回帰分析の結果、変化点は快適歩行速度が0.72m/secであった。変化点前後における快適歩行速度と%Ppは、変化点前( $<0.72\text{m/s}$ )では相関関係は認めず( $\sigma=0.03$ ,  $p=0.82$ )、変化点後( $0.72\text{m/sec} \leq$ )では正の相関を認めた( $\sigma=0.37$ ,  $p<0.01$ )。さらに、%Ppと各評価項目は、変化点前( $<0.72\text{m/s}$ )ではFMA L/E( $\sigma=0.46$ ,  $p<0.01$ )とStep length Ratios( $\sigma=-0.40$ ,  $p<0.01$ )、変化点後( $0.72\text{m/sec} \leq$ )ではMAS( $\sigma=-0.33$ ,  $p<0.05$ )とそれぞれ相関関係を認めた。

【考察】歩行速度と麻痺側推進力は歩行速度によって関連の程度が異なり、歩行速度が速いほど、関連性が高くなることが明らかとなった。さらに、歩行速度によって麻痺側推進力と関連する要因が異なることが明らかとなった。今後、麻痺側推進力と関連する要因に関して更なる検討が必要である。

【倫理的配慮】本研究は「ヘルシンキ宣言」あるいは「人を対象とした医学系研究の倫理指針」に沿って実施され、所属機関の倫理委員会にて承認を得た(承認番号:20180365)。データ収集、公表においては個人情報が特定できないように匿名化を行い、被験者には書面で十分に研究の内容を説明し、署名で同意を得た。

## P-03-11 ポスター3 (構造・機能・情報学4)

**腱成熟過程において筋収縮と関節運動がもたらす影響 -生後早期マウスモデルを用いた検証-**

○宇佐美 優奈<sup>1)</sup>, 野木 康陽<sup>1)</sup>, 伊藤 貴紀<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 博士研究員

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

### 【はじめに・目的】

腱は筋張力を伝達する役割を持ち、剛性と粘弾性特性から高効率な運動実行に重要な組織である。腱発達研究では、腱細胞が分化し成熟する段階では物理的信号が欠かせないとされるが、適切なタイミングでの身体運動獲得が遅れる小児疾患児や、成長期腱障害が発生する高活動児における腱成熟と異常発生の詳細は未解明である。“運動により正常な腱組織成熟を導く”視点から、我々理学療法士が腱発達のメカニズムを知ることは成長を加味した腱発達の理解する糸口となる。本研究では、生後の身体活動に伴う筋収縮と関節運動に着目し、腱発達とメカニカルストレスの関係を明らかにすることを目的とした。

### 【方法】

C57BL/6マウスを用い、歩行開始直前の生後7日時点でモデル作成し、介入後14・21日のアキレス腱を解析対象とした。①筋収縮の影響を除去するため坐骨神経を切除する弛緩性麻痺群（麻痺群）、②生後荷重獲得と共に加わる関節運動がもたらす影響を除去する関節固定群（固定群）、③正常な偽手術群を設定した。ハイスピードカメラによる各群の歩行動画からImageJにて歩行中の足関節角度変化を計測、また組織採取時にX線にて足関節背屈最大可動域を計測した。腱組織構造解析として、ピクロシリウスレッド染色からコラーゲン線維配向分散度を算出、コラーゲンタイプIと核染色から腱細胞数と腱細胞形態観察を実施した。また腱機能として最大破断強度を計測した。統計解析は正規性検定後クラスクアルウォリス検定およびダン多重比較検定を実施し、有意水準は5%とした。

### 【結果】

各群の背屈可動域は、偽手術群に対し麻痺群は増加した一方で固定群は低下を示し、実際の歩行動作でも同様の傾向が確認された。コラーゲン配向を量化工した腱構造評価では、麻痺群において有意差はないものの介入後21日にて偽手術群（Ave.6.84°）より高値（Ave.7.80°）を示した（p=0.07）。また力学的強度は介入後14日時点から麻痺群で低値となった（P<0.05）。

### 【考察】

歩行開始直前から筋収縮を阻害した麻痺群では、腱の主成分であるコラーゲン配列が乱れ、力学的強度は弱化した。腱組織の正常発達では、マウスの生後1ヶ月までが細胞活性が高く成熟期とされ、これはヒトの中高生の時期にあたる。一般にこのタイミング以降は大幅な腱成熟は見込めないため、これまでの間に負荷されるメカニカルストレスの異常が、腱発達異常や腱障害を招くことが明らかとなった。本研究結果は、このタイミングまでに腱成熟に必要となる適度なメカニカルストレスを誘導できれば、腱発達異常や腱障害の予防が可能となることを示唆する。

### 【結語】

成長期までに負荷されるメカニカルストレスを理学療法により適正化することで、腱発達異常や腱障害を予防できる可能性がある。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設動物実験倫理委員会の承認を得て実施した。

## P-03-12 ポスター3 (構造・機能・情報学4)

**第5趾の屈筋群における比較解剖学的研究**

○櫻屋 透真<sup>1,2)</sup>, 江村 健児<sup>3)</sup>, 平崎 鋭矢<sup>4)</sup>,

蘭村 貴弘<sup>1)</sup>, 荒川 高光<sup>2)</sup>

1)朝日大学歯学部口腔構造機能発育学講座口腔解剖学分野解剖学

2)神戸大学大学院保健学研究科リハビリテーション科学領域生体構造学分野

3)四条畷学園大学リハビリテーション学部理学療法学専攻

4)京都大学ヒト行動進化研究センター高次脳機能分野/身体制御機構学分科

**【はじめに・目的】**ヒトの足趾の屈曲は、樹上移動に適応した靈長類のような把握機能が大きく低減した反面、直立二足歩行時の運動や姿勢制御などにおいて新たな役割を演じている。足趾の屈曲を担う筋のうち、第5趾に停止する筋には個体差が多くみられ、長趾屈筋腱底面を起始とする破格筋

（副小趾屈筋: Krause, 1880）が多数報告されているが、その形成過程は未だ不明である。足部の筋は、進化過程で形態が変化したとされ、それらの破格筋の系統発生を解析することはヒトの直立二足歩行獲得過程を辿るために重要である。そこで本研究では、直立二足歩行を行うヒトと、樹上生活に適応しているオランウータンを対象に、第5趾に停止する屈筋群を探索的に調査し、形態形成を進化的に考察した。

**【方法】**ヒト解剖学実習用遺体4体7側、オランウータン標本1体1側の足部を使用した。短趾屈筋を剖出し、その深層で副小趾屈筋の有無を調査した。さらに足趾の線維鞘を切開しながら停止腱を遠位へ追跡し、停止部を詳細に観察した。

**【結果】**ヒト7側中4側に副小趾屈筋がみられた。4側中2側では副小趾屈筋に2つの停止腱があり、二分して第5趾の中節骨底に停止する腱と、第4趾に停止する短趾屈筋腱へ合流する腱がみられた。4側中1側では、副小趾屈筋の停止腱が二分して第5中節骨底に停止した。副小趾屈筋の存在した4側中3側では、短趾屈筋の第5趾への停止腱が欠如した。残りの1側では、副小趾屈筋の停止腱が短趾屈筋の第5趾への停止腱に合流し、遠位で二分して中節骨底に停止した。オランウータンでも副小趾屈筋が観察された。本筋はヒトの長趾屈筋に相当する脛足趾屈筋の腱の底側面から起始し、第5中節骨底へ停止した。

**【考察】**本研究によりヒト副小趾屈筋は短趾屈筋の第5趾腱を代償し、さらにオランウータンにも同様の筋が出現することが分かった。先行研究ではオランウータンの第5中節骨底には短趾屈筋が停止すると記載されている。すなわち両種で短趾屈筋腱の第5趾腱が欠如し、副小趾屈筋が代償的に第5趾の屈曲を担うと考えられる。足趾形態もロコモーションも異なる両種に同様の破格筋がみられたのは、ヒトとオランウータンの共通祖先に破格筋の由来となる筋が存在し、両種で遺残的に出現したためと考えられる。ヒト副小趾屈筋の停止腱形態の個体差は、その遺残の程度に関連すると思われる。

**【結語】**ヒトとオランウータンにおいて長趾屈筋 / 脣側趾屈筋腱から起始して第5趾に停止する副小趾屈筋がみられた。両種の共通祖先はこの由来となる筋を有していたと考えられる。

**【倫理的配慮・説明と同意】**本研究は所属機関倫理審査委員会の承認を得て実施した（承認番号: 33026）。解剖学実習用遺体は研究と教育を目的に所属機関へ供された篤志献体を用いた。靈長類標本は国内の動物園で自然死したのち国内研究機関で保存されていた標本の貸与を受けた。

### P-03-13 ポスター3 (構造・機能・情報学4)

#### 前十字靱帯と内側側副靱帯の発達における組織学的および生体力学的特性の違い

○張 スーチー  
埼玉県大学

##### 【はじめに・目的】

我々は、ACL損傷後の異常な脛骨前方変位の制動により完全損傷ACLを自己治癒に導くことを報告した。しかし、自己治癒ACLの力学的強度は正常の60%で、細胞外マトリックス(ECM)合成も不十分である。運動によるメカニカルストレスは靱帯治癒を促進するが、ACLの治癒を促進する最適なリハビリテーションは未確立である。内側側副靱帯(MCL)も膝関節の構成要素であり、損傷MCLはACLに比べ治癒能力やECMの成熟に優れているが、こちらも治癒後の力学的強度の不完全性が残存する。そこで我々は両者の発達メカニズムの違いに着目した。正常ACL、MCL発達メカニズムの理解は、靱帯治癒の促進因子の特定に繋がるため、本研究では生後マウスのACL、MCLの組織学および力学的变化を探索した。

##### 【方法】

生後7, 14, 21日目(P7, 14, 21)のC57BL/6マウス(n=37)の膝関節を採取した。一部は固定・脱灰後、凍結切片を作成し、組織学的解析にてACLとMCLの形態を評価した。また力学試験にてACL、MCLの力学的強度と破断部位を記録した。

##### 【結果】

P7のACLとMCLでは高密度な核凝集が観察され、P14, 21に従い核密度の減少、平行な核配列が観察された。またP7で不明瞭であった骨端線はP21で明瞭に観察された。ACLの力学的強度は、P7: 0.65±0.22 N (n=2), P14: 0.55 N (n=1)であったが、P21は全てACLではなく大腿骨・脛骨骨端線で剥離した(2.39±0.21 N)。MCLの力学的強度は、P7: 0.23±0.07 N (n=4), P14: 0.55±0.27 N (n=3), P21: 1.12±0.22 N (n=4)であった。

##### 【考察】

HE染色ではACL、MCLとともにP7から21にかけて核密度の減少と平行な核配列を認め、ECMの成熟が観察された。力学試験では発達とともにMCLの力学的強度が上昇した一方で、ACLの力学的強度は変化を認めなかつた。しかしACL力学試験では、多くのサンプルが骨端線で剥離し、ACLよりも骨端線部の力学的脆弱性を認めた。先行研究では、発達期のACLはMCLに比べ、早期に太い靱帯が形成されることが示されている。これを本研究結果と統合すると、発達期の力学的な成熟はACLの方が早く、骨・軟骨部よりも高い力学的応答を有する可能性が示唆された。今後ACL、MCLの更なる発達メカニズムの違いを分析することで既に確立されているMCL損傷からの治癒知見をACLの治癒を促進するリハビリテーションに応用できる可能性がある。

##### 【結語】

生後マウスのACL、MCLにおいては、発達期の力学的な成熟はACLの方が早く、骨・軟骨部よりも高い力学的応答を有する可能性が示唆された。

##### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は埼玉県立大学動物実験倫理委員会の承認を得て実施した。

### P-03-14 ポスター3 (構造・機能・情報学4)

#### 棘上筋機能障害に伴う筋変性を予防する運動介入効果の検証

○高橋 花奈<sup>1,2)</sup>, 米野 茂恵<sup>1,2)</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)日本学術振興会特別研究員

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

##### 【はじめに・目的】

肩関節腱板断裂やアキレス腱断裂といった腱障害・腱断裂においては、筋・腱の機能回復に際し運動によるメカニカルストレスが重要な役割を果たす。リハビリテーションでは他動運動や自動運動といった異なる様式の運動が実施されるが、筋収縮や関節運動が筋腱の回復にいかなる作用を有しているのか、その詳細なメカニズムは不明である。腱板断裂において最も断裂が生じる棘上筋は、他の筋と比較し筋萎縮、脂肪変性、線維化といった筋変性が特異的に生じるとされ、これに伴う筋機能の低下が生じ再建後の機能回復を妨げる。そこで本研究では、肩甲上神経切除モデルを対象として、運動介入を実施することにより筋腱の変性過程における関節運動の役割について基礎的データを得ることを目的とした。

##### 【方法】

C57BL/6雄性マウス14匹を対象に、正常(CTR)群、肩甲上神経切除(DN)群、肩甲上神経切除+運動(DN+EX)群の3群に分類した。運動群においては、術後3日より小動物用トレッドミルを用いて10m/分の速度で、20分間、週5日間運動介入を実施した。術後2週時点で屠殺、棘上筋を採取し実体顕微鏡下で筋腱の長さの計測、筋湿重量の計測および筋横断切片に対して組織学的解析としてHE染色を実施し筋線維の最小フェラー径を算出した。統計解析は、筋腱の長さ、最小フェラー径に対しては一元配置分散分析、多重比較としてTukey法を、筋湿重量に対してはKruskal-Wallis検定、多重比較としてSteel Dwass検定を実施した。なお、有意水準は5%未満とした。

##### 【結果】

筋腱の長さの比については群間差は見られなかった。棘上筋の筋湿重量及び最小フェラー径は、CTR群と比較しDN群、DN+EX群において有意に減少した( $p<0.01$ )。筋に対する運動の影響についてDN+EX群ではDX群に対し最小フェラー径が増加傾向を示したもの( $p=0.05$ )、有意な変化は見られなかった。

##### 【考察】

本研究で使用したモデルは肩甲上神経切除により棘上筋自体の収縮は生じないものの、トレッドミル運動により肩関節運動を増加させることで外的なメカニカルストレスが生じる。本研究では、この外的なメカニカルストレスが筋線維サイズの増大に影響を及ぼす可能性が示された。これまで他筋においても、筋線維に対する伸張ストレスは筋萎縮を予防することが報告されている。棘上筋は他の四肢筋に比べ特異的に筋変性が生じやすい筋であるため、今回筋湿重量、筋線維サイズについて、有意差は認めなかったものの増加傾向を認めた結果は筋に対する他動的な伸張ストレスの意義を再定義するものであり、今後更なる検討を進める必要がある。

##### 【結語】

棘上筋の脱神経筋に対する運動介入効果として筋萎縮の進行を抑制する可能性があることを示した。

##### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における動物実験倫理委員会の承認を得て実施した。

## P-03-15 ポスター3(構造・機能・情報学4)

### 関節運動の減弱は半月板の組織形態の発達に影響を与える

○宮本 ひまり<sup>1)</sup>, 宇佐美 優奈<sup>2)</sup>, 佐藤 路晃<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科 博士前期課程  
2)埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科 博士後期課程  
3)埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

#### 【はじめに・目的】

半月板は骨同士の間に位置した組織であり、當時圧縮力や剪断力といったメカニカルストレスが加わっている。生後早期においては、姿勢や行動様式の変化に伴う四肢の運動変化がメカニカルストレスとして半月板に作用し、組織形成に影響を与えることが予測される。先行研究では半月板への圧縮力を減弱させたモデルを解析したが組織形態や機能に変化ではなく、半月板発達過程に圧縮力は影響を与えないことが報告されている。しかし同じく膝関節へのメカニカルストレスとして、関節運動に伴い負荷される剪断力の影響については未だ未解明である。本研究では、関節運動を制動するため膝関節伸展筋群の機能不全を惹起する大腿神経切除モデルを用いた解析を行うことで、関節運動の減弱が半月板の発達に及ぼす影響を明らかにすることとした。

#### 【方法】

生後14日C57BL/6マウスを対象とし、大腿神経切除を実施した左後肢をFNR(Femoral nerve resection)群、皮膚切開後神経の露出のみを行った対側肢をSham群とした。介入後は自由飼育とし、生後42日時点で歩行解析と下腿の採取を行った。歩行解析は、ガラスプレート上にて足底面・左右矢状面から歩行を撮影したのち、歩行中の膝関節角度を計測した。採取した膝関節組織については、Safranin O fast green染色を行い各群の内側半月板の前方部と中間部の2部位に対して、長さと高さを計測した。統計学的解析は、Kruskal-Wallis検定・Steel-Dwass検定を行い、多重比較を実施した。

#### 【結果】

歩行解析の結果歩行周期全体を通して、FNR群ではSham群よりも膝関節屈曲位で偏移している様子が観察できた。関節可動域や初期接地における屈曲角度には2群間に有意差は見られなかったものの、足趾離地における膝関節屈曲角度はFNR群が高値を示しており( $P < 0.05$ )、関節最大角度もFNR群で増大がみられた。組織学的解析では、内側半月板の前方部においてFNR群の長さが低値を示した( $P < 0.05$ )。一方で中間部の長さや両部位における高さについては、2群間に有意差は見られなかった。

#### 【考察】

本研究から、大腿神経切除モデルマウスでは歩行周期において膝関節屈曲で偏移しており、関節運動が制動されることで歩行障害が生じることが分かった。また、FNR群では内側半月板の前方部にてその長さが変化していたことから、関節運動の減弱に伴い半月板の発達不良を引き起こすことが示唆された。以上より、膝関節に加わる剪断力というメカニカルストレスの変化が、半月板の組織形態の発達に影響を与える可能性が示唆された。

#### 【結語】

生後早期における関節運動の変化は、半月板の形態形成に影響を与える可能性が示唆された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

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: 2024-04)

## P-03-16 ポスター3(神経生理学8)

### 姿勢制御の一側優位性(laterality)の発達過程

○鞭馬 貴史<sup>1,2)</sup>, 黒木 城稀<sup>4,5)</sup>, 川端 安耶子<sup>3)</sup>,

熊野 陽奈<sup>3)</sup>, 木下 大頌<sup>3)</sup>, 萬井 太規<sup>1,3,4)</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)明野中央病院 リハビリテーション部

3)大分大学 福祉健康科学部 理学療法コース

4)大分大学大学院 医学系研究科 理学療法研究領域

5)別府発達医療センター リハビリテーション課

#### 【はじめに・目的】

動作の機能的な一側の優位性のことをlateralityといい(Touwen, 1972), 姿勢制御にも存在するとされる(Dessery et al. 2011)。片脚立位動作は、重心移動相(移動相)と、重心保持相(保持相)で動作の目的が変わる(Bonora et al., 2017)。ゆえに、姿勢制御のlateralityの特性は、相毎に変化し、発達時期によても変化する可能性がある。本研究の目的は、姿勢制御のlateralityの発達過程を片脚立位動作から検証することであった。

#### 【方法】

対象は、5歳毎に2群に区分した健常児(5~9歳群10名, 10~14歳群9名)、成人16名(21.4 ± 1.4歳)とした。対象者は、最大30秒間の片脚立位動作を左右3試行ずつ測定した。三次元動作解析システムと2基の床反力計から、体重重心(COM)と足圧中心点(COP)を算出した。移動相は、遊脚開始に先行してCOPが遊脚側へ変位してから支持脚方向にCOMを超えるまで、保持相は、COMの側方速度がゼロになつてから課題終了までと定義した。利き足の分析は、移動相は遊脚側、保持相は支持脚側を対象とした。各相のCOP-COM間距離の二乗平均平方根を算出し、身長で正規化した。また、移動相の最大COM速度を算出した。相毎に群と利き足・非利き足の二元配置分散分析を使用し、多重比較にはBonferroni法を用いた。

#### 【結果】

移動相も保持相も、年齢と利き足・非利き足の交互作用は認められなかつたが、移動相のみCOM-COP間距離と最大COM速度において、利き足・非利き足の主効果を認めた( $p = 0.009, p = 0.024$ )。移動相のCOP-COM間距離は、利き足動作時に有意に小さく、最大COM速度は大きかった。

#### 【考察】

利き足の決定は、8~10歳とされるが(Gentry, 1995)、5~9歳児が成人と有意差を認めなかつたことから、姿勢制御のlateralityは、利き足の決定より早く発達する可能性がある。他方、移動相のCOP-COM間距離が利き足側で有意に小さく、最大COM速度が大きかったことは、姿勢制御にlateralityが存在することを示し、利き足側の方が、非利き足側よりも効率良くCOM速度を産生できると考えられる。

#### 【結語】

片脚立位動作において、移動相のみ姿勢制御のlateralityが存在するが、5~14歳間では発達による変化は小さい。利き足側は、非利き足側と比較して、効率的にCOM速度を産生する姿勢制御であることが示唆される。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

大分大学福祉健康科学部倫理委員会で承認後に実施した(承認番号F220002)。対象者及び保護者には口頭と書面にて本研究の目的、実験方法について説明し同意を得た。

### P-03-17 ポスター3(神経生理学8)

Vectionによる連続的な視覚刺激が姿勢制御における感覚モダリティの貢献度に対して与える影響—Equitestによる効果検証—

○倉持 洋太<sup>1,2)</sup>, 矢田 拓也<sup>3)</sup>, 棚町 兼也<sup>1)</sup>, 金子 文成<sup>1)</sup>

1)東京都立大学人間健康科学研究科理学療法学域

2)慶應義塾大学病院リハビリテーション科

3)東京都立大学院人間健康科学研究科理学療法学域

#### 【はじめに・目的】

Vectionとは、多くのドットや縦縞模様の描かれた視覚フローが前後・左右・軸方向に回転すると、自身もまるで動いているように知覚する、自己の身体運動錯覚である。一般に Vection中は視覚領域に含まれるmiddle temporal/medial superior temporal(以下, MSTd)が賦活され、前庭系に関連する領域(prieto-insular vestibular cortex:以下, PIVC)は抑制される。一方で Vection終了後にはPIVCが賦活されMSTdは抑制され、この関係を視覚-前庭覚相互作用と呼ぶ。

本研究では、従来のバランス練習にVectionを併用した際の、練習前後での姿勢制御における感覚モダリティの貢献度を、Equitestのsensory organization test(以下, SOT)を用いて明らかにすることを目的とした。

#### 【方法】

研究デザインはランダム化比較試験とし、Excelを用いたランダム割付を第三者が実施した上で、バランス練習に Vectionを併用する介入群(n=10, 男性5名, 21.5±0.5歳)とバランス練習のみを行う対照群(n=9, 男性3名, 21.6±0.7歳)に分けた。参加者は神経疾患、整形疾患、前庭疾患のない健常成人とした。介入は、Head-Mounted Display(以下, HMD)(Meta社製)を装着し閉脚立位を20秒間、閉脚立位を10秒間、交互に繰り返す練習を10分間実施した。視覚フロー(黒背景に白ドットが無数に浮かんだ映像)はHMDで対象者に提示し、介入群の閉脚立位時のみ、視覚フローは軸方向で反時計回りに回転した。対照群では常に静止した視覚フローが提示された。介入効果はEquitest(Neurocom International社製)を使用してSOTで検査した。SOTは、6条件(閉眼、閉眼、前傾板傾斜、閉眼・足底板傾斜、閉眼・足底板傾斜、前傾板傾斜・足底板傾斜)で構成され、これらの条件に基づいた計算から視覚、体性感覚、前庭覚それぞれの姿勢制御に対する貢献度を算出し、その介入前後での変化率を求めた。統計解析は、SPSSを使用し、Shapiro-Wilk検定で正規性を検定した後、等分散の場合はStudentのt検定、等分散でない場合はWelchのt検定を行った。いずれも有意水準は5%とした。

#### 【結果】

介入前後における変化率は、対称群と比較して、介入群で体性感覚と前庭覚の姿勢制御における感覚モダリティの貢献度が有意に上昇した( $p < .05$ )。

#### 【考察】

介入群で、体性感覚と前庭覚の変化率が有意に上昇した。これは、本介入によって、姿勢制御中の体性感覚と前庭覚情報の貢献度が高くなったことを示している。視覚-前庭覚相互作用によって、10分間の介入後に、MSTdからの抑制がされたことでPIVCが賦活し、視覚系が抑制された。その結果、介入後の姿勢制御において、介入群で体性感覚と前庭覚の貢献度が有意に上昇したと考える。

#### 【結語】

Vectionを併用したバランス練習では、従来のバランス練習と比較して体性感覚、前庭覚の変化率が有意に上昇した。この結果から、姿勢制御における前庭覚の貢献においてトレーニング効果があったものと推察する。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

参加者には、事前に口頭と書面で研究内容について説明し、自由意志のもと同意を得た。研究に先立ち、所属施設における倫理委員会の承認(承認番号:23044)を得た。

### P-03-18 ポスター3(神経生理学8)

障害物またぎを伴う歩行開始時の予測的姿勢調節における小児と成人の違いに関する予備的研究

○石崎 裕佳<sup>1)</sup>, 萬井 太規<sup>2)</sup>, 黒木 売稀<sup>2)</sup>, 鞭馬 貴史<sup>2)</sup>, 平田 恵介<sup>3,4)</sup>

1)公益社団法人地域医療振興協会練馬光が丘病院リハビリテーション室

2)大分大学大学院福祉健康科学研究科健康医科学コース

3)東京家政大学健康科学部リハビリテーション学科

4)埼玉県立大学大学院

#### 【はじめに・目的】

予測的姿勢調節(APA)は随意運動に先行する姿勢制御機構であり、COPの左右、前後方向の移動量と移動開始時間にてAPAの時空間制御が定義される。成人では歩行開始時のAPAはまたぎ動作(Yiou, 2016)や段差昇段(G' elat T, 2006)を伴うことで変化することが先行研究で示されているが、小児については不明である。本研究では障害物またぎの有無が歩行開始時のAPAに与える影響を小児と成人で明らかにすることを目的とした。

#### 【方法】

対象は、定型発達児10名(7±2歳)、健常若齢成人8名(23±3歳)とした。両下肢が1枚ずつ床反力計の上になるように、かつ足幅が腰幅になるように立位保持を行い、合図とともに前方に歩くよう指示した。通常の歩行開始条件(GI条件)と前方に設置された障害物をまちいで歩行を開始するGI\_Obs条件の2条件を設定した。COPの前後、左右方向への偏位開始から遊脚開始までの時間の最大値をAPA onsetとし、APA onset時点でのCOP位置からの最大偏位量を左右(APA peak ML)、前後(APA peak AP)方向それぞれ算出した。群(小児と成人)、条件(GI, GI\_Obs)で二元配置分散分析及び多重比較検定(Bonferroniによる補正)を行った。

#### 【結果】

APA onsetは群間にのみ主効果を認め( $p = 0.002$ )、APA peak APは、成人群内でGI条件よりもGI\_Obs条件で有意な減少を認めた( $p < 0.001$ )が小児では有意差を認めなかった。APA peak MLは、群間に主効果を認め( $p = 0.002$ )、両群共にGI条件よりもGI\_Obs条件で有意に大きかった( $p=0.008-0.01$ )。

#### 【考察】

APA peak MLは、またぎ動作時に成人群だけでなく、小児群も拡大したことから、内外側方向の姿勢不安定性を予め軽減させる戦略が小児においても成人と同様に行われていることが示唆された。一方、前後方向は成人ではまたぎ動作時にGI条件よりも有意に減少したが、小児群では有意差を認めなかった。APA peak APは前方推進力に貢献しており、障害物またぎでは通常の歩行開始より前方推進力が必要である。そのため、成人では有意差を認めたが、小児では未成熟でまたぎ動作の経験数が少ないために有意差を認められなかったと考える。APAは左右方向に比べ前後方向の成熟が遅いとしたMalouinらの先行研究を支持する結果であった。

#### 【結語】

本研究の目的は障害物またぎの有無が歩行開始時のAPAに与える影響を小児と成人で比較し明らかにすることであった。障害物またぎを伴う歩行開始時は小児、成人ともに左右方向のAPApeakを増大させる一方、前後方向は成人のみAPApeakが減少する結果となった。これには運動経験と成熟時期が関与すると考えられる。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号KEN2019-9, F2220002)。

また、対象者及び保護者には口頭と書面にて本研究の目的、実験方法について説明し同意を得た。

### P-03-19 ポスター3(神経生理学8)

#### 前後方向において知覚された立位位置の角度計による表出法の有用性

○大坪 泰太<sup>1,2)</sup>, 淺井 仁<sup>3)</sup>, 中村 麻衣<sup>1)</sup>, 菅田 碧<sup>1)</sup>, 趙 明済<sup>1,4)</sup>

1)金沢大学医薬保健学総合研究科保健学専攻リハビリテーション科学領域

2)石川県済生会金沢病院

3)金沢大学医薬保健学域保健学系リハビリテーション科学領域

4)金沢医科大学病院リハビリテーションセンター

【はじめに・目的】立位で身体動作を円滑に行うためには、動作開始時の立位位置の正確な知覚が必要である。先行研究からこの知覚にはアキレス腱からの体性感覚情報の関与が大きいと考えられる。これまで振動刺激は安静立位位置でのみ加えられていたが、前後方向の立位位置により下腿三頭筋の筋収縮が異なり、位置知覚におけるアキレス腱からの固有感覚情報の関与の度合いも立位位置により異なる可能性は十分考えられる。それゆえ、複数の立位位置で振動刺激をすることが重要であると考えられる。前傾・後傾立位において錯覚した立位位置を身体再現法で表出する際、錯覚位置が立位保持可能な位置から逸脱することも考えられ、その場合、錯覚位置は表出できない。そこで将来錯覚の表出に用いるための角度計による表出方法の有用性を検討した。

【方法】健常若年成人男女20名(21.6歳)に、床反力計上で閉眼安静立位から身体を前・後傾させることで参照立位位置を探査、記憶させ、正面に垂直に置いた角度計で記憶した身体傾斜角度を表出(向かって右方向は後傾、左方向は前傾)させた(表出身体傾斜角度)。その角度計の腕木の長さは1mで軸高は身長の60%とした。参照立位位置は最後傾位置から最前傾位置の間に相当する被験者毎の足長20~80%を5%毎に13か所とし、各参照立位位置を5回ずつ、計65試行をランダムな順に行った。各参照立位位置の±0.5cmの範囲にCOP位置が存在するときブザーが鳴るようにし、被験者にブザーを鳴らしながら参照位置位置を記憶させた。参照立位位置に対する表出身体傾斜角度の近似式は、全被験者のものと被験者毎のものを求めた。

【結果】参照立位位置と表出身体傾斜角度は全被験者において $r=0.790$  ( $y=0.2x-7.92$ )、被験者毎の相関係数の平均値は $r=0.983$ とそれぞれ有意な相関が認められた。

【考察】今回の結果から、立位位置と表出身体傾斜角度との間には強い線形の相関が認められることが明らかとなった。また、全被験者における近似式よりも被験者毎に算出した近似式の方が高い相関を持ち、近似式の傾きも被験者毎に異なることから、角度計における身体傾斜角度の表出の様相には個人差が存在することが明らかとなった。以上より、今後の研究において錯覚した立位位置を表出身体傾斜角度に置き換えることは有用であり、立位位置に対応した表出身体傾斜角度を被験者毎に求める必要があると考えられる。

【結語】全被験者、被験者毎ともに参照立位位置と表出身体傾斜角度の関係には強い相関が認められた。その近似式の傾きには個人差が存在するため、今後の研究へ応用するためには被験者毎に立位位置と表出身体傾斜角度の関係を求める必要がある。

【倫理的配慮・説明と同意】所属施設における倫理審査委員会で承認後に実施した(承認番号:2022-352)また、研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意思のもと、書面で同意を得た。

### P-03-20 ポスター3(神経生理学8)

#### 足部身体特異性注意と予測的姿勢制御との関係

○会津 直樹<sup>1,2)</sup>, 西井 一宏<sup>1,2)</sup>, 鬼頭 巧<sup>2,3)</sup>, 井澤 翔<sup>1)</sup>, 西片 太陽<sup>2)</sup>, 堀内 昇志<sup>2)</sup>, 山本 真代<sup>2)</sup>, 山田 晃司<sup>1,2)</sup>

1)藤田医科大学大学院保健学研究科

2)藤田医科大学保健衛生学部リハビリテーション学科

3)金城大学医療健康学部理学療法学科

【はじめに・目的】注意とは多数の知覚の中から行動に関する情報を選択するための機能であり(Corbetta 2000, Posner 1990)、運動制御の際には自己身体からの情報を得るために潜在的に注意が向けられている。この機能を身体特異性注意という(Aizu 2018, 2022)。一方で、脳卒中症例の顕在的な身体内部への注意は、バランス能力の低下群ではバランスの改善が大きく認められ、姿勢制御に関与している(Kal 2019)と報告されているが、潜在的な身体特異性注意が姿勢制御に関係しているのかは明らかになっていない。そこで、我々は、予測的姿勢制御(anticipatory postural adjustments: APA)という、随意運動の際に姿勢筋が主動作筋よりも早期に筋活動をする潜在的な姿勢制御メカニズムに着目し、足部身体特異性注意と予測的姿勢制御との関係を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象者は健常成人27名(平均 $20.4 \pm 0.6$ 歳)とした。足部の身体特異性注意を測定するために過去に報告されている反応時間課題を実施し、左足と右足の身体特異性注意量を算出した(Aizu 2022)。さらに、APAを測定するために、被験者は重心動描計の上で静止立位を保ち、音刺激に合わせて3秒かけて踵を上げ、3秒間保ち、下ろす課題を3回繰り返した。その際に圧力中心(COP)を重心動描計から取得し、さらに右下肢の腓腹筋内側頭と前脛骨筋(TA)に筋電図を装着し筋活動を記録した。踵上げの際の腓腹筋の筋活動開始時をベースラインとし、TAの活動開始時間とCOPの活動開始時間を算出した。

【結果】反応時間課題により足部の身体特異性注意を認め( $p = 0.025$ )、対象者ごとに身体特異性注意量を算出した。左右足の身体特異性注意量の偏りはTAの活動開始時間( $r = -0.417$ ,  $p = 0.038$ )とCOPの後方への活動開始時間( $r = -0.523$ ,  $p = 0.005$ )と相関が認められ、つまり、左足より右足に身体特異性注意量が多い対象者ほど、右足のTAの活動開始時間と後方への重心移動が早期に認められた。

【考察】バランスが不安定な脳卒中やパーキンソン病患者ではAPAの筋活動開始時間が遅延していたという報告がある。我々の結果で、左足よりも右足に身体特異性注意量が多いほど、右足のTAの活動開始時間と後方への重心移動がより早期に認められたことから、身体特異性注意が多いほど予測的姿勢制御能力が高いことが示唆された。

【結語】足部身体特異性注意と予測的姿勢制御との関係を認めた。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:HM22-426)。また対象者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## P-03-21 ポスター3(神経生理学9)

### 構え姿勢の違いによるサイドステップ反応の筋活動探索

○山崎 千聖<sup>1)</sup>, 中村 高仁<sup>2,3)</sup>, 国分 貴徳<sup>2,3)</sup>

1)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

2)埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科

3)埼玉県立大学 理学療法学科

#### 【はじめに・目的】

スポーツにおける対人場面では、相手の動きに反応して素早く動作を行うための「構え姿勢」をとる。先行研究では直立位に比べ下肢を深く屈曲する姿勢によりサイドステップでの反応速度が上昇することが明らかとなっており、多くの指導者は様々な動作時に腰を落とする姿勢を指示する。しかし、腰を落とした姿勢で重心が低くなることで、重心の可変性が低下する安定した構え姿勢となるため、動き出しの反応速度向上にはネガティブな影響をもたらす可能性も考えられる。本研究では、構え姿勢の異なるサイドステップでの反応速度について、反応前の下肢筋活動状態から反応速度向上の関係性を探索した。

#### 【方法】

測定には三次元動作解析装置VICON (100Hz), 表面筋電図計Delsys (1000Hz), 床反力計 (Kistler) を使用し、対象は健常成人とした。右大腿直筋(RF), 半腱様筋(SM), 大臀筋(Gma), 中臀筋(GMe)の計4ヶ所で筋活動を計測した。サイドステップ動作の開始姿勢は足部を矢状面に対し平行、肩幅に開いて直立したupright位、股関節・膝関節をやや屈曲したlight位、股関節・膝関節を深屈曲したdeep位の3条件とした。サイドステップは40cm, 60cm条件でランダムに行つた。被験者は検者の合図に合わせて開始姿勢をとり、眼前的画面にて表示された矢印方向にできるだけ早くサイドステップを行った。各試行における前条件の影響を避けるため左右方向の指示もランダムとした。解析は矢印が表示から、床反力計が反応するまでの時間を反応速度とした。筋活動解析は右側へのサイドステップ試行における筋活動の移動平均値(RMS)を用いた。統計学的解析は構え姿勢の条件間で比較を行い、それぞれで対応のあるt検定を実施した。

#### 【結果】

ステップ距離60cmにおいて、反応速度はUpright条件に比較し、Deep条件・Light条件での反応速度が有意に高く、( $p<0.05$ )、筋活動について、Deep条件・Light条件におけるRF/GMeの活動上昇がUpright条件と比較して早期に生じた( $p<0.05$ )。

#### 【考察】

本研究では開始姿勢の違いによるサイドステップ動作の反応速度と下肢筋活動の関係性について探索した。その結果、距離の長いサイドステップ条件においてUpright位と比較し、Deep・Light位での反応速度の上昇と共にRF/GMeの早期活動が認められた。RFは膝屈曲50~60°において最大伸展トルクを発揮し、GMeは股関節角度によるトルク発揮の差がないことが報告されている。構え姿勢の膝関節屈曲角度を増大することにより、長さ・張力曲線より高い筋活動を発揮しやすい状況となったことで、指示に対して早期の活動が生じ反応速度の変化として現れたと考えられる。

#### 【結語】

本研究結果から、構え姿勢が与える反応時間への影響について、筋活動情報による詳細な活動を提示した。

#### 【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た後、ヘルシンキ宣言に則って被験者に対する説明を紙面と口頭にて行い、同意を得た上で実施した。

## P-03-22 ポスター3(神経生理学9)

### 歩行時の内外側安定性の制御に対する歩行速度と傾斜条件が及ぼす影響

○神田 奈南<sup>1,2)</sup>, 金村 尚彦<sup>2)</sup>, 平田 恵介<sup>2,3)</sup>

1)リハビリテーション天草病院

2)埼玉県立大学大学院保健医療福祉学研究科

3)東京家政大学健康科学部

#### 【はじめに・目的】

身体質量中心(CoM)の運動学的状態に対する足部接地位置(FP)の正確な調整は、歩行中の内外側安定性(MLs)の確保に必要なメカニズムである。先行研究では、遊脚の前段階におけるCoMの運動学的状態により、次のFPが予測できるため、その予測可能性としてMLsの量化が可能とされる。その手段はCoMとFPの関係性を示す相対説明分散(EV)が用いられる。CoMとFPの関係性は低速で低下し、歩行速度がMLsに影響すると報告されているが、歩行環境による影響は明らかでない。そこで本研究の目的は、歩行路の傾斜と歩行速度がMLsに及ぼす影響を調べることとした。

#### 【方法】

健常成人群(平均27.7±7.7歳)に速度(0.83m/s, 高速1.0m/s)と傾斜(平地、傾斜6°)の4条件でトレッドミル歩行を実施した。三次元動作解析装置ViconにてCoMを算出し、下肢6筋から表面筋電図(EMG, Trigno, Delsys)を記録した。直前の遊脚中のCoMの位置と速度に基づき、後続のFPを予測するために線形回帰を使用した。EVは予測された足部配置分散と実際の配置分散の比率として計算された。EVは支持脚足部の立脚中期での両踵マーカー間の側方距離で定義した。速度と傾斜の交互作用と主効果および速度・傾斜間の差を二元配置分散分析と多重比較検定(Bonferroni補正)で検定した。

#### 【結果】

EVと一部を除くEMGは速度と傾斜間に有意な交互作用を認めなかった( $p=0.45-95$ )。速度間ではEVおよび一部を除くEMGは高速で有意に増加した( $p=0.001-0.03$ )。傾斜間ではEMGは傾斜で有意に増加( $p=0.0001-0.003$ )したが、EVは差を認めなかった( $p=0.31$ )。

#### 【考察】

傾斜環境でも速度によりEVが高値を示した結果から、傾斜下でもMLsは速度に依存していた。倒立振子機構(R)は傾斜下でも歩行速度の増加に伴い増加するとされ、MLsは速度による影響を受けたと推測される。本研究では主要筋の動員が変化する傾斜量を設定することで、全てEMGの活動量が傾斜により増大したがEVは有意差を認めなかつた。Rは傾斜の増加に伴い減少するが、消失せず残存するとされる。傾斜下ではRの残存によりEVが高値に維持され、MLsも高止まりしたと推測する。この結果からEVに対する傾斜は速度よりも影響が低いことが示唆された。

#### 【結論】

先行研究で得られた歩行時のMLsと歩行速度の関係は、傾斜下でも成立することが明らかになった。一方でMLsは傾斜の影響を受けにくく、安定性が高い状態に維持された可能性が示唆された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号: 29501)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

### P-03-23 ポスター3(神経生理学9)

#### 足趾巧緻性が立位バランス制御の安定化および大脳皮質活動に及ぼす影響

○河野 倫奈<sup>1)</sup>, 松浦 晃宏<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

【はじめに・目的】ヒトのバランス制御に足趾機能、特に足趾把持力が重要であるが、足趾巧緻性に関する研究は少ない。足趾の巧緻運動は手指の巧緻運動と同様に運動野から起始する外側皮質脊髄路が主要な経路であると考えられ、先行研究でも体性感覚野や運動野に足趾の局在性が確認されている。したがって、足趾巧緻性がバランス制御に関与するのであれば、その際の運動野における神経活動が記録される可能性がある。そこで、本研究は足趾巧緻運動を足趾じゃんけんで評価し、足趾巧緻性が立位バランス制御の安定化に作用し、その際に大脳皮質活動が関与するか明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は健常成人29名 ( $21.17 \pm 0.91$ 歳) で、長谷川ら (2013) の足趾じゃんけん評価法により良好群と不良群に分けた。フォームラバーの無い状態 (ラバー無) と有る状態 (ラバー有) で静止立位を開眼・閉眼条件で行い、60秒間足圧中心を記録した。同時にCzにおける脳波を記録し、 $\alpha$ (8-13Hz),  $\beta$ (13-30Hz),  $\gamma$ (30-50Hz)のパワー割合を算出した。解析は、足圧中心より総軌跡長と外周面積を算出し、対応のない2群の差の検定を実施した。パワー割合は、群と課題を要因とする分散分析により比較した。有意水準は5%とした。

【結果】足趾じゃんけんより、良好群は15名( $12 \pm 1.89$ 点)、不良群は14名( $17.07 \pm 1.18$ 点)であった。総軌跡長はラバー有の閉眼( $p=0.038$ )・閉眼 ( $p=0.044$ )に不良群で延長した。外周面積に有意差はなかった。脳波解析において、閉眼時 $\alpha$ パワーには群間主効果( $p=0.025$ )、課題間主効果( $p=0.007$ )があり、ラバー有または良好群で $\alpha$ パワーが減少した。 $\gamma$ パワーに交互作用がみられた( $p=0.037$ )、ラバー有の良好群で増加した。開眼時脳波に有意差はなかった。

【考察】 $\alpha$ パワーに群間主効果があり、良好群で減少した。運動野での $\alpha$ パワー減少は、運動処理中における運動野の活性化増大を示す(Pfurtscheller, 2001)。したがって、足趾巧緻性の低下は立位制御時の運動野の活性化を低下させる可能性がある。 $\gamma$ では交互作用がみられ、ラバー有の良好群で有意に増加した。 $\gamma$ パワーの増加は、姿勢の不安定性を検出し(Slobounov, 2009)、能動的な姿勢制御を示す(Peterson, 2019)。したがって、バランス能力の求められる環境で良好群は不安定な姿勢を検出し、足趾運動で能動的な姿勢制御を行う可能性が考えられる。

【結語】足趾巧緻性は、立位制御時に運動野を活性化させ、不安定な環境において姿勢不安定性を検出し、能動的な姿勢制御に重要な役割を果たす可能性がある。

【倫理的配慮・説明と同意】本研究は所属施設における倫理委員会の承認を得て、全被験者に本研究の趣旨を説明し書面で同意を得て実施した。

### P-03-24 ポスター3(神経生理学9)

#### 下肢荷重練習に上肢荷重練習が与える影響についての検討

○加賀田 尚則<sup>1)</sup>, 笠原 敏史<sup>2)</sup>, 江 林京<sup>3)</sup>, 越野 裕太<sup>2)</sup>, 石田 知也<sup>2)</sup>, 寒川 美奈<sup>2)</sup>, 遠山 晴一<sup>2)</sup>

1)鳥取県立中央病院

2)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

3)名古屋大学未来社会創造機構 HMI 人間特性研究部門

【目的】下肢の荷重練習は立位保持や歩行獲得のために理学療法にて頻度の高い練習の一つである。一般的に、全荷重ではなく部分荷重から開始されるが、誤った荷重の学習は治療スケジュールを遅延させる恐れがある。本研究は、運動学習理論を参考に、事前の上肢の荷重練習がその後の下肢荷重練習に与える影響について検討した。

【方法】健常若年者16名が参加した(平均年齢 $22.1 \pm 0.8$ 歳)。参加者を対照群と上肢荷重練習を実施した介入群にそれぞれ無作為に8名ずつに振り分けた。上肢荷重練習は足底を浮かせた座位姿勢で行い、参加者は非利き足側に設置した4点杖を使って床反力計に荷重するよう指示した。上肢荷重量は最大荷重の30, 50, 60, 75 %とし、ランダムに2試行ずつ計8試行を1ブロックとし、10ブロックを行わせた。対照群は同様の座位姿勢を同じ時間保持した。その後、両群は非利き足を使って床反力計に体重の30 %, 50 %, 60 %, 75 %をランダムに下肢荷重練習を行った。上肢および下肢の荷重量は前方スクリーンで表示した。下肢荷重調節能を荷重練習前後と24時間後に目標荷重量と実際の荷重量の絶対誤差として評価した。また、学習曲線を適合させ、学習到達点を推定した。90%学習到達点は対応のないt検定、絶対誤差は反復測定二元配置分散分析を用い、事後検定はBonferroni法による多重比較を行った。有意水準0.05未満とした。

【結果】下肢荷重訓練の学習到達点は対照群 ( $28.0 \pm 15.2$ 回) より介入群 ( $13.0 \pm 14.0$ 回) で低値であったが、有意な差を認めなかった ( $p = 0.093$ )。分散分析の結果、有意な交互作用は認められず、時間にのみ有意な主効果が認められた。多重比較検定の結果、両群とも練習前に比べて練習後で有意に誤差が縮小していた ( $p < 0.001$ )。

【考察】運動学習の過程において、体性感覚学習も同時に生じており、特に初期の学習が急速に向ふことが示されている。練習後の誤差は両群とも有意な差を認めず、上肢で行われた荷重誤差が下肢の荷重誤差の修正プログラムに影響を与えたないと推察する。一方、下肢での学習技能の獲得では上肢での練習によって課題に関する体性感覚の理解が深まり、学習効率に有益であった可能性がある。

【結語】上肢での荷重練習はその後の下肢で行われる荷重練習に有効であることが示唆された。

【倫理的配慮・説明と同意】所属機関の倫理委員会の承認を得ており(承認番号22-66)，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-03-25 ポスター3(神経生理学9)

#### 歩行難易度と二重課題が歩行中の下肢筋への神経入力に与える影響

○反町 瑠菜<sup>1)</sup>, 北谷 亮輔<sup>1,2,3)</sup>, 沼田 莉奈<sup>1)</sup>,  
平野 志織<sup>1)</sup>, 星 春輝<sup>1,2)</sup>, 芝田 純也<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

##### 【はじめに・目的】

2つの課題を同時に行う二重課題は日常生活上どちらかの課題の難易度が変化する場面が多い。二重課題歩行において認知課題の難易度が増加すると、歩行周期時間の変動性が低下し、大脳皮質からの神経入力の程度を反映するベータ帯域のコヒーレンスが増加することが報告されており、歩行を安定させて認知課題に集中するために神経入力が増加している。一方、歩行の難易度を変化させた二重課題歩行に関する報告は少なく、歩行難易度が高い二重課題歩行中の神経制御は検討されていない。そこで、本研究では歩行難易度と二重課題が歩行中の下肢筋への神経入力に与える影響を明らかにすることを目的とした。

##### 【方法】

若年健常者19名（年齢21.4±1.0歳）を対象に、歩行難易度が異なる2条件に対する認知課題の有無の計4条件の歩行課題を無作為な順で5分間ずつ実施した。歩行難易度の条件を通常歩行と狭路歩行（左右上前脛骨棘の1/2の幅の間を歩行）、認知課題の条件を認知課題無しと2-back課題（二重課題歩行）とした。腰部の3軸加速度計から初期接地を判定し、歩行周期時間の変動係数（STV）を算出した。右側の前脛骨筋近位部・遠位部・内側・外側腓腹筋の表面筋電図から前脛骨筋内と腓腹筋間のコヒーレンスを算出した。コヒーレンス解析により1名を除外した計18名におけるSTVと各コヒーレンスのベータ帯域（15-35Hz）の平均値に対して、歩行難易度と認知課題を2要因とした反復測定二元配置分散分析と多重比較（Bonferroni補正）を行った。

##### 【結果】

STVにおいて認知課題による有意な主効果が得られ、認知課題無しの条件より二重課題歩行で有意に低下していた（p<0.01）。前脛骨筋内コヒーレンスにおいて有意な歩行難易度による主効果と2要因の交互作用が得られた。多重比較の結果、認知課題無しの条件では通常歩行より狭路歩行で有意に増加しており（p<0.01）、通常歩行では認知課題無しの条件より二重課題歩行で増加する傾向が得られたが（p=0.07）、狭路歩行では二重課題による有意な変化は得られなかった（p=0.70）。

##### 【考察】

STVは歩行難易度による有意な主効果がなく、認知課題無しの条件では通常歩行より狭路歩行で前脛骨筋内コヒーレンスが増加していたことから、難易度が高い狭路歩行では大脳皮質からの神経入力を増加させることで歩行の安定性を確保していると考えられる。また、通常歩行では先行研究同様に二重課題歩行中に前脛骨筋内コヒーレンスが増加する傾向にあったが、狭路歩行中の二重課題では一様な変化を示さなかった。

##### 【結語】

歩行の難易度により前脛骨筋に対する神経入力は増加するが、難易度が高い歩行では二重課題による一様な変化は示さなかった。

##### 【倫理的配慮・説明と同意】

本学倫理委員会の承認を得た後に対象者に説明を行い、書面にて同意を得て実施した。

### P-03-26 ポスター3(神経生理学10)

#### 経皮的迷走神経刺激が唾液 $\alpha$ アミラーゼと反応抑制機能に与える影響

○山本 嶽平<sup>1,2)</sup>, 宮口 翔太<sup>2,3)</sup>, 横田 裕丈<sup>2,3)</sup>,  
犬飼 康人<sup>2,3)</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 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】

外部からの刺激に基づき実行中の運動を即座に停止する機能を反応抑制機能という。反応抑制機能の向上には脳内ノルアドレナリン（NA）が関与する（Eagle et al., 2008）。NAを増加させる刺激方法に経皮的迷走神経刺激（tVNS）がある（Warren et al., 2019）。しかし tVNSによるNA調節が反応抑制機能に与える効果は不明である。そこで本研究は、tVNSがNAおよび反応抑制機能に与える効果を明らかにすることを目的とした。

##### 【方法】

対象は右利き健常成人男性20名（年齢21.4±1.7歳）とした。tVNS条件は、左耳甲介を刺激するtVNS条件と左耳朶を刺激するsham条件とし、クロスオーバー比較試験とした。刺激強度は感覚閾値以上、疼痛閾値未満とし、25 Hzの頻度で30分間刺激した（30秒on/offの間欠的刺激）。NAの間接的評価には唾液  $\alpha$  アミラーゼ（sAA）を用いた。反応抑制課題にはストップシグナルタスク（SST）を用い、停止信号反応時間（SSRT）を反応抑制機能の指標とした。各条件介入前後にsAA評価とSSTを実施し、刺激前後の変化量（ $\Delta$ sAA,  $\Delta$ SSRT）を算出した。SSRTは短いほど反応抑制機能が良いことを示し、算出された $\Delta$ SSRTは値が大きいほど刺激後に反応抑制機能が向上したことを示す。介入前後のsAA, SSRTの比較にはウイルコクソンの順位和検定を用いた。また介入前のSSRT,  $\Delta$ SSRT,  $\Delta$ sAAの相関分析として正規性に従うものはピアソンの相関係数、正規性に従わないものはスピアマンの順位相関係数を算出した。有意水準は5 %とした。

##### 【結果】

両条件とも刺激前後のSSRTに有意な変化は認められなかっ（tVNS条件：p=0.332, sham条件：p=0.823）。tVNS条件のみ介入後にsAAが有意に増加し（p=0.002），介入前のSSRTと $\Delta$ SSRT（p=0.004, r=0.608），介入前のSSRTと $\Delta$ sAA（p=0.030, r=0.486）， $\Delta$ sAAと $\Delta$ SSRT（p=0.049, r=0.446）の間に有意な正の相関関係が認められた。

##### 【考察】

tVNS条件におけるsAAの増加は、NAの増加を示唆する。また反応抑制機能の向上にはNA濃度が関与することから（Eagle et al., 2008），介入前の反応抑制機能が低い被験者はtVNSによってNAが増加し、反応抑制機能が向上した可能性が示唆された。

##### 【結語】

反応抑制機能が低い被験者は、tVNSによりNAが増加することで反応抑制機能が向上する関係性が明らかになった。

##### 【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、所属機関の倫理審査委員会の承認（19224-240227）を得た上で、書面および口頭にて実験内容を説明し、同意を得た。

## P-03-27 ポスター3(神経生理学10)

### 個人の脳律動を標的とした経頭蓋交流電気刺激は $\beta$ 帯域の事象関連同期を増大させる

○赤岩 貞悠<sup>1)</sup>, 松田 裕弥<sup>2)</sup>, 黒川 凌<sup>2)</sup>, 菅原 靖<sup>2)</sup>, 小菅 凜<sup>2)</sup>, 工藤 哲史<sup>3)</sup>, 齊藤 秀和<sup>4)</sup>, 柴田 恵理子<sup>5)</sup>, 佐々木 健史<sup>1)</sup>, 菅原 和広<sup>1)</sup>

1)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

2)札幌医科大学大学院 保健医療学研究科

3)柏葉脳神経外科病院 リハビリテーション科

4)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

5)北海道文教大学 医療保健科学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

#### 【はじめに・目的】

経頭蓋交流電気刺激(tACS)は頭皮上から微弱な電流を送電し、非侵襲的に神経可塑性を誘導する手法である。これまで、tACSの刺激周波数は全対象者に固定した数値が用いられてきたが、個人毎に脳律動のピーク周波数が異なることから、固定したtACSの刺激周波数では安定した効果が得られにくいことが報告されている。本研究では、個人の脳律動に基づいた刺激周波数によるtACSの効果を調査することを目的に、個人の脳律動を標的としたtACSが他動運動後500 msに観察される $\beta$ 帯域の事象関連同期( $\beta$ ERS)に与える影響を調査した。

#### 【方法】

健常成人14名に対し、15分間(実刺激条件)と30秒間(偽刺激条件)のtACSを別日に実施し、各条件の前後で他動運動時の脳波計測を行った。tACSの刺激電極は国際10-20法のC3上と右眼窩上方に貼付した。tACS実施前に全対象者の他動運動時の脳波計測を行い、各個人における他動運動後の $\beta$ ERSのピーク周波数に基づいて刺激周波数を決定した。他動運動は自動制御付き他動運動装置を用いて運動間隔7秒で右示指伸展運動を行った。脳波は0.08-300 Hzのfilter、1000 Hzのサンプリング周波数で記録し、C3から記録されたデータを解析対象とした。被験者ごとに13-30 Hzの範囲で $\beta$ ERSが最も強く観察された3 Hzに絞ってTemporal Spectral Evolutionを行い、他動運動開始前500~100 msのベースラインに対する相対値を算出した。

#### 【結果】

刺激前は14名中13名で $\beta$ ERSが観察され、実刺激後では10名が $\beta$ ERSの増強を認めた。ベースラインに対して実刺激前の $\beta$ ERSは $30.8 \pm 24.9\%$ 、刺激後は $38.6 \pm 22.3\%$ 、偽刺激前は $33.0 \pm 19.6\%$ 、刺激後は $28.9 \pm 20.6\%$ の増大を示した。tACSの刺激周波数の最大値は29 Hz、最小値は15 Hzであった。時間と条件を要因とした二元配置分散分析の結果、有意な交互作用を認め( $p < 0.01$ )、実刺激条件では刺激後に有意な $\beta$ ERSの増強を認めた( $p = 0.03$ )。また、偽刺激条件と比較して実刺激条件では刺激後の $\beta$ ERSが有意に大きいことが示された( $p < 0.01$ )。

#### 【考察】

本研究により個人の脳律動に合わせたtACSは $\beta$ ERSを増強することが示された。本研究では、固定したtACS刺激周波数との比較は行っていないため、今後検討を行う予定である。

#### 【結語】

個人の脳律動を標的としたtACSは他動運動時の $\beta$ ERSを増強することが明らかになった。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は所属施設の倫理審査の承認を得ており(承認番号: 3-1-12), 被験者には実験内容を十分に説明し、同意を得た。

## P-03-28 ポスター3(神経生理学10)

### 補足運動野への経頭蓋直流電気刺激によるミラー活動の調整

○松浦 晃宏<sup>1)</sup>, 羽田 茉奈美<sup>2,3)</sup>, 西岡 優志<sup>2,3)</sup>, 森 大志<sup>4)</sup>

1)広島国際大学総合リハビリテーション学部

2)広島国際大学大学院医療・福祉科学研究科

3)井野口病院 リハビリテーション科

4)県立広島大学大学院総合学術研究科

#### 【はじめに・目的】

生理学的ミラー活動(physiological mirror activity: pMA)は、健常対象者の一側肢活動時に生じる対側肢の意図しない活動である。pMAの神経基盤を明らかにし、pMAを調整できれば、ミラームーブメントを生じる疾患患者への介入を検討するための重要な資料となる。そこで本研究は、pMAを誘発する可能性のある領域の一つである補足運動野(SMA)の活動性を経頭蓋直流電気刺激(tDCS)によって促通性および抑制性に誘導することで、一側巧緻運動時に発現するpMAの調整が可能であるか調べた。

#### 【方法】

対象は右利き健常成人12名( $23.8 \pm 1.2$ 歳)とした。tDCSは2日に分けて実施し、同日に偽刺激(Sham 1またはSham 2)と実刺激(a-tDCSまたはc-tDCS)を実施した。刺激電極は、Czの3 cm前方に陽極(a)および陰極(c)電極を貼付した。刺激は1 mAで10分間とし、偽刺激は最初の30秒間のみ通電した。

pMAは、左手でピンチ調節運動を実施している間の左一次運動野への経頭蓋磁気刺激(TMS)によって右第一背側骨間筋から導出される運動誘発電位(MEP)の振幅により評価した。TMSは、最大ピンチ力の10%に設定された指標に対して3秒間の左ピンチ調節運動を実施する間に刺激し、MEP振幅を求めた。さらに、ピンチ力データから変動係数(CV)を算出した。

統計解析は、MEPおよびCVについて、tDCSの実偽と日を要因とする反復測定分散分析および対応のある2群の差の検定を実施した。有意水準は5%とした。

#### 【結果】

MEP振幅は、実偽と日の間に有意な交互作用があり( $p < 0.01$ )、a-tDCS時は、Sham 1より大きく( $p = 0.05$ )、c-tDCSは、Sham 2より小さかった( $p = 0.03$ )。CVにも有意な交互作用があり( $p = 0.02$ )、単純主効果は、a-tDCS時がSham 1より有意に増大した( $p = 0.02$ )。c-tDCSはSham 2より減少する傾向にあるが有意差はなかった( $p = 0.07$ )。

#### 【考察】

SMAに対する促通性のa-tDCSは、左のピンチ運動調整による右手のpMAを増強させ、抑制性のc-tDCSはpMAを減弱させることが示された。tDCSによるSMAの活動調整により、ピンチ運動と同側一次運動野の興奮性が変化することは、pMAがSMAを介して誘発されることを示唆する。さらにSMA活動の増加は、ピンチ運動の調節に悪影響を及ぼす可能性がある。

#### 【結語】

pMAはSMAを介して発現する可能性があり、SMAへのtDCSにより調整できることが示された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号: 倫 23-025)。また対象者には事前に書面及び口頭にて研究の趣旨を説明し、書面で同意を得た。

**P-03-29 ポスター3(神経生理学10)**

一次運動野への経頭蓋ランダムノイズ刺激はgatingを変化させない

○工藤 哲史<sup>1)</sup>, 松田 裕弥<sup>2)</sup>, 赤岩 真悠<sup>2)</sup>,  
 黒川 凌<sup>2)</sup>, 菅原 靖<sup>2)</sup>, 小菅 凜<sup>2)</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)柏葉脳神経外科病院 リハビリテーション科  
 2)札幌医科大学大学院 保健医療学研究科  
 3)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  
 4)北海道文教大学 医療保健科学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻  
 5)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

【はじめに・目的】

経頭蓋ランダムノイズ刺激(tRNS)は非侵襲的脳刺激法の一つであり、実施後に皮質興奮性を高めることが報告されている。随意運動中に同側の末梢神経を刺激し体性感覚誘発電位(SEP)を記録すると、安静時よりもSEP振幅値が減少するgatingが生じる。随意運動中のgatingは一次運動野(M1)からの遠心性インパルスが末梢からの求心性インパルスを抑制して生じるが、tRNSによりM1興奮性を変調させた際のgatingへの影響は明らかでない。本研究の目的はtRNSによるM1興奮性の変調がgatingに与える影響を調査することとした。

【方法】

対象は右利き健常成人15名とした。運動課題に先立ち、右短母指外転筋(APB)の最大等尺性収縮の筋電図(EMG)を計測し100%EMGを算出した。運動課題は20%EMGの右APB等尺性収縮とし、tRNS前の①右上肢安静、②右APB収縮、tRNS後の③右上肢安静、④右APB収縮の4条件とした。tRNSの電極は国際10-20法に基づきC3上と、右眼窩上部に貼付し、電極サイズは5 cm×5 cm、刺激強度は1 mA、刺激周波数は0.1-640 Hz、刺激時間を15分間とした。SEPはFzとC3' (C3の2 cm後方) 上に貼付した記録電極から、0.1-100 Hzのフィルタと1000 Hzのサンプリング周波数で記録した。導出した脳波を加算平均し、条件ごとにFzのP14/N30、C3'のP14/N20、N20/P25、P25/N33、N33/P45の振幅値をpeak to peakにて算出した。統計解析は各波形成分の振幅値に関して運動課題(安静、右APB収縮)と時間(tRNS前後)を要因とした二元配置反復測定分散分析を行った。有意水準は5%とした。

【結果】

C3'のP14/N20とN20/P25、N33/P45はいずれも交互作用と主効果を認めなかった。FzのP14/N30とC3'のP25/N33は安静時より右APB収縮時に有意に振幅値が小さかったが( $p<0.01$ )、交互作用や時間の主効果は認めなかった。

【考察】

FzのP14/N30とC3'のP25/N33では右APB収縮時にSEP振幅が減少したが、tRNS前後でSEP振幅に変化は生じなかっただ。随意運動中のSEP振幅の減少にはM1興奮性が関連するが(Sugawara et al. 2016)、tRNSによってM1興奮性を変化させてもSEP振幅の減少を増強させなかっただ。以上のことから、tRNSによる皮質変化はgatingには直接作用しない可能性が示唆された。

【結語】

M1へのtRNSはgatingを変化させない。

【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:3-1-12)。対象者には事前に書面及び口頭にて研究内容を説明し、自由意志のもと書面で同意を得た。

**P-03-30 ポスター3(神経生理学10)**

一次運動野への経頭蓋直流電気刺激がピンチ運動で生じる生理学的ミラー活動に与える影響

○羽田 茉奈美<sup>1,2)</sup>, 西岡 優志<sup>1,2)</sup>, 河野 倫奈<sup>1)</sup>, 古株 竜也<sup>1)</sup>, 松浦 覧宏<sup>3)</sup>

1)広島国際大学大学院 医療・福祉科学研究科

2)井野口病院 リハビリテーション科

3)広島国際大学 総合リハビリテーション学部

【目的】健常者において一側の複雑な随意運動時に対側の筋の不随意運動が出現することがあり、生理学的ミラー活動(physiological mirror activity; pMA)と呼ばれる。pMAは運動を実施する一次運動野(M1)の興奮性が反対側へ伝達することで生じる可能性が示唆されている(Carson RG, 2005)。しかし、M1の興奮性を変化させてpMAの変化を確認した研究はない。本研究では、経頭蓋直流電気刺激(Transcranial direct current stimulation; tDCS)によるM1の神経活動の変調が経頭蓋磁気刺激(Transcranial magnetic stimulation; TMS)で誘発する健常成人のpMAを変化させるか明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は右利きの健常成人12名( $23.5\pm1.2$ 歳)とした。座位にて両上肢を安静にし、左M1へのTMSにより、右手からベースラインにおける運動誘発電位(Motor Evoked Potential; MEP)を記録した。その後右M1へtDCSを1mAで20分間実施した。tDCSはSham、陽極刺激(Anode)、陰極刺激(Cathode)の3条件をランダムに実施した。刺激後、左手で10%MVCを3秒間維持するピンチ運動を行い、その間に右手よりMEPを記録した。ピンチ運動時のMEPはベースライン時のMEPで正規化しpMAの指標とした。行動評価としてtDCS後に手指の巧緻性を評価するPurdue Pegboard Test(PPT)の組み立て課題を右手で実施した。また、ピンチ運動中の筋出力を測定し変動係数を算出した。統計解析はMEP振幅、PPT、ピンチ運動の変動係数それぞれについて刺激条件(Sham, Anode, Cathode)の要因に対して反復測定分散分析を実施した。有意水準は5%とした。

【結果】MEP振幅は、Sham刺激と比較しAnode刺激で有意に減少し( $p < 0.01$ )、その他の刺激条件間では有意差を認めなかっただ。PPTとピンチ運動の変動係数は、いずれも有意差を認めなかっただ。

【考察】Anode刺激でのMEP振幅の減少は、Anode刺激により右M1周辺の膜電位が興奮性に誘導され、巧緻運動を実施するための神経活動が減少した結果、反対側M1への神経活動も減少したため生じたと考えられた。また、M1へのtDCSは巧緻運動に影響しなかったことから、刺激効果は実際の運動を変化させるには不十分であった可能性がある。

【結語】巧緻運動を実行するM1へのAnode刺激でpMAが抑制できる可能性が示唆された。

【倫理的配慮・説明と同意】研究は、所属施設の人を対象とする医学系研究倫理委員会の承認を得た。また、対象者に対して本研究の趣旨を説明し同意を得て実施した。

### P-03-31 ポスター3(生体評価学2)

超音波画像による下腿の筋組織構造及び骨格筋量などの体組成と下腿最大周径との関連

○村林 克宣<sup>1,2)</sup>, 田中 勇治<sup>1)</sup>, 野村 知宏<sup>1)</sup>,  
佐藤 洋一郎<sup>1)</sup>

1) 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

2) 医療法人済仁会 札幌済仁会リハビリテーション病院

**【はじめに・目的】** 下腿最大周径は下腿の筋量を簡便に評価でき、血液生化学検査、栄養評価とも関係があると報告があり (Cena.H et al, 2008)、下腿最大周径の計測結果は幅広い解釈ができる。本研究は、下腿最大周径が超音波画像で観察した下腿筋構造及び体組成指標とどのように関連しているかを検討することで、下腿筋の構造的な特徴を明らかにし下腿最大周径計測の解釈の幅をさらに広げることを目的とした。**【方法】** 健常成人24人の右下肢を対象とした。対象の下腿最大周径は、下腿長（腓骨頭下端～外果上端）における腓骨頭下端から26%の位置（森上ら、2011）で計測した。下腿筋構造は超音波画像診断装置（フクダ電子：UF-400AX）を使用し、前脛骨筋（TA）、長趾伸筋（EDL）、長腓骨筋（FL）、腓腹筋外側頭（LGS）と内側頭（MGS）、ヒラメ筋の外側部（LSL）と内側部（MSL）を撮像し、画像解析ソフトを用いて各筋の筋厚、羽状角、筋線維長、線維長の体格補正值（%FLH：筋線維長/身長(m)<sup>2</sup> 森上ら、2011）を算出した。また、体組成指標は体組成計（伊藤超短波：In body）を用いて、体脂肪率、骨格筋量、右下肢筋肉量、骨格筋指数（SMI）を計測した。各計測値において下腿最大周径との関係についてピアソンの積率相関係数を用いて検討し、有意水準は5%とした。**【結果】** 下腿最大周径は、下腿筋構造ではFL以外の筋厚、TA及びMSLの羽状角と有意な正の相関が、体組成指標では骨格筋量、右下肢筋肉量、SMIと有意な正の相関がみられた。また、下腿筋構造と体組成指標（骨格筋量、SMI、右下肢筋肉量）では、TA、EDL、LGS、MGS、MSLの筋厚、TA、MSLの羽状角に正の相関がみられ、TA、EDL、FL、LSL、MSLの%FLHに負の相関がみられた。**【考察】** 下腿最大周径において、筋厚はFLのみ有意な相関がなく、FLのみ下腿周径からは解剖学的な特徴を把握することができないことが分かった。TAとMSLにおいては筋厚と羽状角の両方で有意な相関がみられたことから、この2つの筋では生理学的横断面積の影響も反映している可能性が示唆された。また、下腿周最大径は右下肢及び全身の骨格筋量も反映していることが示された。一方で%FLHは下腿最大周径とは有意な相関がみられなかったのにもかかわらず、体組成指標と負の関係にあったことから、下腿最大周径には反映されない筋の組織構造的な特徴があることが示唆された。**【結語】** 下腿最大周径は、筋力と関連が深い生理学的横断面積において、TAとMSLを反映している可能性が示唆された。**【倫理的配慮・説明と同意】** 本研究は所属施設の倫理審査会の承認（承認番号:721号）後に実施し、研究協力者には計測開始前に書面にて研究の目的や方法を説明し、本人の自由意志のもと同意書に署名をいただいた。

### P-03-32 ポスター3(生体評価学2)

体表からの膝蓋骨高低位評価における検者内および検者間信頼性について

○川西 萌, 藤川 興太, 植松 大雅, 島本 大輔  
医療法人社団 西宮回生病院 リハビリテーション科

#### 【はじめに】

これまで、膝蓋骨高低位と膝関節疾患に対する機能障害の関与が報告されており、膝蓋骨高低位評価に放射線学的画像評価が用いられることが一般的である。しかし、理学療法士にとって放射線学的画像評価を実施することは容易ではない。近年、膝蓋骨高低位評価を、体表上から測定することが報告されているが、その再現性については検討されていない。そこで、本研究の目的を、体表上からの膝蓋骨高低計測の検者内・検者間信頼性を検討することとした。

#### 【方法】

対象は、健常者10名（男性7名、女性3名、平均年齢 $30.8 \pm 9.6$ 歳）の計20膝とし、検者は当院理学療法士3名（経験年数：約1・5・10年目）とした。計測肢位は解剖学的肢位とし、膝蓋骨軸長と膝蓋腱長を、体表上からメジャーで測定した。また、1膝に対し各3回ずつ測定した。統計学的分析は級内相関係数（Intraclass correlation coefficients：以下、ICC）を用い、0.9以上を優秀（great）、0.8以上を良好（good）、0.7以上を普通（fair）、0.6以上を可能（possible）、0.6未満を要再考（re-work）とする評価基準を用いた。

#### 【結果】

検者内信頼性は、1年目0.958（0.915-0.982）、5年目0.988（0.975-0.995）、10年目0.949（0.897-0.978）で、3名全てにおいてICC>0.9と優秀な結果であった。検者間信頼性は、測定1・2・3回目全てにおいてICC<0.6と要再考（re-work）が必要という結果であった。

#### 【考察】

本研究の結果では、検者内信頼性については非常に高かったものの、検者間信頼性については非常に低い結果となった。

検者間で触診時のランドマークが異なる可能性が考えられた。膝蓋腱の脛骨側付着部については、腱の深度や付着部面積の広さ、大腿骨に対する脛骨回旋偏位が、検者間でのランドマークの不一致を招いた可能性が考えられる。

先行研究では、膝蓋腱およびその付着部の形態的個体差があることが報告されており、膝蓋腱およびその付着部の触診は正確性かつ個体差を捉える高い触診技術が必要とされる可能性が考えられた。さらに、測定数値を1.0mm単位としたため、より触診の難易度を増加させた可能性も考えられる。

#### 【結論】

本研究より、体表からの膝蓋骨高低位評価は、理学療法士個人での指標としては用いることが可能と考えられるが、理学療法士間での比較には適さない可能性が示唆された。

**【倫理的配慮・説明と同意】** 対象者にはヘルシンキ宣言に基づき、本研究の趣旨を説明し、参加の承諾を得た。また、本研究は西宮回生病院倫理委員会による承認を得た上で実施した。（第83号）

### P-03-33 ポスター3(生体評価学2)

#### 「理学療法士による膝関節回旋アライメント評価の信頼性について」

#### ～Q角・膝関節外旋アライメントスクリーニング検査での検討～

○藤川 興太、島本 大輔、川西 萌、植松 大雅

西宮回生病院 リハビリテーション部

##### 【はじめに・目的】

我々は、膝関節外旋アライメント評価として、Q角計測と膝関節外旋アライメントのスクリーニング検査(KERA)を用いている。しかし、Q角計測の信頼性・妥当性については未検討である。そこで、本研究の目的を、Q角計測の信頼性を検討するとともに、2つの評価方法の相関関係について検討することとした。

##### 【方法】

対象は健常成人10名の両下肢20膝（男性7名、女性3名、平均年齢30.8±9.6歳）とし、検者は3名（経験年数1年目、5年目、10年目）とした。Q角計測は体表からゴニオメーターを用いて上前腸骨棘と膝蓋骨中央を結ぶ線と膝蓋腱のなす角度を各肢3回ずつ計測した。KERAは参考文献を参考に膝蓋骨側面の接線と脛骨粗面の位置関係で判断した。膝蓋骨の幅を延長した2本の垂線内に脛骨粗面が収まればgrade0、外側の垂線に脛骨粗面が接する場合はgrade1、垂線を脛骨粗面が乗り上げている場合はgrade2、垂線を超えている場合はgrade3とした。信頼性は、検者内および検者間の級内相関係数を算出して判断した。Q角とKERAの相関関係は、スピアマンの順位相関を用いて判断した。有意水準は5%とした。

##### 【結果】

Q角の検者内級内相関係数は1年目0.90 (95%CI: 0.81-0.95)、5年目0.99 (95%CI: 0.98-0.99)、10年目0.87 (95%CI: 0.76-0.94)で、検者内での再現性は高かった。検者間級内相関係数は全体で0.29 (95%CI: 0.01-0.59)、1-5年目間0.50 (95%CI: 0.10-0.76)、5-10年目間0.22 (95%CI: -0.11-0.56)、1-10年目間0.28 (95%CI: -0.10-0.65)で、検者間での再現性は低かった。

Q角とKERAの相関係数は $r=0.81$ 、 $p<0.001$  (1年目 $r=0.82$ 、 $p<0.001$ 、5年目 $r=0.35$ 、 $p=0.12$ 、10年目 $r=0.56$ 、 $p=0.01$ )で強い正の相関関係を認めた。

##### 【考察】

本研究により、Q角とKERAの相関関係を認めたが、検者間の級内相関係数は低く、難易度の高い理学療法評価であることが示唆された。ランドマークである膝蓋骨中央や膝蓋腱を正確に捉える触診技術の難易度が高いことが要因として考えられた。先行研究によると膝蓋大腿関節アライメントの個人差や膝蓋骨及び膝蓋腱の形態学的な個人差のばらつきが大きいことが報告されている。本研究では被験者のランドマークのばらつきに応じた正確な触診技術の有無が結果に影響した可能性が考えられる。

##### 【結語】

当院におけるQ角計測の検者間での再現性は低かったが、Q角・KERAは強い相関関係を認めた ( $p<0.001$ )。触診技術を必要とする評価方法ではあるが、触診技術を身につければ膝関節回旋評価として用いることが可能であると考える。

##### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した（承認番号：83号）。また研究協力者には事前に口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと同意を得た。

### P-03-34 ポスター3(生体評価学2)

#### 筋骨格解析モデルを用いた側弯症アライメントの検者間再現性に関する検証

○半田 健祐、菊池 俊彦、徳永 由太、久保 宗平  
株式会社テラバイト

##### 【目的】

側弯症患者の脊柱間で生じている力学的な事象を理解することは理学療法士にとって重要である。しかし、脊柱間の力学的情報を計測することは技術的・倫理的に困難である。代替手法として、ヒトの筋骨格系を数理モデル化した筋骨格モデル解析を用いることで、脊柱内部の力学的事象を非侵襲的に推定するアプローチが考えられる。近年、側弯症の脊柱アライメントを再現することのできる筋骨格モデルが開発・公開されてきているが、筋骨格モデルを用いた脊柱側弯症患者の脊柱アライメントを表現に検者間再現性があるのかについては、検証されていない。そこで本研究では側弯症のX線画像所見を基に筋骨格モデルに側弯症のアライメントを再現した場合における検者間再現性を確認することを目的とした。

##### 【方法】

Shayestehpourら (2021) が開発・公開した、脊柱の有する全ての運動学的自由度を可変可能な胸郭詳細モデルを用いて、X線画像のアライメントを再現する操作を行った際の検者間再現性を検証した。検証には、筋骨格モデル解析用ソフトウェア AnyBody Modeling System v7.4.4 を使用した。X線画像は、思春期特発性側弯症の患者に対して選択的腰椎固定術を行う前後の2枚のX線画像を使用した。検者は、AnyBody Modeling Systemに同時描画された筋骨格モデルとX線画像を目視にて比較しながら、筋骨格モデルの各椎間関節の角度を入力することで可能な限りX線画像と同一のアライメントを再現するように指示された。なお、検者は3名とし、全ての検者は5年以上の筋骨格モデル解析に従事した経験を有していた。検者が再現を試みた脊柱アライメントにおける脊椎椎体角度と基準データとしてX線画像から算出された各椎体角度の比較を行い、(1)基準データを基準とした際の絶対偏差、(2)基準データとの相関係数、の2つを評価指標として検者間再現性の評価を行った。

##### 【結果】

選択的腰椎固定術前のX線画像との絶対偏差は、検者1で0-12°、検者2で0-27°、検者3で0-15°であった。相関係数は、検者1で0.90、検者2で0.45、検者3で0.78であった。選択的腰椎固定術後のX線画像との絶対偏差は、検者1では0-5°、検者2では0-10°、検者3では0-7°になった。相関係数は、検者1で0.90、検者2で0.53、検者3で0.75であった。

##### 【考察】

本研究の結果より、1) アライメントの再現において最大で27°の差異が生じること、2) 再現されたアライメントは中等度から高い相関係数を示していたこと、の2点が明らかとなった。このことは、再現されたアライメントの角度には検者間で大きな差異が生じうるが、側弯の傾向を中等度以上の精度で再現できる可能性を示していると考えられる。

##### 【結語】

X線画像を基に筋骨格モデルで再現されたアライメントの角度には検者間で大きな差異が生じうるが、側弯の傾向を中等度以上の精度で再現できる可能性がある。

##### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は、ヘルシンキ宣言に則り実施された。なお、本研究で使用したデータは全て論文等で公開されており、倫理委員会の承認が必要な事項は存在しない。

### P-03-35 ポスター3(生体評価学2)

#### 超音波診断装置の感度設定の相違による筋輝度と筋内脂肪含有率との相関

○吉田 健人<sup>1,2)</sup>, 三秋 泰一<sup>3)</sup>, 松井 伸公<sup>1)</sup>,  
内山 圭太<sup>1)</sup>, 相馬 夏月<sup>1)</sup>

1)金沢赤十字病院 リハビリテーション科

2)金沢大学大学院 医薬保健学総合研究科

3)金沢大学 医薬保健研究域保健学系

#### 【はじめに・目的】

近年では超音波診断装置の進歩により筋の反射強度(筋輝度)や筋厚を計測することで、筋を量的・質的に評価することが可能であるという報告がある。また超音波診断装置はリハビリテーション領域において普及が進み、非侵襲的で定量的かつ簡便であるため骨、筋腱、韌帯など様々な組織を画像に起こして可視化して評価することに用いられている。しかし超音波診断装置によって算出される筋輝度は異なるとされ測定時は感度設定を統一する必要があるが、感度設定について詳細に報告した研究はない。そこで本研究の目的は、超音波診断装置の画像から得られる筋輝度とMRI画像から算出される筋内脂肪含有率を用いて、筋輝度の設定感度による違いを検討することである。

#### 【方法】

対象は19~64歳の健常成人20名(男性12名、女性8名)とした。筋輝度および筋内脂肪含有率は、安静仰臥位にした被験者を利き脚の大転子から大腿骨外側上顆における25%、50%、75%の位置で画像解析ソフトImageJを用いて算出した。対象筋は、大腿直筋(RF)と中間広筋(VI)とした。筋輝度の測定は、5つの異なる超音波感度(52%、61%、70%、82%、91%)を行った。得られた筋輝度からYoungらによる補正式を用いて修正筋輝度(以下、修正輝度)を算出した。統計処理はExcelを用いて行った。筋輝度と筋内脂肪含有率とのピアソンの相関係数を全データおよび男女別に算出した。

#### 【結果】

全データでの修正輝度と筋内脂肪含有率の相関は、25%位置の大腿直筋でのみすべての感度設定で中等度の有意な相関を示した。男女別では、男性において25%位置のRFとVIのすべての感度設定において有意に高い相関を示した。女性ではRFとVIのいずれについても、どの測定位置および感度設定において有意な相関を示さなかった。

#### 【考察】

男性における25%領域での測定位置が好ましく、どの感度でもRFにおける相関係数が $r=0.77\sim0.78$ 、VIにおける相関係数が $r=0.72\sim0.79$ であった。このことから男性における筋輝度測定では任意の感度設定で可能であることが示唆された。しかし、女性では相関がみられなかった。また、筋輝度の筋別・性別のバラつきは線維組織・脂肪組織の含有量および分布によるものとされている。これらのことから、筋輝度を用いた研究を行うときは性別を考慮すべきであることが示唆された。

#### 【結語】

筋輝度の超音波診断装置の感度の違いによる影響を検討した結果、男性は25%位置であれば感度設定にかかわらず測定可能であるが、女性の筋輝度の算出にあたってはさらなる検討が必要である。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は所属施設の倫理審査委員会の承認(承認番号:111111)を得て行い、本研究の主旨と内容を被験者に十分説明したうえで書面にて同意を得た。

### P-03-36 ポスター3(神経生理学11)

#### stiff knee gaitを呈する変形性膝関節症患者の筋シナジーパターンの特徴

○遠藤 直人<sup>1,2)</sup>, 青山 敏之<sup>3)</sup>, 山本 哲<sup>3)</sup>, 石橋 清成<sup>4)</sup>,  
石井 大典<sup>5)</sup>, 藤田 悠介<sup>2)</sup>, 石井 翔<sup>2)</sup>, 石塚 直樹<sup>2)</sup>,  
河野 豊<sup>6)</sup>

1)茨城県立医療大学大学院 保健医療科学研究科

2)医療法人月仁会ゆめみ野クリニック整形外科

3)茨城県立医療大学 保健医療学部 理学療法学科

4)茨城県立医療大学付属病院 リハビリテーション部 理学療法科

5)茨城県立医療大学 保健医療学部 作業療法学科

6)茨城県立医療大学 医科学センター

#### 【はじめに・目的】

変形性膝関節症(膝OA)患者の歩行にみられるstiff knee gait(SKG)は、変形の進行や将来的な手術リスクを高める。SKGと個々の筋活動との関連について報告されているもの、下肢全体の筋活動パターンとの関連は十分に明らかにされていない。このような下肢全体の神経筋制御機構を評価する手法として筋シナジー解析が挙げられる。本研究では、筋シナジー解析を用いてSKGを呈する膝OA患者の神経筋制御機構の特徴を明らかにすることを目的とした。

#### 【方法】

外来理学療法を受けている膝OA患者21名( $75.6 \pm 6.0$ 歳)を対象とした。5mの歩行路の快適速度歩行をハイスピードカメラで撮影し、姿勢推定ライブラリOpenposeを用いて膝関節角度を算出した。また、ワイヤレス筋電図を用いて下肢8筋の筋活動を記録し、非負値行列因子分解により筋シナジーの時空間的パターンを抽出した。抽出された全被験者の運動モジュールについて、階層的クラスタリング法を用いて分類した。歩行中の膝屈曲伸展範囲が $50^\circ$ 未満のものをSKG(+)群、 $50^\circ$ 以上をSKG(-)群とし、2群の筋シナジーを比較した。

#### 【結果】

SKG(+)群は9名、SKG(-)群は12名であった。モジュール数は、SKG(+)群( $2.1 \pm 0.8$ )とSKG(-)群( $2.2 \pm 0.6$ )に有意差は認められなかった。SKGの有無に関わらず、大腿四頭筋を主体とした立脚前半に活動するモジュールとハムストリングを主体とした遊脚後半に活動するモジュールの結合が認められた。SKG(+)群では、遊脚前半の振り出しに作用する大腿直筋の高い重みづけを有するモジュールが消失し、ハムストリングスの重みづけが高いモジュールが9名中6名(66.7%)にみられた。

#### 【考察】

立脚前半と遊脚後半に活動する筋シナジーの結合がSKGの有無に関わらず認められたことは、この現象がSKGと関連せず、膝OA患者と共に通するシナジーの変化であることを示唆する。遊脚前半における、大腿直筋の重みづけが高いモジュールの消失と、ハムストリングスの重みづけが高いモジュールの発現がSKGに関連する可能性がある。

#### 【結語】

本研究により、SKGを呈する膝OA患者の神経筋制御機構の特徴として、遊脚前半の振り出しに関わるモジュールが変化することが明らかとなった。この知見は、SKGの予防や理学療法の改善に寄与する可能性がある。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は、所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:1038)。研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

**P-03-37 ポスター3(神経生理学11)**

**筋・腱構造が関節運動時の神経筋活動に及ぼす影響の解明**

○野木 康陽<sup>1)</sup>, 国分 貴徳<sup>1,2)</sup>

1)埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科

2)埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学科 理学療法学科

**【はじめに・目的】**

筋は紡錘状・羽状筋などの様々な構造を有している。これは筋によって発揮力や速度、持久力等、付着位置によって担う役割が異なるためである。しかし実際の筋活動のパフォーマンスを左右する運動単位活動が筋構造的差異と如何なる関係性を有しているのかは未解明である。本研究の目的は構造の異なる筋において神経筋制御の違いを筋活動電位および筋線維動態から解明することである。

**【方法】**

成人男性3名を被験者とし、高密度表面筋電図、BIODEX、超音波診断装置を用いて腓腹筋内側頭と前脛骨筋(MGAS/TA)を計測した。目標トルクは10/25%MVC、可動域を底屈20度～背屈10度とした。各目標トルクにおいて、可動域を5度間隔で等尺性収縮、関節角速度が毎秒5/10度の等速・等張性収縮を計測した。トルクは視覚的フィードバックによって一定に保持させた。解析は最大ベンネーション角(P-Angle)、筋線維長変化量(delt-L)、MU活動頻度(MDR)、活動増減率(Slope)を算出した。統計はP-Angle、delt-L、MDRにおいて、目標トルク内で一元配置分散分析、Slopeは、角速度と収縮様式を要因とし二元配置分散分析を行い、その後多重比較を実施した。有意水準は5%未満とした。

**【結果】**

等尺性収縮では、TAのdelt-Lは底屈位より背屈位が長い傾向を示したが、MDRは関節角度の違いにより一部で有意な差はあったものの、同様の傾向はなかった。一方MGASのP-Angleは底屈位より背屈位が有意に小さい傾向を示し、MDRも有意に減少した。等速・等張性収縮では、TAのSlopeは速度上昇に伴い有意に増大する傾向を示したが、MGASではその傾向は見られなかった。

**【考察】**

MGASは羽状筋でアキレス腱を持つため、底屈で筋・腱が短縮、P-Angleが増大することで全張力が低下する。よって底屈では腱による受動張力は少なく、筋による活動張力に依存するため、神経筋活動が増加したことが考えられる。一方背屈では筋・腱が伸張され静止張力が増大し、受動的かつ効率的な神経制御を実行することが示唆された。また等速・等張性収縮では、Slopeが収縮速度上昇に伴う有意な減少より、速度上昇による腱の受動張力増加を利用した神経筋活動変化を減少させる制御を実行したことが考えられる。一方TAは、大きな腱のない紡錘状筋であるため、速度上昇に伴い神経筋活動を増加させる制御を行ったことを示唆した。以上より、神経筋制御は腱による受動張力に加え、筋長変化に基づき調節されることが明らかとなった。またこの制御は関節運動時においても実行されることが示唆された。

**【結語】**

生体内での筋構造や腱組織の大きさが神経筋制御に影響を与える可能性を示唆した。

**【倫理的配慮・説明と同意】**

所属施設の倫理審査委員会(承認番号:21516)の承認を得て実施

**P-03-38 ポスター3(神経生理学11)**

**複雑な指運動課題における韌帯・腱の作用を利用した運動様式の検討**

○伊藤 貴紀<sup>1)</sup>, 伊藤 実央<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 博士研究員

2)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

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

**【はじめに・目的】**

ヒトは筋・韌帯・腱などから構成される関節を自由自在に制御し、細やかな手の運動を実行する。側副韌帯にはMP関節が屈曲すると外転運動を制動する作用があり、指屈筋腱には伸張されると受動的にMP関節を屈曲させる作用がある。我々はこれまで単純な指運動課題において、側副韌帯の制動作業や指屈筋腱の受動作業を用いた関節運動の組み合わせ(=指示MP関節屈曲位での外転運動)を選択する運動様式により、指先軌道が安定し、指屈筋の収縮作用が減少することを報告してきた。しかし、この運動様式は、日常的な手の動作のような複雑な運動課題にも存在するのかは明らかでない。本研究の目的は、複雑な指運動課題において韌帯や腱の作用を含むした運動様式が実行されるかを検討することである。

**【方法】**

健常成人18名を対象とし、単純な指運動課題(タッピング)と複雑な指運動課題(タイピング)を行った。タッピングではキーボードのテンキーの7と9を右手の示指で交互に一定の速度で30秒間入力した。タイピングでは1,000字の文章をできるだけ速く正確に入力した。三次元動作解析と表面筋電計を用いて、各課題の右手の運動と浅指屈筋・総指伸筋の筋活動を記録した。各課題における筋の収縮作用の違いを評価するために、各筋の筋活動の平均値を対応のあるt検定を用いて比較した(有意水準  $p < 0.05$ )。また、各課題における関節運動の組み合わせの類似性を評価するために、指示MP関節屈曲/伸展、外転/内転角度を平面座標にプロットし、原点からのユークリッド距離を基にコサイン類似度を算出した。

**【結果】**

浅指屈筋及び総指伸筋の筋活動の平均値は各課題間で有意差を認めなかった( $p = 0.07, 0.07$ )。MP関節屈曲・外転運動の組み合わせは各課題間で類似していた(コサイン類似度 = 0.90)。

**【考察】**

ヒトは単純な運動を繰り返して複雑な身体運動を実現する。複雑さの異なる指運動課題を比較した結果、筋の収縮作用に差はなく、MP関節屈曲・外転運動の組み合わせは類似していた。すなわち、複雑な指運動課題は単純な指運動課題と同様に、MP関節屈曲位での外転運動により、指屈筋の活動を最適化していた。したがって、韌帯の制動作業や腱の受動作業による運動様式は複雑な指運動課題においても存在し、速く正確な手指運動の実行や筋の収縮作用の補助を実現していることが示唆された。

**【結語】**

韌帯や腱の作用を用いた運動様式は、タイピングのような複雑な指運動課題の実行や筋の収縮作用の減少に寄与することが示された。この運動様式は、手の巧緻運動の学習に対する理学療法に活用できる可能性を有している。

**【倫理的配慮・説明と同意】**

所属施設倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:21,518)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、書面で同意を得た。

## P-03-39 ポスター3(神経生理学11)

### 腰部痛を呈した脊椎圧迫骨折患者に対するTENSの効果

○徳永 慎也<sup>1)</sup>, 中川原 勇太郎<sup>1)</sup>, 木山 良二<sup>2)</sup>,  
 川路 幸仁<sup>3)</sup>, 川平 和美<sup>4)</sup>  
 1)医療法人玉昌会 加治木温泉病院 総合リハビリテーションセンター  
 2)鹿児島大学 医歯学域医学系 医学部 保健学科  
 3)医療法人玉昌会 加治木温泉病院 整形外科  
 4)促通反復療法研究所 川平先端リハラボ

#### 【初めに】

脊椎圧迫骨折患者の1/3は疼痛を伴うとされており、臨床場面では疼痛によって十分な負荷の運動療法を提供できないことが多い。その為、可能な限り早期に疼痛緩和を図ることが必要と考える。経皮的電気刺激(TENS)は除痛を目的に広く使われており、脊椎圧迫骨折患者にも有効と考えられるが報告が少ない。本研究ではTENSを用いた治療介入が疼痛除去や体幹筋力、歩行能力向上に効果があるか検討した。

#### 【症例紹介】

対象は、第1腰椎圧迫骨折を受傷しリハビリ目的で当院入院となった80歳代女性とした。入院前のADLは自立しており、屋内移動は独歩自立、屋外移動はハッピー型歩行車を使用し自立していた。入院36日後にリハ室での運動療法を開始した。

#### 【方法】

ABAB法でTENSを併用した治療を行い、疼痛や体幹筋力、歩行能力への影響を検証した。検証期間は入院後45日～86日であった。A期とB期は2週間ずつ(B2期のみ1週間)とし、A期は脊柱起立筋や中殿筋に対する筋力増強運動や促通反復訓練、歩行練習を行った。B期ではA期の治療内容にTNESを併用した。TENSは受傷部位の皮膚分節と中殿筋を刺激した。A1期の開始日及び各期の最終日にVAS、JOAスコア、股関節外転・膝関節伸展・体幹回旋筋力、歩行速度、2MWT、TUGを測定し、各指標の経時的变化を検討した。

#### 【結果】

VASはA1期～A2期で1.5cm→0cmへ改善し、JOAスコアはA1期～B2期で6点向上した。体幹回旋筋力はA1期で右回旋が12.5kg、左回旋が12.6kgであり、B1期の終了時には右回旋2kg、左回旋2.1kg向上し、B1期での改善が大きかった。股関節外転筋力は検証期間を通じて明確な変化を認めなかった。歩行は、A1期から前腕支持型歩行車を用い監視下で可能であった。A2期からはハッピー型歩行車で歩行自立し、独歩による歩行練習を開始した。歩行速度はA1期に0.87 m/s→0.80 m/sとなり、B1期終了時に0.95m/sへ改善した。それ以降は変化を認めなかった。2MWTには明確な変化を認めなかった。TUGはA1期では20.0 s→20.4sと変化なく、B1期の終了時には17.6 sへ改善したが、その後は明確な変化を認めなかった。入院78日後に入院前の歩行手段を獲得し退院となった。

#### 【考察】

報告は少ないが、TENSは腰椎圧迫骨折患者でも疼痛軽減効果が期待できることが指摘されている。本症例でも疼痛の軽減が観察されたが、その改善はA1期とB1期とも同程度であり、TENSによる効果を明確にすることはできなかった。一方で体幹回旋筋力や歩行速度についてはB1期での改善が大きかった。筋力増強運動や促通反復訓練、歩行練習にもTENSを併用したことで、筋が賦活され筋力や歩行速度向上に寄与したと考えた。

#### 【結語】

脊柱圧迫骨折患者に対するTENSは、体幹筋力や歩行能力の向上に寄与したと考えられた。しかし、疼痛に関してはTENSの有無に関わらず回復しており、今後症例を増やして検討を進めて行く必要がある。

#### 【倫理に関する記述】

本報告は当院倫理審査委員会の承認を得たものであり、本人の承諾も得ている。(承認番号:633)

## P-04-01 ポスター4(身体運動学7)

### 肩甲胸郭関節の運動の増加が肩甲上腕関節の動的安定性に与える影響

○中島 将武<sup>1,2)</sup>, 川田 将之<sup>3)</sup>, 竹下 康文<sup>3,5)</sup>,  
 宮崎 宣丞<sup>4)</sup>, 福田 将史<sup>1)</sup>, 鈴木 陸斗<sup>1)</sup>, 西川 智喜<sup>1)</sup>,  
 宇都 由貴<sup>1)</sup>, 松浦 央憲<sup>1)</sup>, 下世 大治<sup>1)</sup>, 追田 彩夏<sup>1)</sup>,  
 當房 寛丈<sup>1)</sup>, 木山 良二<sup>3)</sup>  
 1)鹿児島大学大学院保健学研究科  
 2)児玉整形外科クリニック  
 3)鹿児島大学医学部保健学科  
 4)熊本保健科学大学 保健科学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻  
 5)第一工科大学 工学部情報・AI・データサイエンス学科 スポーツサイエンス分野

#### 【はじめに・目的】

腱板損傷者は、肩甲上腕関節(GH関節)の機能低下による挙上制限を、肩甲胸郭関節(ST関節)の運動を増加させて代償する。ST関節の運動の増加は肩関節周囲筋の筋張力の変化に関連し、GH関節の動的安定性に影響を与えると考えられるが、その代償メカニズムは不明である。本研究の目的は、ST関節の運動を増加させた筋骨格モデルを用いて、肩関節外転時のGH関節の動的安定性、肩関節周囲筋の筋張力を推定し、ST関節の運動の増加による代償メカニズムを分析することとした。

#### 【方法】

対象は健常成人男性15名(平均23.5 ± 1.9歳)とし、右上肢を分析した。対象動作は肩甲骨面上での肩関節外転とし、5回実施した。8台のカメラを用いてモーションキャプチャを行い、得られた座標データを筋骨格モデルシミュレーションソフトAnyBody7.4に入力し、GH関節の関節反力と肩関節周囲筋の筋張力を推定した。GH関節の動的安定性は関節反力ベクトルと関節窓の中心との距離で定量化し、0から1で表し、値が0に近づくほど不安定とした。筋張力は肩関節周囲筋の10筋を分析対象とし、体重で除した。筋骨格モデルは健常人(正常モデル)と、腱板損傷者(上方回旋増加モデル)のST関節の運動を模擬した2モデルを作成した。2モデルの肩関節外転30°-120°における10°ごとのGH関節の動的安定性、肩関節周囲筋の筋張力を対応のあるt検定またはWilcoxonの符号付順位検定にて分析を行った。有意水準は5%とした。

#### 【結果】

GH関節の動的安定性は外転50°-110°で、上方回旋増加モデルが通常モデルに対して有意に低かった( $p < 0.05$ )。特に、外転100°で上方回旋増加モデルが0.74 ± 0.02、通常モデルが0.88 ± 0.02であり、最も安定性の低下が大きかった。筋張力では、三角筋中部線維は外転40°-100°、棘上筋・前鋸筋は外転30°-120°、僧帽筋上部線維は外転30°-90°、僧帽筋下部線維は外転100°-120°で上方回旋増加モデルが通常モデルに対して有意に大きかった( $p < 0.05$ )。

#### 【考察】

ST関節の運動の増加に伴い、GH関節の動的安定性は低下するが、その角度は有痛弧と近似する。ST関節の運動の増加は、GH関節の動的安定性よりもむしろ、疼痛回避のための代償である可能性が示唆された。ST関節の運動の増加に、三角筋中部線維や棘上筋の筋張力が寄与すると考えられる。

#### 【結語】

ST関節の運動の増加は、GH関節の動的安定性を低下させるが、疼痛を回避するために必要な代償運動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、所属機関における倫理委員会の承認を受け、研究を行った(承認番号:180113疫-改2)。対象者には事前に十分説明を行い、同意を得た。

## P-04-02 ポスター4(身体運動学7)

### 上肢への重錘負荷が端座位での両上肢拳上運動中の脊柱運動に及ぼす影響

○前田 翔梧<sup>1,2)</sup>, 井尻 朋人<sup>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)医療法人寿山会 喜馬病院

#### 【はじめに・目的】

脊椎圧迫骨折受傷後には受傷椎体の圧潰進行予防として、体幹伸展筋力強化を図る必要がある。後弯変形予防を目的とした体幹伸展筋力強化では上肢へ負荷を与えた状態での両上肢拳上運動が効果的であるとされているが、その際の脊柱運動について検討したものは渉猟した限りでは見当たらない。本研究では、端座位にて上肢へ負荷を与えた状態での両上肢拳上運動中の脊柱運動について検討した。

#### 【方法】

健常成人男性15名( $24.2 \pm 1.5$ 歳)を対象に、端座位にて両前腕遠位部に重錘を装着した状態で、肩関節屈曲 $0^\circ$ ～ $120^\circ$ の両上肢拳上運動を4秒間で実施させた。解析範囲は肩関節屈曲 $0^\circ$ ～ $90^\circ$ とし、負荷なし、1kg、2kg、4kgの計4課題を実施した。実施中には脊柱棘突起(Th1, 6, 12, L1, 3, 5)にマーカーを貼付し側方から動画を撮影、動画から肩関節屈曲 $15^\circ$ ごとの静止画を抽出した。その後、画像解析ソフトimageJを用いて、胸椎、胸腰椎移行部、腰椎の角度を算出し、負荷量の違いによる脊柱運動、肩関節屈曲角度による脊柱運動の変化について検討した。

#### 【結果】

胸椎、胸腰椎移行部、腰椎において、負荷量の違いによる脊柱運動、肩関節屈曲角度による脊柱運動に統計学的な差は見られなかった。一方で、多様な脊柱運動のパターンが確認された。胸椎は開始時から屈曲方向へ運動が生じた後、伸展方向へ運動が生じる例、開始時から伸展方向へ運動が生じる例などが見られた。胸腰椎移行部は、屈曲方向へ運動を伴う例、伸展方向への運動を伴う例などの脊柱運動パターンを示した。腰椎は、伸展方向への運動が生じたのち屈曲方向へ運動が生じ、再び伸展方向へ運動が生じる例、屈曲方向へ運動が生じたのち、伸展方向へ運動が生じる例が見られた。また、重錘負荷の有無で脊柱運動が変化する例は多く見られたが、負荷あり(1kg, 2kg, 4kg)での上肢拳上運動においては、被験者内で類似した脊柱運動パターンを示す例が多くみられた。

#### 【考察】

本研究の負荷量においては、負荷を加えることで脊柱運動に変化が生じるが、負荷量の違いが脊柱運動に及ぼす影響は少ないと考えられる。また肩関節屈曲角度による脊柱運動については、最終的には伸展方向への運動が生じる例が多く見られたが、その運動方向には多様性が見られた。本研究の課題は上肢拳上運動という動的な姿勢制御が要求される課題であり、動作中に体幹部での制御が必要となり、多様な脊柱運動パターンを示した可能性がある。

#### 【結語】

端座位にて負荷を与えた状態での両上肢拳上運動をトレーニングに応用する際は、負荷量の変化のみではなく、脊柱運動の個別性に留意する必要が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、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:23-21)の承認を得て実施した。

## P-04-03 ポスター4(身体運動学7)

### 10-15歳児の縄跳び動作における体重心制御と関節運動の特性とそれらの関連性

○川端 安耶子<sup>1)</sup>, 黒木 堯稀<sup>2)</sup>, 鞭馬 貴史<sup>3)</sup>,  
 木下 大頌<sup>1)</sup>, 熊野 陽奈<sup>1)</sup>, 萬井 太規<sup>1,2,3)</sup>

1)大分大学 福祉健康科学部 福祉健康科学科  
 2)大分大学大学院 医学系研究科 理学療法研究領域  
 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)別府発達医療センター リハビリテーション課  
 5)明野中央病院 リハビリテーション科

【はじめに・目的】縄跳び動作は、小学校体育などで多くの小児が経験する粗大運動であり、複雑な動作の発達の基礎とされる(Fels, 2008)。連続する跳躍の中で不適切な関節運動による重心制御は下肢への傷害を引き起こす可能性がある(Wright, et al.2016)。本研究の目的は、10-15歳児の縄跳び動作時の体重心制御と関節運動の特性、及びそれらの関連性を明らかにすることであった。【方法】10-15歳の定型発達児18人( $12.5 \pm 1.8$ 歳)と健常成人9人( $21.4 \pm 0.8$ 歳)を対象とした。定型発達児は、10-12歳と13-15歳の2群(9人ずつ)に分類した。3次元動作解析システムから骨ランドマークの3次元座標を取得した。また、8基の床反力計の垂直分力データを用いて1周期を規定した。縄の長さは、床から剣状突起間の距離の2倍と足の横径を足した長さに設定した。2基の床反力計上に足を平行にして立ち、左右肘関節90度屈曲位で縄を持った初期姿勢から快適速度にて50回縄跳び動作を連続した。6回目～15回目の10周期を解析対象とした。矢面上の頸部、体幹、肩関節、肘関節、股関節、膝関節、足関節の関節角度変化量と、前後体重心移動量を算出した。群間比較に一元配置分散分析を使用し、多重比較にはBonferroni法を用いた。前後体重心移動量と各関節間の相関は、群毎に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】頸部と股関節の角度変化量に群間の有意な主効果を認め、10-12歳群は他の2群と比較して頸部、股関節の角度変化量が有意に大きかった( $p < 0.05$ )。前後体重心移動量は群間に主効果を認めず、頸部と股関節との相関も認められなかった。一方、前後体重心移動量は、10-12歳群でのみ、膝関節角度変化量と足関節角度変化量間に有意な正の相関が認められた( $r = 0.48$ ,  $r = 0.65$ )。【考察】10-12歳児の大きな頸部や股関節の角度変化量は、縄の視覚的知覚や空間内の身体位置の認識が未発達であることが要因であり、縄に引っかかるないように過剰な運動を選択したためであると考えられる。しかし、これらの関節が前後体重心移動量と相関を認めなかつたことから、10-12歳児は、重心制御においては、膝関節や足関節といった他の関節運動で代償していることが示唆される。【結語】10-12歳児は、縄跳び動作において頸部と股関節の角度変化量が大きい動作を行うが、体重心制御には相関が無い。10-12歳児は、体重心制御を、膝関節と足関節の関節運動を用いている事が示唆される。【倫理的配慮】本研究は、所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:F220002)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## P-04-04 ポスター4(身体運動学7)

### 妊娠中・後期の女性におけるまたぎ動作の特性

○武内 彩佳<sup>1)</sup>, 渡邊 観世子<sup>2)</sup>

1)国際医療福祉大学病院 リハビリテーション室

2)国際医療福祉大学 保健医療学部 理学療法学科

**【はじめに・目的】**妊娠の転倒は妊娠の経過に伴い増加し、転倒率は19.9~26.6%と報告されている(武田ら, 2016; Dunning K, et al, 2003)。転倒時の動作は歩行や階段昇降で多いことが報告されている(Dunning K, et al, 2003)。先行研究によって、高齢者や健常若年女性を対象としたまたぎ動作時のToe Clearance(以下:TC)は報告されているが、実際の妊娠を対象とした報告は少ない。そこで本研究では妊娠中期から後期の妊娠におけるまたぎ動作の特性を明らかにし、転倒リスクに繋がる要因を検討することとした。

**【方法】**妊娠中期から妊娠後期の妊娠5名(年齢:31.3±1.2歳、体重:61.5±1.9kg、妊娠週数:35.3±1.2週)を対象とした。またぎ動作課題では、荷物把持の有無と障害物の高さ(5cm/15cm)を要因とした4条件を実施した。またぎ動作時のTCの計測には三次元動作解析装置(VICON NEXUS, VICON社製)を使用した。解析は5cmの障害物条件と15cmの障害物条件において荷物の把持の有無を踏み出し足、(先行肢)、引き込み足(後続肢)それぞれで対応のあるt検定で比較した。

**【結果】**踏み出し足、引き込み足のいずれも5cmの障害物条件において荷物なしと比較し荷物ありでTCが有意に大きいことが示された( $p < 0.05$ )。15cmの障害物条件では荷物の把持によるTCの差を認めなかった。また、5cmの障害物条件における荷物あり条件のTCは15cmの障害物条件と同等の大きさであった。

**【考察】**妊娠のまたぎ動作では荷物を把持することで5cmの低い障害物であっても15cmの障害物をまたぐ際と同等の大きさまでTCを増加させ転倒回避の方策をとっていることが示唆された。この現象は踏み出し足、引き込み足のいずれにおいても認められていた。TCを大きくする方策はつまずきを避けるためには有益だが、下肢を高く挙上するために体幹を前後方向に大きく動かすことになると考えられ、姿勢としては不安定になっている可能性がある。

**【結語】**妊娠では低い障害物をまたぐ動作においても踏み出し足と引き込み足を高く挙上し転倒を回避してい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則り、対象者に紙面と口頭にて説明し同意を得た上で実施した。また所属機関の倫理審査の承認を得ている(承認番号:23-Ig-67)。

## P-04-05 ポスター4(身体運動学6)

### 高齢者における足圧分布と足部アライメントの関連 -連続体解析による検討-

○有川 耀翔<sup>1)</sup>, 谷口 匠史<sup>1)</sup>, 仲里 楓<sup>1,2)</sup>, Todd Pataky<sup>1)</sup>, 王 紫敏<sup>1,2)</sup>, 脇田 正徳<sup>3)</sup>, 福元 喜啓<sup>1,3)</sup>, 池添 冬芽<sup>1,3)</sup>, 甲田 勝康<sup>4)</sup>, 浅井 剛<sup>3)</sup>, 三木 恵美<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)日本学術振興会特別研究員 DC

3)関西医科大学 リハビリテーション学部

4)関西医科大学 衛生・公衆衛生学講座

#### 【はじめに・目的】

歩行は高齢者のADLに大きく関わる要素であり、先行研究では歩行時の足圧分布と転倒リスクの関連が報告されている。足圧は床反力をどのように受け取っているかを示すため、接地する足部アライメントの影響を受けると考えられるが、これらの関係は明らかでない。また、これまでの足圧分布に関する報告では領域分けを用いた解析がなされており、報告ごとに異なる領域分けの定義が結果に影響している可能性が指摘される。この問題の解決には、ピクセルレベルでの解析が可能な連続体解析が必要となる。本研究の目的は、連続体解析を用いて高齢者における足圧分布特徴と足部アライメントの関連を検証することとした。

#### 【方法】

歩行が自立した65歳以上の地域在住高齢者62名(男性28名、女性34名)を対象とした。足部アライメントは両脚均等に荷重した静止立位にて、外反母趾角・アーチ高・踵骨角を評価した。外反母趾角は第一中足骨と第一基節骨のなす角度、アーチ高は荷重位舟状骨高を足長で正規化した値、踵骨角は踵骨軸と床面のなす角度と定義した。プレート型圧分布システム(Zebris FDM2)を使用し、快適歩行時の足圧計測を3試行実施した。各対象者の右足データを抽出し、対象者ごとの平均足圧分布画像を作成した。本研究では、連続統計手法としてStatistical Parametric Mapping(SPM)分析を行い、対象者ごとの各ピクセルにおけるピーク圧力を抽出したピーク圧力画像を用いた。足部アライメントと足圧分布の関連を検証するために独立変数を足部アライメント、従属変数を各ピクセルのピーク圧力、共変量を体重とした偏相関分析を行なった。

#### 【結果】

SPM分析の結果、外反母趾角と前足部(第2~5中足骨頭部分)の足圧に正の相関を認めた。中足骨頭部分でのみ有意な関連がみられ、基節骨以遠では有意差のある領域はなかった。また、アーチ高と前足部、後足部の足圧に正の相関を認めた。前足部では中足骨頭、後足部では踵骨隆起の周縁に相当する領域に有意な関連がみられた。一方、踵骨角と足圧の相関を認めなかった。

#### 【考察】

本研究では足圧と足部アライメントの関連を検証した。足圧と外反母趾角の関連について、外反母趾角が大きいほど母趾での荷重が困難になり、2~5趾の中足骨頭部分の足圧が大きくなると考えられる。また、足圧とアーチ高の関連についてアーチ高が高いほど中足部での荷重が小さくなり、前足部、後足部の足圧が大きくなると考えられる。

#### 【結語】

高齢者の足圧分布と足部アライメントの関連を検証した結果、足部アライメントのうち外反母趾角、アーチ高と関連を認める足圧分布の特徴が示された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

発表者の所属施設における倫理審査会で承認後に実施した。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し書面で同意を得た。

## P-04-06 ポスター4(身体運動学6)

### 高齢者における転倒関連自己効力感の低下が不安環境下での姿勢制御に与える影響

○田代 英之<sup>1)</sup>, 広崎 蒼大<sup>2)</sup>, 佐藤 優衣<sup>3)</sup>, 井平 光<sup>1)</sup>,  
土岐 めぐみ<sup>4)</sup>, 小塚 直樹<sup>5)</sup>

1)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

2)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

3)札幌医科大学附属病院リハビリテーション部

4)札幌医科大学医学部リハビリテーション医学講座

5)千歳リハビリテーション大学健康科学部リハビリテーション学科理学療法学専攻

【はじめに】 不安全感が惹起される環境では姿勢制御が変化する (Ellmers TJ. 2022)。特に転倒関連自己効力感が低下している高齢者では、不安環境下でのバランス課題中に生じる心理的状態の変化や、それによって生じる姿勢制御の変化が特異的である可能性がある。本研究では、高齢者における転倒関連自己効力感の低下が、不安環境下における姿勢制御の変化に与える影響を調べることとした。【方法】 地域在住高齢者62名（年齢78.8±5.7歳）を対象とし、重心動描計（C-1425、共和電業製）上で30秒間の立位保持後、足圧中心（Center of Pressure; COP）を前方および後方へ最大限移動した位置で15秒保持し安定性限界（Limits of Stability; LOS）を計測した。条件は、課題を床上で行う低床条件と、60cm台上で行う高床条件とし、ランダムな順序で1試行ずつ実施した。各条件で立位保持および前後移動時の転倒や転落に対する不安感の程度をVisual Analog Scale (VAS) で評価した。前後方向のCOPデータを用い、立位時の平均位置（Mean Position; MP）、振幅（Root Mean Square; RMS）、平均速度（Mean Velocity; MV）、前後方向へ最大限移動し保持した平均位置（前方および後方LOS）を算出した。対象者を短縮版 Falls Efficacy Scale Internationalにて評価し、転倒関連自己効力感が低いと判定するカットオフ値（14点未満）で二分した（Delbaere K, et al. 2010）。統計学的解析は、立位、前後移動時のVAS、MP、RMS、MV、前方および後方LOSについて群と条件を要因とした分割プロットデザインによる二元配置分散分析を行った。【結果】 転倒関連自己効力感が低い群は35名、高い群は27名であった。立位時および前方移動時のVAS、MP、RMS、MV、前方LOSは条件要因で有意な主効果を認めた。低床条件と比べ高床条件で、立位時および前方移動時のVASは上昇した ( $F_{1,60} = 30.351, P < 0.001$ ;  $F_{1,60} = 35.854, P < 0.001$ )。また、MPは後方へ移動し ( $F_{1,60} = 16.765, P < 0.001$ )、RMSは低下し ( $F_{1,60} = 4.414, P = 0.040$ )、MVは上昇した ( $F_{1,60} = 7.426, P = 0.008$ )。さらに、前方LOSは低下した ( $F_{1,60} = 82.559, P < 0.001$ )。後方移動時のVASは条件要因に有意な主効果 ( $F_{1,60} = 22.930, P < 0.001$ ) および交互作用を認めた ( $F_{1,60} = 5.868, P = 0.018$ )。事後検定の結果、転倒関連自己効力感が低い群のみ低床条件と比べ高床条件で後方移動時のVASが上昇した ( $P < 0.001$ )。後方LOSは群要因に有意な主効果 ( $F_{1,60} = 5.043, P = 0.028$ ) および有意な交互作用を認めた ( $F_{1,60} = 4.986, P = 0.029$ )。事後検定の結果、転倒関連自己効力感が低い群のみ低床条件と比べ高床条件で後方LOSが低下した ( $P = 0.009$ )。【考察】 転倒関連自己効力感が低下した高齢者のみ、高所での後方移動時に不安感が増大し、後方への移動範囲が減少した。本研究の結果から、転倒関連自己効力感の低下は、不安環境下での動的バランス課題における不安感の惹起と運動の自由度の低下に関連すると考えられた。【倫理的配慮】 本研究は所属施設の倫理審査会で承認後に実施した（承認番号2-1-88）。研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと書面で同意を得た。

## P-04-07 ポスター4(身体運動学6)

### 高齢者の急な方向転換動作改善を目指した新たなステップ練習課題の提案 - 課題の切り替えに着目した試み -

○中村 高仁<sup>1)</sup>, 樋口 貴広<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)東京都立大学大学院 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

【はじめに・目的】 健常な高齢者であっても、歩行中の急な方向転換 (Reactive turning: R-turn) はバランス調整が難しい場面の一つである。先行知見では、歩行中に曲がる方向が急に切り替わるような、予定していた動作を急に変更せられる課題の切り替え (task-switching) 場面で、高齢者の難しさが顕著となると指摘されている (Grange & Houghton et al. 2014)。本研究では、こうした場面でのバランス調整能力を高める方法として、課題の切り替えに着目したステップ練習課題を新たに考案し、R-turnパフォーマンス向上を目指した。

【方法】 実験デザインは単盲検化比較試験とし、健常高齢者60名（年齢69.9±4.0歳）をランダムに3群 (Task-Switching-Step (TSS) 群、Single-Task-Step (STS) 群、Task-Switching-Control (TSC) 群) に分けた (各20名)。TSSは、静止立位から足を1歩踏み出すステップ動作の中で、事前に指示された踏み出し足が、合図とともに3割の頻度で反対足の指示に切り替わる課題とした。STSは、事前の指示は変化せず、迅速に同一足を踏み出す課題とした。TSCは、TSSと同様の課題切り替えパラダイムを用いたコントロール課題として、座位でのボタン押し課題を行った。各群それぞれの課題を20分間行った。Pre-post test (同日実施) は、光提示に従って約6m先のパイロン内を方向転換する課題とした。全18試行の内、歩行開始時に指示されていた光提示が、センサ通過後、3割の頻度で急に反対方向に切り替わる試行 (R-turn) を解析対象とした。三次元動作解析装置を用いて、R-turn時のCOM移動開始時間 (COM shift: 反応速度) とCOM制御 (COM加速度ピーク値: 安定性) を算出した。解析はtest (pre/post)、群 (TSS/STS/TSC) を独立変数とした2要因分散分析を行い、期待する効果は、COM shift短縮 (反応速度向上)、COM加速度ピーク値減少 (安定性向上) とした。

【結果】 COM shiftは主効果(時間:  $F(1, 57) = 0.38, p = 0.54$ 、群:  $F(2, 57) = 1.19, p = 0.31$ )、交互作用 ( $F(2, 57) = 0.50, p = 0.64$ ) を認めず、いずれの群においても練習効果は見られなかった。一方、COM加速度ピーク値は、主効果は認めず(時間:  $F(1, 32) = 0.11, p = 0.75$ 、群:  $F(2, 57) = 0.44, p = 0.65$ )、交互作用を認めた( $F(2, 57) = 4.13, p = 0.021, f = 0.38$ )。下位検定の結果、TSS群のみ練習効果を認め、pre testと比較してpost testで減少した( $p = 0.025, f = 0.30$ )。

【考察】 TSSは、予定していた動きをキャンセルし、迅速なCOM制御を繰り返し練習する課題である。今回対象とした健常高齢者において、R-turnにおける反応速度の向上は認めなかったものの、安定性は向上した。本結果から、task-switchingを要求されたステップ練習により、実際の方向転換動作を繰り返し行わなくとも高齢者のR-turnパフォーマンス改善を図れる可能性が示唆された。

【結語】 課題の切り替えに着目したステップ練習課題は高齢者のR-turnにおける転倒予防に繋がる可能性がある。

【倫理的配慮・説明と同意】 所属施設における倫理審査会で承認後に実施した（承認番号: 22091）。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## P-04-08 ポスター4(身体運動学6)

### 立位姿勢制御に関する新たな身体協調運動指標の検討

○鈴木 瑞穂<sup>1)</sup>, 野木 康陽<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 博士前期課程

2)埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科 博士後期課程

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

#### 【はじめに・目的】

近年、静止立位は多関節動作として捉えられている。関節間の位相作用が身体重心(COM)加速度軽減に寄与するといったマルチ関節制御モデルが確立され、関節間協調運動は運動制御能力を反映するとされる。しかし、従来の研究で用いられてきた全身の協調運動を示す指標は簡便ではなく、臨床的な応用は困難である。一方で、体節毎の運動に着目した研究では、簡便にCOMを把握する指標として、視覚的評価における上半身重心(UCOM)・下半身重心(LCOM)の有用性を報告している。本研究ではUCOMと LCOM を、関節間協調運動を反映する指標として採用することで、立位姿勢制御特性を評価可能ではないかと仮説を立てた。本研究の目的は、不安定課題下にてUCOM・LCOM空間的位置と運動学的データとの関連性を示し、立位姿勢制御戦略を評価する新たな指標として検討することである。

#### 【方法】

健常成人4名を対象に1) 静止立位、2) 静止立位からの両足関節底屈姿勢(Heel Raise)、3) 静止立位からの両上肢挙上姿勢(Arm Raise)を実施させた。三次元動作解析装置を用いて、各体節と UCOM・LCOM 空間的位置、各体節傾斜角度を算出。体節間の位相関係を示す指標として体幹・骨盤・大腿のContinuous relative phase (CRP) 値とMARPを算出した。UCOMを頭部・上肢・体幹、LCOMを骨盤・下肢統合重心と定義した。

#### 【結果】

矢状面上のCOMに対するUCOM・LCOM位置関係は、Heel Raiseに伴い反転、Arm Raiseでは維持する一定の傾向性を示し、UCOM-LCOM間距離はいずれの条件でも対象者間に複数の傾向性を認めた。Heel Raise動作では体幹・骨盤・大腿間のいずれかMARP値が増加し、その後静止状態の保持に伴いMARP値を減少させた。

#### 【考察】

静止立位から最小限の課題を課し、立位姿勢制御機能を評価する指標として、UCOM・LCOMの矢状面上の位置関係に着目した結果、二つの課題間でその制御に差異を認めた。安定した立位保持には、状況に応じてUCOMとLCOMを適切に制御する機能が求められる。それを達成する体節間の協調運動特性として、不安定課題下での静止状態におけるMARPの減少は体節のより同調した傾斜運動を示し、静止立位と類似する身体運動制御戦略を選択したと考えられる。

#### 【結語】

Heel Raise・Arm Raiseは立位制御における関節間協調運動をより顕著に示す課題であり、静止状態を保持する過程において体節運動を反映する UCOM・LCOM偏位を分析することで関節間の運動特性捉える可能性が示唆された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

埼玉県立大学の倫理審査委員会にて承認を得た(承認番号: 22815)。被験者に研究の目的と趣旨を説明し、文書による同意を得た。

## P-04-09 ポスター4(身体運動学6)

### Vectionを誘発する視覚刺激を用いた介入は姿勢制御戦略を変化させるのか?

#### -姿勢制御戦略の経時的な変化-

○矢田 拓也<sup>1,2)</sup>, 倉持 浩太<sup>3)</sup>, 棚町 兼也<sup>1,4)</sup>, 桑原 渉<sup>1,4)</sup>, 岡和田 愛実<sup>1,4)</sup>, 金子 文成<sup>1,4)</sup>,

1)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

2)東京都立リハビリテーション病院

3)東京都立大学 健康福祉学部 理学療法学科

4)慶應義塾大学 医学部 リハビリテーション医学教室

#### [背景]

Vectionとは、提示した視覚入力によって対象者があたかも動いているかのように錯覚する現象を指す。我々は、今年度の他学会にて、健常人にVectionを誘発する視覚刺激を10分間観察させることにより、刺激前後で姿勢制御における前庭、体性感覚の重みづけが増加することを報告した(Yada et al., ISEK 2024)。今後、本介入を臨床に応用する上で、介入中の姿勢制御戦略の経時的な変化を明らかにすることは重要である。そこで、本研究の目的は、Vectionを誘発する視覚刺激中の姿勢制御戦略の経時的な変化を検討することとした。

#### [方法]

対象は、健常成人17名(平均年齢24.2歳)とした。対象者には、立位の状態で反時計周りにドット絵が回転する視覚刺激を10秒間、静止画面を20秒間提示する映像を合計20セッタ繰り返し観察させた。この10秒間の視覚刺激は、対象者に身体が左右に動いた感覚を誘発する(Vection)。アウトカムは、Force plateを用いて対象者が視覚刺激を観察している間のCenter of pressure(COP)とした。姿勢安定性の指標として、総軌跡長、矩形面積、姿勢制御における感覚の重みづけを評価する目的でFast Fourier Transformを用いたPower Spectrum Density(PSD)を算出した。PSDは、低周波(LF)帯域を0~0.3Hz、中周波(MF)帯域を0.3~1Hz、高周波(HF)帯域を1~3Hzの周波数区間に分け算出した。LF帯域は姿勢制御における視覚、MF帯域は前庭・体性感覚、HF帯域は固有感覚の重みづけを示す。介入開始後1-2分、5-6分、9-10分の各1分間のうち、各時間枠から視覚刺激が提示されている10秒間の2つのCOPデータを抽出し、平均値を算出した。

#### [結果]

矩形面積は、介入開始後5-6分間の時点にて、1-2分間の時点と比較し有意に増加していた。さらに、9-10分間の時点において、5-6分間の時点と比較し有意に減少していた。MF帯域のPSDは、9-10分間の時点において、1-2分間の時点と比較し有意に増加していた。

#### [考察]

矩形面積は、介入開始5-6分後に増加し、9-10分後に減少した。MF帯域のPSDは、介入開始9-10分後に増加した。MF帯域のPSDは前庭・体性感覚の重みづけを示しており、本介入は前庭、体性感覚の重みづけを高めた姿勢制御戦略へと経時的に変化させることが示唆された。また、変化した姿勢制御戦略に適応する過程で姿勢の安定性が変化したと考えた。

#### [結語]

Vectionを誘発する視覚刺激は、経時的に姿勢制御戦略を変化させ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の承認を得て実施した。(承認番号: 23044)

## P-04-10 ポスター4 (構造・機能・情報学5)

### 脳出血モデルラットにおけるレパリキシン投与が運動機能障害に与える影響

○保科 真, 林 亮太, 平山 徹, 真木 栄太朗,  
佐藤 良祐, 玉越 敬悟

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

#### 【はじめに】

近年、脳卒中発症後24時間以内のリハビリテーションは、脳内に悪影響を及ぼし、機能予後を悪化させることが報告されている。今後、抗炎症薬とリハビリテーションを併用した治療開発が必要になると想え、本研究ではリハビリテーションと併用できる抗炎症薬を選定するために、抗炎症薬であるレパリキシンに着目して検証を行った。レパリキシンは炎症促進因子であるIL-8の拮抗薬であり、脳出血後の運動機能を向上させることが報告されているが、詳細な運動機能の改善効果を調べた報告は少ない。そこで、本研究では、脳出血モデルラットを用いて脳出血後のレパリキシンによる運動機能障害の改善効果について詳細検証することを目的とした。

#### 【方法】

実験動物にはWistar系雄ラットを用いた。脳出血後のIL-8タンパク発現量を解析するために、実験群としてSHAM群とICH群を設けた。脳出血モデルは、線条体にコラゲナーゼTypeIVを微量注入して作製した。術後6時間目に脳採取を行い、ウェスタンブロッティング法を用いてIL-8タンパク発現量の解析を行った。次に、SHAM群、ICH+Cont群、ICH+T群の3群を実験群として設けた。ICH+T群には、レパリキシンを手術1時間後に尾静脈投与を行い、その後、2時間間隔で2回皮下投与を行った。術後1日目、2日目はそれぞれ2時間間隔で3回皮下投与した。手術3日後にStaircase test、Horizontal ladder test、Rotarod testを用いて運動機能評価を行った。手術4日後に脳組織を採取し、脳内のヘモグロビン含有量をDrabkin法で測定した。

#### 【結果】

ICH群のIL-8タンパク発現量はSHAM群と比較して有意に高値を示した。StairCase test、Horizontal ladder testにおいて、ICT+T群はICH+cont群と比較して改善傾向が認められた。Rotarod testではSHAM群とICH+Cont群の間に有意差は認められなかった。ヘモグロビン含有量は全群間に有意差は見られなかった。

#### 【考察】

本研究から、脳出血後のレパリキシン投与は、バランス能力には影響を与えないが、巧緻機能を改善させる傾向にあることが示唆された。このことから、レパリキシンによるIL-8の機能抑制は運動機能改善に対して特異的効果が得られることが分かった。レパリキシン投与により血腫量減少は認められなかっただけ、今後は詳細な機能改善メカニズムを検証していく必要がある。

#### 【結語】

脳出血後のレパリキシン投与は機能特異的に運動機能障害を改善させる可能性がある。

#### 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は新潟医療福祉大学動物実験倫理委員会(承認番号:D2023-018)の承認を得て実施された。

## P-04-11 ポスター4 (構造・機能・情報学5)

### 脳血管性認知症モデルラットにおける自発運動が認知機能障害および海馬に与える影響

○林 亮太, 長井 健汰, 保科 真, 玉越 敬悟

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

#### 【はじめに】

脳血管性認知症におけるリハビリテーションとして運動療法が推奨されている。脳血管性認知症における運動療法は、海馬における神経新生やシナプス可塑性を促進させ、認知機能障害を改善させることが報告されている。両側総頸動脈閉塞法(2VO)による脳血管性認知症の運動効果を検証した研究では、成熟雄性ラットを対象としていることが多い、若齢雌性ラットを対象とした研究は少ない。そこで、本研究は、若齢雌ラットを用いて脳血管性認知症における運動効果を検証することを目的とした。

#### 【方法】

実験動物には7週齢のWistar系雌性ラットを用いた。ラットは無作為に偽手術群(SHAM群)、両側総頸動脈閉塞法+非運動群(2VO群)、両側総頸動脈閉塞法+運動群(2VO+Ex群)に分けた。両側総頸動脈閉塞法による脳血管性認知症モデルは、両側の総頸動脈の2箇所を縫合糸で結紮し、結紮された間の総頸動脈を切断して作製した。2VO+Ex群は、手術翌日から6週間、自発回転運動装置内で飼育した。認知機能検査には、Novel objection test、Barnes-maze testを用いた。Novel objection testでは両物体への探索時間の合計に対する新規物体の探索時間割合を解析し、Barnes-maze testでは逃避箱に入るまでの時間やProve testによる逃避場所探索時間を解析した。認知機能検査終了後に脳組織を採取した。脳組織解析では、ニッスル染色を行い、海馬体積を解析した。すべてのデータは正規性および等分散の検定を行い、Steel-Dwass法もしくはTurkey-Kramer法を用いて多重比較検定を行った。

#### 【結果】

Novel objection testおよびBarnes-maze testでは、全群間で有意差は見られなかった。2VO群および2VO+Ex群の海馬体積は、SHAM群と比較して有意に減少していた。

#### 【考察】

本研究では若齢雌性ラットを用いて脳血管性認知症モデルラットを作製し、運動療法の効果を検証した。慢性的な脳血流低下によって認知機能障害は見られなかったが、海馬体積の萎縮が観察された。しかし、運動による海馬体積萎縮の抑制効果は見られなかった。成熟雄性ラットを用いた脳血管性認知症モデルでは、運動によって認知機能障害や海馬体積の萎縮を改善させることが報告されている。今回使用した若齢雌性ラットでは、運動によって認知機能障害および海馬に改善効果が見られなかったことから、加齢や性差の影響で運動による認知機能障害や海馬への影響が異なることが示唆された。

#### 【結語】

若齢雌ラットでは、脳血流低下によって海馬の萎縮は認められるが、運動による改善は認められない。

#### 【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は新潟医療福祉大学動物実験倫理委員会の承認(承認番号:02113)を得て実施された。

## P-04-12 ポスター4 (構造・機能・情報学5)

### 損傷前十字靱帯の自己治癒過程におけるリハビリテーションの影響とその性差の解明

○齊藤 陸<sup>1)</sup>, 中山 和己<sup>2)</sup>, 宇佐美 優奈<sup>1)</sup>, 榎本 沙彩<sup>3)</sup>, 野木 康陽<sup>1)</sup>, 国分 貴徳<sup>4,5)</sup>  
 1)埼玉県立大学大学院 保険医療福祉学研究科 博士後期課程  
 2)埼玉県立大学大学院 保険医療福祉学研究科 博士前期課程  
 3)埼玉県総合リハビリテーションセンター  
 4)埼玉県立大学大学院 保険医療福祉学研究科  
 5)埼玉県立大学 保険医療福祉学部 理学療法学科

#### 【はじめに・目的】

我々は前十字靱帯(ACL)損傷後の異常な脛骨前方変位制動が完全損傷ACLを自己治癒に導くことを報告してきた。近年、類似コンセプトによりACL損傷患者の90%超で治癒が報告され、今やACLは治癒しない靱帯ではない。一方、治癒ACLの組織成熟、力学的強度回復は正常に比べ不十分である。靱帯へのメカニカルストレスは強度回復に有益で、ACLの治癒を促進する理学療法は保存的治癒に不可欠であるが、過度な運動は再断裂等を惹起する可能性があり、検証が必要である。本研究ではメカニカルストレスがACL治癒過程に及ぼす影響と性差を検証した。

#### 【方法】

雌雄C57BL/6マウス76匹を対象にACL破断後、脛骨前方変位を制動するCATTモデルを作成した。通常飼育(CA)に加え、損傷後4週からメカニカルストレスを増加させる2種類の介入(脛骨制動の除去:de-CATT, トレッドミル運動:Ex)を実施し、CA/CATT, CA/de-CATT, Ex/CATT, Ex/de-CATT群を設定した。損傷後8週で組織採取し、HE染色、ピクロシリウスレッド染色(靱帯成熟度を示すグレースケール)、前方引き出し試験(脛骨不安定性)、力学試験を実施し正常群と比較した。統計解析は二元配置分散分析を用い多重比較はSteel-Dwass検定を実施、有意水準は5%とした。

#### 【結果】

雌性マウスで高い治癒成功率(雄: 25.0~42.9%, 雌: 80.0~100.0%)を示した一方、介入による治癒成功率の低下は雌雄で認めなかった。グレースケール、前方引き出し試験、力学試験では群間に主効果( $p<0.001$ )を認めた。グレースケールは正常に比べCA/CATT, Ex/CATT群が低値( $p<0.05$ )を示し、前方引き出し試験/力学試験では正常に比べ他4群で不安定性が残存( $p<0.05$ )、力学的強度も低値を示した( $p<0.01$ )が、4群間には差を認めなかった。

#### 【考察】

雌性マウスが高い治癒成功率を示したが、雌雄ともに介入による治癒成功率低下は認めなかった。性差に関しては、雄性マウスは飼育中の闘争行動が生じやすく、また以前の報告でACL損傷直後のメカニカルストレス増加が治癒成功率を低下させたことを踏まえると、本研究では介入以前の高負荷行動が雄性マウスの治癒不全を惹起した可能性がある。一方治癒したACLは、雌雄ともに介入による再破断や力学的強度の低下などの有害事象を認めず、治癒ACLは一定の運動に耐えうることが示唆されたが、運動による改善は未達成であった。今後は治癒ACLへのストレス負荷タイミングや強度などの変数について検討する。

#### 【結語】

ACL治癒成功率に性差を認めたが、損傷後4週からの介入はACLの自己治癒過程を阻害しなかった。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設の動物倫理委員会の承諾を受け実施した(承認番号: 2021-9)。

## P-04-13 ポスター4 (構造・機能・情報学5)

### 経産による姿勢・歩容変化が将来の膝関節軟骨表層の微細構造に及ぼす影響

○佐藤 路晃<sup>1)</sup>, 榎本 沙彩<sup>2)</sup>, 宮本 ひまり<sup>3)</sup>, 宇佐美 優奈<sup>1)</sup>, 高畠 啓<sup>4)</sup>, 野木 康陽<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科 博士後期課程  
 2)埼玉県総合リハビリテーションセンター  
 3)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  
 4)日本学術振興会 特別研究員DC1  
 5)埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科  
 6)埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

#### 【はじめに・目的】

変形性膝関節症(膝OA)は関節軟骨変性を主病変とし、疼痛や関節機能制限を生じる疾患である。膝OA発症のリスク因子は個人因子として年齢や性別、関節レベルの因子として関節内損傷や異常負荷などが挙げられており、その要因は複雑に影響し合っている。複数ある中でも、性別については、有病率は女性で高いことは既知であるがそのメカニズムは明らかではない。これを考える上で女性特有のライフイベントに着目すると、妊娠一出産が存在し、妊娠期には体重増加や身体重心の変化に伴う姿勢・歩容の変化が生じる。これにより膝関節の荷重負荷が増大することで、軟骨表面に微細な損傷が生じる可能性があるのではないかと仮説を立てた。そこで本研究では、出産経験マウスを用いて、経産回数が膝関節表層軟骨の微細構造に及ぼす影響を検討した。

#### 【方法】

BL6雌マウスを対象に出産を経験していない0Preg-Young群(15週齢)、出産を経験していない0Preg群、出産を一度または二度経験した1, 2Preg群(0, 1, 2Preg群: 1年齢以上)に振り分けた(各群n=5)。歩行解析を実施し、膝関節最大最小角度および実行可動域を算出した。体重計測を行い、膝組織を採取した。脛骨関節面を対象に関節粗さ解析を実施し、内外側関節面の凹凸を表す算術平均高さ(Sa)および最大高さ(Sz)を算出した。統計学的解析は、Kruskal Wallis検定およびSteel-Dwass検定を実施した。有意水準は5%とした。

#### 【結果】

歩行解析では、最大最小および実行可動域に関して群間に有意な差は確認されなかった。体重は0Preg-Young群が他の3群に比べ有意に低値を示した( $P<0.05$ )。関節粗さ解析では、SaおよびSzに関して群間に有意な差は確認されなかつた。

#### 【考察】

歩行解析より、マウスにおいて経産回数や有無は産後の歩容に影響しないことが示唆された。関節軟骨の粗さ解析において、経産回数間で有意差が確認されなかつたことについて、妊娠中の荷重負荷の増加では関節軟骨に微細損傷が生じない可能性と、一度生じた微細損傷が産後経過の中で治癒に至った可能性が考えられる。妊娠一出産期においては、体重増加や体型変化に伴う歩容変化により関節軟骨へのストレスが増加することは明らかであるが、性ホルモンの増減をはじめとする分子生物学的な変化も同時期に生じることを考慮する必要がある。従って、今後は妊娠期の解析に加え、生化学的な解析項目を追加し膝関節表層構造の評価を行うことが重要である。

#### 【結語】

本研究結果から、1年齢以上マウスにおいて経産の有無や回数の違いにより歩容変化は生じず、膝関節表層構造における微細損傷は生じていない可能性が示唆された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における動物実験倫理委員会(承認番号: 2022-13号)の承認を得て実施した。

## P-04-14 ポスター4(構造・機能・情報学5)

**腱細胞周囲の硬さ変化が腱細胞のメカノバイオロジーに与える影響**

○中山 和己<sup>1)</sup>, 荒川 航平<sup>2,3)</sup>, 大山 智子<sup>4)</sup>, 高畠 啓<sup>1,5)</sup>, 米野 萌恵<sup>1,6)</sup>, 国分 貴徳<sup>1,7)</sup>

1)埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科  
2)明治大学 農学部生命科学科 動物再生システム研究室 客員研究員  
3)日本学術振興会特別研究員PD  
4)国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構 高崎量子技術基盤研究所  
5)日本学術振興会特別研究員 DC1  
6)日本学術振興会特別研究員 DC2  
7)埼玉県立大学 保健医療福祉学部 理学療法学科

### 【はじめに・目的】

腱損傷は運動器領域において一般的な外傷であり、治療過程における理学療法介入が治療成績に大きく影響する。腱組織の治療過程は炎症期、増殖期、リモデリング期に分類されるが、その各過程において腱組織の“硬さ”が変化することが報告されている。腱の硬さは、主成分であり腱細胞の周りに存在する細胞外マトリクスの硬さに依存し、この硬さ変化が腱細胞のメカノバイオロジーに影響を及ぼすことで、損傷後の腱成熟が不十分となる可能性が考えられる。そこで本研究では、硬さ調節が可能な量子ビーム加工ゲルを用いて、異なる硬さのゲル上で腱細胞を培養し、細胞周囲の環境が腱細胞のメカノバイオロジーに与える影響を探索した。

### 【方法】

9週齢のBL6マウスから尾部腱由来の腱細胞を採取し、通常ディッシュに播種した。第一継代までは2日に1回の頻度で培地を交換した。第一継代時に通常ディッシュと硬さの調節が可能な量子ビーム加工ゲル(16, 145kPa)上に播種した。細胞接着を確認し、培地を交換した後3日間培養した。その後RNAを抽出し、各培養条件間で、腱マーカーであるScleraxis (Scx)、線維芽細胞の増殖因子であるTGF- $\beta$ 1、炎症性因子であるTNF- $\alpha$ の発現量をqPCR法を用いて比較した。

### 【結果】

qPCRの結果、Scxの発現量は通常条件と比較して16kPa条件で高い傾向を示し、145kPa条件は同程度であった。TGF- $\beta$ 1の発現量も16kPa条件で高い傾向を示す一方、145kPa条件は通常条件と同程度であった。TNF- $\alpha$ の発現量は16kPaで最も高かったが、145kPa条件でも増加傾向を認めた。

### 【考察】

本研究では異なる硬度の培養基材で培養した腱細胞のScx、TGF- $\beta$ 1、TNF- $\alpha$ 発現量が変化したことから、腱細胞が周囲組織の硬さに応答しその振る舞いが変化する可能性が示唆された。さらに16kPa条件のScx、TGF- $\beta$ 1、TNF- $\alpha$ 発現量が増加傾向だったことから、肉芽組織などが多く通常より柔らかい損傷腱では、腱細胞の運動が大きく異なる可能性が示唆された。これらの結果は、組織の硬度変化はマウスの腱細胞のメカノバイオロジーに影響を及ぼすことを示唆し、腱損傷後の治療のような腱細胞成熟過程においては、細胞外マトリクスの状態が強く影響しうることが考えられる。本研究で得られたデータは、腱損傷患者に対する治療過程ごとの腱細胞特性を考慮した理学療法の基礎的知見となりうる。

### 【結語】

腱細胞周囲の硬さ変化が、腱細胞の生物学的振る舞いを変化させたことから、周囲の物理的環境が腱細胞のメカノバイオロジーに影響を及ぼす可能性が示唆された。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は埼玉県立大学動物実験倫理委員会の承認を得て実施した。

## P-04-15 ポスター4(神経生理学12)

**ワーキングメモリ負荷は発揮筋力調節中の事象関連脱同期を増強する**

○高橋 碧希<sup>1)</sup>, 井内 栄吾<sup>2)</sup>, 佐々木 太晟<sup>2)</sup>, 橋本 悠平<sup>2)</sup>, 石坂 陸<sup>1)</sup>, 南 航大<sup>1,3)</sup>, 田中 優生<sup>1)</sup>, 宮崎 泰成<sup>1)</sup>, 渡邊 龍憲<sup>1,2,4)</sup>

1)青森県立保健大学大学院 健康科学研究科

2)青森県立保健大学 健康科学部

3)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

4)早稲田大学 スポーツ科学研究センター

### 【はじめに・目的】

ワーキングメモリ(Working Memory: WM)は情報の一時的な保持と処理を担う機能であり、日常生活を営む上で必要不可欠である。WMに負荷を与えることで運動パフォーマンスが低下すると報告されているが、ボタンかけ動作や運転を含む発揮筋力を制御する機能に与える影響は明らかになっていない。WMに関わる脳領域には背外側前頭野や前帯状皮質が挙げられ、これらの脳領域は発揮筋力調節にも関わることから、WM負荷が発揮筋力調節機能を低下させる可能性が考えられる。そこで本研究では、WM負荷が発揮筋力調節のパフォーマンスと関連脳活動に及ぼす影響を検討した。

### 【方法】

対象は健常成人16名とした。被験者は、数字を覚えつつ発揮筋力調節課題を実施した。WM負荷条件は、数字1桁を覚える低WM負荷条件と、数字6桁を覚える高WM条件とした。発揮筋力調節課題では、モニターに被験者自身の発揮筋力値とターゲットを呈示し、できるだけ正確に発揮筋力をターゲットに合わせるように指示した。また、課題中の視覚フィードバック量(visual gain)を調整し、発揮筋力値とターゲットの誤差が大きくなるLow gain条件と、誤差が小さくなるHigh gain条件を設定した。脳波は国際10-20法のC3およびC4より記録した。発揮筋力調節課題の行動変数には平均力誤差(mean force error: MFE)と発揮筋力の標準偏差(standard deviation: SD)を用いた。また、脳波データより発揮筋力調整中の事象関連脱同期(event-related desynchronization: ERD)を算出した。統計解析は、行動変数(MFEとSD)を従属変数、WM負荷とvisual gainを独立変数とした反復測定二元配置分散分析を実施した。データの正規性はShapiro-Wilk検定で評価し、事後検定にはBonferroni法を用いた。ERDはWM負荷とvisual gainを独立変数としたブートストラップ法を用いたANOVAを実施した。有意水準は5%とした。

### 【結果】

MFEおよび発揮筋力のSDについて、visual gainによる有意な主効果が認められ、MFEとSDはLow gain条件に比べHigh gain条件で小さかった。また、脳波の $\alpha$ - $\beta$ 周波数帯ERDは、WM負荷およびvisual gainによる主効果が認められ、低WM負荷に対して高WM負荷でERDが増強し、低visual gainに比べ高visual gainでERDが増強した。

### 【考察】

WM負荷によって発揮筋力調整中のERDが増強したが、行動変数には影響が認められなかった。発揮筋力を調整してターゲットに対する誤差を小さくしようとする際にERDが増強することから、WM負荷による発揮筋力調整機能の低下を補うためにERD(感覚運動野の活動)が代償的に増強し、結果としてパフォーマンスには影響が無かった可能性が示唆された。

### 【結語】

WM負荷は発揮筋力調整課題中の事象関連脱同期を増強する。本研究により、理学療法介入時には適切なWM負荷を与えることで感覚運動野の脳活動を増強させる可能性が示唆された。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は所属施設における承認(承認番号: 23021)を得ており、ヘルシンキ宣言の原則に従い実施した。また、すべての被験者に書面と口頭での研究内容の説明を行い、参加の同意を得て実験を行った。

## P-04-16 ポスター4(神経生理学12)

下肢筋に対する反復的末梢神経磁気刺激が皮質脊髄路の興奮性に及ぼす影響  
 ○石橋 清成<sup>1)</sup>, 石井 大典<sup>2,3)</sup>, 山本 哲<sup>4)</sup>, 河野 豊<sup>5)</sup>  
 1)茨城県立医療大学付属病院リハビリテーション部 理学療法科  
 2)茨城県立医療大学 保健医療学部 作業療法学科  
 3)千葉大学大学院医学研究院 認知行動生理解剖  
 4)茨城県立医療大学 保健医療学部 理学療法学科  
 5)茨城県立医療大学 医科学センター

【はじめに・目的】中枢神経疾患による運動麻痺に対する介入の1つとして、麻痺肢の感覚系を刺激することで神経可塑性を誘導し、運動麻痺の改善を目指す介入が行われている。この刺激介入に用いられる従来の電気刺激には、刺激範囲が表層の神経組織に限定される、刺激強度によっては疼痛を伴うなどの問題がある。そのため、上肢筋と比較して筋容積が大きく、神経組織が深部に存在する下肢筋に対しては、電気刺激以外の刺激介入の検討が必要である。磁気を用いた反復的末梢神経磁気刺激 (repetitive peripheral magnetic stimulation; rPMS) は、電気刺激に比べ深部の末梢神経への刺激が可能で、疼痛の誘発も少ないといわれている。しかし、rPMSに関する基礎的な研究では、上肢筋を対象とした報告は散見されるものの、下肢筋を対象とした報告やその刺激強度による影響についての報告はない。本研究では、下肢筋に対するrPMSが対象筋の皮質脊髄路の興奮性に与える影響について検討すること、また、その刺激強度による興奮性への影響についても検討することを目的とした。

【方法】健常成人8名に対し、右大腿直筋(rectus femoris; RF)を対象とした刺激強度の異なる3種類のrPMSをそれぞれ5分間、計4セッション実施し、その前後で右RFの皮質脊髄路の興奮性変化を運動誘発電位(motor evoked potential; MEP)を用いて検証した。rPMSの刺激強度は、右RFの運動閾値を基準に、運動閾値の0.9倍、1.2倍、1.5倍の3条件とした。得られたMEP振幅は、rPMS介入前のMEP振幅値で標準化し、反復測定の二元配置分散分析にて「刺激強度」と「介入時間」による影響を検討した。

【結果】「介入時間」による有意な主効果を認め、rPMS後にMEP振幅が増大した。「刺激強度」による主効果や、「刺激強度」と「介入時間」による交互作用に有意差は認めなかつた。

【考察】RFへのrPMS介入後にMEP振幅が増大したことから、下肢筋に対するrPMSは、上肢筋を対象とした場合と同様に、対象筋の皮質脊髄路の興奮性増大を誘導することが示唆された。また、MEP振幅の変化に「刺激強度」による主効果や交互作用を認めなかつたことから、rPMSは筋収縮を伴わない低い刺激強度でも対象筋の皮質脊髄路の興奮性増大を誘導する可能性が示唆された。本研究はサンプルサイズが小さく、サンプルサイズを増やした検証が必要である。

【結語】下肢筋に対するrPMSは、上肢筋を対象とした場合と同様に、対象筋の皮質脊髄路の興奮性増大を誘導することが示唆された。

【倫理的配慮・説明と同意】本学倫理審査会にて承認後に実施した(承認番号:1091)。研究協力者には書面及び口頭にて研究目的や方法を説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## P-04-17 ポスター4(神経生理学12)

脳波リズムに基づく周期的・非周期的な体性感覚刺激が一次体性感覚野の活動に及ぼす影響  
 ○佐々木 亮樹<sup>1,2)</sup>, 菅原 売一<sup>1)</sup>, 大西 秀明<sup>3,4)</sup>  
 1)神奈川県立保健福祉大学大学院 保健福祉学研究科  
 2)日本学術振興会 特別研究員(PD)  
 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)新潟医療福祉大学 運動機能医科学研究所

### 【目的】

反復的な体性感覚刺激(RSS)は、一次体性感覚野の興奮性変化を誘導し、体性感覚機能を向上させることができる。先行研究では、 $\beta$ 帯域(20 Hz)の周期的および非周期的なRSSを30分間行うと、非周期的なRSSが体性感覚機能の向上に効果的だったことを明らかにしている(Ross et al. 2022)。しかし、このRSSの周期特異的な効果のメカニズムについては不明である。そこで、本研究の目的は、体性感覚機能に重要な $\alpha$ ・ $\beta$ 帯域の周期的かつ非周期的な体性感覚刺激が一次体性感覚野の脳波律動に及ぼす即時効果を検証することであった。

### 【方法】

本研究には、健常若年成人18名が参加した。脳波律動の評価には、64チャンネル脳波計を使用した。初めに、被験者は閉眼状態で5分間の安静脳波を計測し、各被験者の $\alpha$ ・ $\beta$ 帯域のピーク周波数を算出した。電気刺激は右正中神経へ行い、算出した個々の $\alpha$ 帯域(8-12 Hz)と $\beta$ 帯域(15-29 Hz)のピーク周波数に合わせた周期的および非周期的刺激の4条件を設けた。各条件は、60回の刺激から構成され、刺激後に5.0-5.5秒の休止期間(解析区間)を設けて120回繰り返した。非周期的刺激の刺激間隔の設定は、ピーク周波数から $\pm 20$  msの範囲内で1 msごとに均等分布する60回の刺激とした。解析は、一次体性感覚野付近のC3電極から得られた信号に対して各刺激条件における時間周波数解析を実施した。統計では、各帯域の周期的および非周期的刺激の条件間ににおける $\alpha$ ・ $\beta$ 帯域のパワー値を比較した。

### 【結果】

$\alpha$ 帯域の刺激では、周期的および非周期的な刺激条件間に有意な $\alpha$ ・ $\beta$ 帯域のパワー変化は認められなかった。一方、 $\beta$ 帯域の非周期的刺激は、周期的刺激と比較して、刺激後から0-1秒の区間で特異的に $\beta$ 帯域のパワー(周期的刺激,  $0.02 \pm 0.11$  db; 非周期的刺激,  $0.24 \pm 0.17$  db)を増加させた( $p < 0.05$ )。

### 【考察】

先行研究では、 $\beta$ 帯域のRSSは、周期的よりも非周期的な刺激が体性感覚機能を効果的に向上させることを報告している(Ross et al. 2022)。しかし、この周期特異的な影響のメカニズムは不明であった。本研究では、 $\beta$ 帯域の非周期的刺激が一過性に $\beta$ 帯域の活動を高めることから、 $\beta$ 帯域の非周期的なRSSは $\beta$ 帯域の活動の増加を介して体性感覚機能の向上に貢献する可能性がある。したがって、 $\beta$ 帯域と非周期的刺激のRSSパラダイムが体性感覚機能を向上させるうえで重要なことが示唆された。

### 【結語】

$\beta$ 帯域の非周期的な体性感覚刺激は、 $\beta$ 帯域の活動を特異的に高め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、所属機関の倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:18-23-51)。対象者には、書面及び口頭にて研究内容を説明し、書面で同意を得た。

## P-04-18 ポスター4(神経生理学12)

### 筋力発揮に関わる皮質活動の違いが二重課題条件下における力の安定性に及ぼす影響

○石坂 陸<sup>1)</sup>, 高橋 碧希<sup>1)</sup>, 南 航大<sup>1,2)</sup>, 田中 優生<sup>1)</sup>, 宮崎 泰成<sup>1)</sup>, 渡邊 龍憲<sup>1,3)</sup>

1)青森県立保健大学大学院

2)東京湾岸リハビリテーション病院

3)早稲田大学、スポーツ科学研究センター

#### 【はじめに・目的】

二重課題条件下では片方または両方の課題の成績が低下することが知られており(二重課題干渉)、高齢者では発揮筋力調整課題を認知課題(暗算)と同時に使うと力の安定性が損なわれる。認知・運動処理を行うために必要な神経資源(neural resources)には上限があり、同時に実施している複数の課題の処理に要する容量の合計が上限を超えることが背景因子とされる。よって、筋力調整に必要な神経資源の量によって二重課題干渉の様相が異なる可能性が考えられるが、これを検討した報告は存在しない。本研究の目的は、運動および認知課題の実施が発揮筋力の安定性に及ぼす影響を、筋力発揮に関わる皮質活動が異なる2つの筋(足関節底屈筋・背屈筋)で比較検討することであった。

#### 【方法】

若年成人18名と高齢者18名を対象に、副課題を実施しながら、主課題である足関節底屈/背屈による発揮筋力調整課題を実施した。副課題は、運動課題として①片側上肢による反復手関節伸展課題(R hand)、②両側上肢による反復手関節伸展課題(R&L hand)を、認知課題として③手関節伸展による選択反応時間課題(CRT<sub>H</sub>)、④口頭反応による選択反応時間課題(CRT<sub>V</sub>)を実施した。被験者は主課題のみを実施する試行(Control課題)と副課題を実施しながら主課題を行う試行をランダムに行った。力の安定性の評価指標として、発揮筋力の変動係数(coefficient of variation: CV)と標準偏差(standard deviation: SD)を用いた。統計解析は年齢と課題条件を独立変数、発揮筋力の安定性を従属変数とした二元配置混合分散分析を底屈動作、背屈動作それぞれに対し実施した。事後検定にはBonferroni法を用い、有意水準は5%とした。

#### 【結果】

底屈動作における発揮筋力の安定性について、条件と年齢による主効果、交互作用がみられ、事後検定の結果、すべての条件で若年者より高齢者のほうが有意に低かった。また、高齢者において、副課題による安定性低下は運動課題と比較して認知課題で大きかった。背屈動作についても、条件と年齢による主効果および交互作用がみられた。事後検定の結果、発揮筋力の安定性は、若年者より高齢者の方が有意に低く、高齢者では、すべての課題条件でControlより有意に低下していた。

#### 【考察】

高齢者では、副課題の実施により力の安定性が低下した。これは、加齢に伴い神経資源が低下し、各課題へ神経資源を適切に分配することが困難になったことが要因と考えられる。また、皮質脊髄路からの入力は底屈筋より背屈筋で多く、底屈動作と比較して背屈動作でより多くの皮質領域が活動する。背屈動作では、筋力調整課題に神経資源がより多く消費されたために副課題の影響を受けやすかった可能性が考えられる。

#### 【結語】

発揮筋力調整課題における二重課題干渉効果は、筋力発揮に関わる皮質活動の影響を受ける可能性がある。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した。また、研究協力者には書面と口頭により研究内容について説明を行い、研究参加の同意を得たうえで実験を行った。

## P-04-19 ポスター4(神経生理学12)

### 両手協調運動パフォーマンスと皮質内抑制の関連性

○清水 直生<sup>1)</sup>, 吉岡 祐人<sup>1)</sup>, 四宮 永揮<sup>1)</sup>, 米田 旬希<sup>1)</sup>, 中川 幸太郎<sup>1,2)</sup>, 中野 英樹<sup>1,3,4)</sup>

1)京都橘大学健康科学部理学療法学科

2)ながしま脳神経外科リハビリクリニック

3)京都橘大学大学院健康科学研究科

4)情報通信研究機構脳情報通信融合研究センター

【はじめに・目的】要介護認定要因の上位である脳卒中患者の両手協調運動障害は、合目的的な課題目標を達成する対称的・非対称的な両手運動で顕在化されることが報告されている。このような両手協調運動の制御には脳内における抑制・促通の神経回路が関与することがわかっている。しかし、手指の重要な機能である対立運動を用いた両手協調運動と皮質内抑制の関連性は十分に明らかにされていない。これを明らかにできれば、脳卒中後の両手協調運動障害を改善させる新しい評価・治療法の開発に貢献できる可能性がある。そこで本研究では、手指対立の両手協調運動パフォーマンスと皮質内抑制の関連性について明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は健常若年者28名とした。まず全ての対象者は、母指と示指のタッピングを左右同時にインフェーズ課題と左右交互に行うアンチフェーズ課題を閉眼にて各々15秒間実施した。その際、磁気センサ型指タッピング装置を用いて各々の課題中の右手指運動の特徴量(距離の極大点の変動係数)を測定した。次に全ての対象者は、経頭蓋磁気刺激(TMS)を用いて皮質内抑制の指標であるサイレントピリオド(CSP)を測定した。対象者は、右手の母指と示指でピンチ力センサーを持ちて最大随意収縮の15%で等尺性収縮を実施し、その際のCSPを測定した。TMSの刺激部位は左運動野手指領域とし、刺激強度は安静時運動閾値の1.3倍とした。筋電図の電極は右第一背側骨間筋に貼付した。統計解析にはシャピロウイルク検定を用いて正規性の確認を行い、スピアマンの順位相関係数を用いて距離の極大点の変動係数とCSPの関連性を検討した。有意水準は5%とした。

【結果】統計解析の結果、インフェーズ課題とアンチフェーズ課題における距離の極大点の変動係数は、各々、CSPと有意な正の相関を示した( $r = 0.44, p < 0.05; r = 0.46, p < 0.05$ )。

【考察】過去の研究により、精密運動課題において対象者が注意の焦点化を要求された際にCSPは短縮することが報告されている。また、皮質内抑制と行動反応抑制の関連を調査した研究によると、CSPとストップシグナル課題の間には正の相関を認め、皮質内抑制の脱抑制が行動反応抑制の成績に関与することが明らかにされている。以上のことから、本研究では手指対立の両手協調運動における注意の焦点化によって、皮質内抑制に脱抑制を認める者ほど両手協調運動パフォーマンスが高いことが示唆された。

【結語】本研究により、手指対立の両手協調運動パフォーマンスと皮質内抑制の間には関連性があることが明らかにされた。

【倫理的配慮・説明と同意】所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:23-17)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## P-04-20 ポスター4(神経生理学13)

### 経穴刺激理学療法における圧刺激時間の違いによる脊髄運動神経機能の興奮性への影響

#### —30秒と60秒での検討—

○上田 凌平<sup>1)</sup>, 上原 愛里花<sup>1)</sup>, 尾上 葉菜<sup>1)</sup>, 山口 悠<sup>1)</sup>, 東藤 真理奈<sup>1,2)</sup>, 福本 悠樹<sup>1,2)</sup>, 谷 万喜子<sup>2,3)</sup>, 鈴木 俊明<sup>3)</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

3)関西医療大学 保健医療学部 はり灸・スポーツトレーナー学科

**【はじめに・目的】**我々は、筋緊張異常に対する治療手技の一つとして、経穴刺激理学療法(以下ASPT)という手技を提唱している。ASPTとは、鍼灸医学における循経取穴の理論を応用した治療法で、圧刺激時間は60秒間としているが、より短い圧刺激時間でも同程度の効果があれば臨床応用の幅も広がると考えた。本研究では、尺沢(しゃくたく)への圧刺激時間を30秒間と60秒間で設定し、脊髄運動神経機能の興奮性の変化に与える影響をF波を用いて比較検討した。

**【方法】**健常者37名(平均年齢20.5±1.5歳)を対象とした。安静の後、上腕二頭筋腱外側に位置する尺沢に対してASPTで筋緊張を抑制する垂直方向への圧刺激(抑制手技)を各個人の疼痛閾値にて行った。圧刺激時間は、30秒または60秒とし(30秒間条件/60秒間条件)、組織硬度計/圧痛計OE-220(伊藤超短波社製)を用いて圧刺激した。そして、安静と圧刺激中に加えて、刺激直後から15分後まで5分刻み(post0,5,10,15)にてF波を計測し、脊髄運動神経機能の興奮性変化を評価・追跡した。F波は、左短母指外転筋から導出し、刺激条件は最大上刺激、持続時間0.2ms、頻度は30秒間条件では1Hz、60秒間条件では0.5Hzとし、それぞれ30回刺激した。F波分析項目は安静時に対する各試行での振幅F/M比相対値とした。また、各条件の実施は順不同とし一連の流れを別日に行った。条件内比較は、Friedman検定を実施した後にWilcoxonの符号順位検定で比較し、Bonferroni補正を行った。条件間比較では、30秒間条件と60秒間条件の比較をWilcoxonの符号順位検定で実施した。

**【結果】**振幅F/M比相対値の変化として、30秒間条件では、post0に対してpost5にて低下( $p=0.041$ )、60秒間条件では、ASPT実施中に対してpost10にて低下した( $p=0.032$ )。また、ASPT実施中とpost15にて、60秒間条件と比較した30秒間条件で低下した(ASPT: $p=0.002$ , post15: $p=0.006$ )。

**【考察】**今までの我々の研究では、圧刺激時間60秒間でのASPT抑制手技ではASPT実施中に一過性に脊髄運動神経機能の興奮性増大し、圧刺激実施直後から抑制効果が生じていた。本研究でも60秒間条件では同様な結果であったが、30秒間条件では60秒間条件とは異なりASPT実施中の脊髄運動神経機能の興奮性増大を認めなかった。本研究にて用いた疼痛閾値レベルの圧刺激強度は、自律神経系や覚醒レベルを介し脊髄運動神経機能の興奮性増大させる可能性があり、抑制効果を得るために直前の一過性の増大を得るために、60秒間の圧刺激時間が必要と考える。しかし、両条件間の比較では、post15にて30秒間条件で脊髄運動神経機能の興奮性は低下したことから、30秒間条件の臨床応用も今後検討する必要性がある。

**【結語】**本研究の結果より尺沢へのASPT抑制手技を実施する際、60秒間の圧刺激時間を用いることが、ASPT実施後からの脊髄運動神経機能の抑制には有用であるが、圧刺激時間30秒間の臨床応用も更なる検討が必要であることが示唆された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は発表者の所属する研究倫理審査委員会の承認(23-07)を得た。

## P-04-21 ポスター4(神経生理学13)

### 経穴刺激理学療法による筋出力および脊髄運動神経機能への影響

#### -促通手技によるパイロットスタディ-

○東藤 真理奈<sup>1,3)</sup>, 福本 悠樹<sup>1,3)</sup>, 谷 万喜子<sup>2,3)</sup>, 鈴木 俊明<sup>1,3)</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 保健医療学部 はり灸・スポーツトレーナー学科

3)関西医療大学大学院 保健医療学研究科

**【はじめに・目的】**経穴刺激理学療法(以下ASPT)とは、鍼灸医学の循経取穴の理論に基づき罹患筋上を通る経絡で、且つ遠隔の経穴を選穴し、圧刺激方向の違いによって筋緊張をコントロールする理学療法手技の一つである。圧刺激の方法は、経穴に対して垂直に圧を加えると筋緊張が抑制(抑制手技)され、斜めに圧を加えると筋緊張が促通(促通手技)されることが報告されている。しかし、これまでの報告では抑制手技に関する検討が多く、促通手技に関する検討が少ない。本研究では、ASPTでの促通手技による筋出力への影響を脊髄運動神経機能の興奮性の指標となるF波を用いて検討した。

**【方法】**健常者2名を対象に、安静背臥位にてF波を計測した後、ASPTを実施しながらF波を計測するが、その前後で母指の掌側外転における最大筋出力を計測した。最大筋出力の評価には、Digital indicator F340A(Unipulse社製)を用いて、10秒間維持した際の最大値とした。そして、ASPTでは循経取穴の理論より短母指外転筋上を通る手太陰肺經という経絡上で、上腕二頭筋腱外側に位置する尺沢(しゃくたく)に対して、筋緊張促通手技である斜め方向の圧刺激を疼痛閾値にて行った。圧刺激時間は60秒とし、組織硬度計/圧痛計OE-220(伊藤超短波社製)にて一定の圧刺激とした(ASPT試行)。コントロール群として、圧刺激を加える部位を非経絡、非経穴で、尺沢と同じデルマトームC6領域内の尺沢より2cm遠位として、別日に実施した(non-ASPT試行)。F波分析項目は、振幅F/M比とし、安静時に対する相対値にて両試行間を比較した。筋出力においては、圧刺激前後ににおける変化量を算出することで両試行間での筋出力を比較した。

**【結果】**振幅F/M比相対値では、両者ともASPT試行(n1=0.44, n2=1.09)の方が、non-ASPT試行(n1=0.85, n2=1.63)より低値であった。最大筋出力では、両者ともASPT試行(n1=0.35, n2=0.31)で、non-ASPT試行(n1=0.07, n2=-0.03)より高値であった。

**【考察】**ASPT試行において脊髄運動神経機能の興奮性は、non-ASPT試行より低下し、最大筋出力はわずかに増大した。このことから経穴への圧刺激が最大筋出力に影響を与える可能性がある。ASPTは圧刺激を表皮上から与えることで筋へ影響を与えるとされているが、本研究では疼痛に関する感覚受容器からの影響については同一デルマトーム上としたことで影響は乏しいと考える。ASPT試行とnon-ASPT試行の違いは、圧刺激部位が異なることであるが、今回は2名の検討であったために、今後さらに被検者を増やし検討する必要がある。

**【結語】**短母指外転筋に対応した尺沢へのASPT促通手技において、最大筋出力増大の可能性が考えられる。

#### 【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の承認(24-03)を得た。

**P-04-22 ポスター4 (神経生理学13)**

手太陰肺経の尺沢と孔最への経穴刺激理学療法における脊髄運動神経機能の興奮性は変化しない

○伊藤 明<sup>1)</sup>, 有木 亨<sup>1)</sup>, 竹本 悠我<sup>2)</sup>, 東藤 真理奈<sup>1,3)</sup>, 福本 悠樹<sup>1,3)</sup>, 谷 万喜子<sup>2,3)</sup>, 鈴木 俊明<sup>3)</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 保健医療学部 はり灸・スポーツトレーナー学科

3)関西医療大学大学院 保健医療学研究科

【はじめに・目的】経穴刺激理学療法（以後ASPT）とは、鍼灸医学における循経取穴の理論を応用しておこなう治療法である。先行研究では、短母指外転筋の筋緊張抑制を目的にASPTをおこなう際、手太陰肺経上の経穴である尺沢（しゃくたく）を選穴し、効果を検討してきた。その中で、尺沢と同じ手太陰肺経上にある他の経穴でも、短母指外転筋の筋緊張抑制を目的としたASPTで同等の効果が得られるか検討する必要があると考えた。本研究では、尺沢よりも遠位側に位置する孔最（こうさい）への圧刺激による脊髄運動神経機能の興奮性の変化をF波にて比較検討をおこなった。

【方法】対象は健常者35名（20.5±1.5歳）であり、まず安静背臥位にて左正中神経刺激によるF波を左短母指外転筋より記録した（安静時）。次に圧刺激をおこなう経穴（尺沢または孔最）に対して、垂直方向への圧刺激を、個人における疼痛閾値の強度にて、組織高度計/圧痛計OE-220（伊藤超短波社製）を用いて1分間おこなった（ASPT実施中）。そして圧刺激終了直後から15分後まで5分刻みでF波を計測した（post0,5,10,15）。尺沢条件と孔最条件は順不同とし、2施行は別日に実施した。F波分析項目は振幅F/M比相対値とした。統計処理は、Shapiro-Wilk検定にて正規性が棄却されたため、Friedman検定を実施した後、Wilcoxonの符号付順位検定で各条件内比較し、Bonferroni補正を行った。尺沢条件と孔最条件の条件間比較にはWilcoxonの符号付順位検定を使用した。有意水準は5%とした。

【結果】条件内比較では、尺沢条件と孔最条件はともに、安静時、ASPT実施中、post0からpost15などの試行においても統計学的な差は認めなかった。次に、条件間比較においては、尺沢試行と孔最試行を比較したが、いずれも統計学的な差を認めなかった。

【考察】尺沢と孔最は共にデルマトームの第6頸髄領域に位置しており、皮膚への圧刺激は皮膚受容器から一次体性感覚野まで上行すると、運動前野・補足運動野へ投射し背側網様体脊髄路を介して筋へ抑制性に作用すると言われている。今回、尺沢と孔最は同じデルマトーム上に存在することで短母指外転筋に対応する脊髄運動神経機能の興奮性に差を認めなかつたのではないかと考える。また、今回の結果が経穴を刺激したことによる起因するか否かは定かではない。今後は、同じデルマトーム上の非経穴刺激でのF波変化を検討することで、経穴刺激理学療法の有効性を検討したい。

【結語】本研究の結果より短母指外転筋に対応したASPTを実施する場合、循経取穴の理論に基づき、同経絡上の経穴であれば、近位側と遠位側の経穴には筋緊張抑制効果に差を認めないことが示唆された。

【倫理的配慮と説明と同意】

本研究は発表者の所属する研究倫理審査委員会の承認（23-06）を得た。

**P-04-23 ポスター4 (神経生理学13)**

脳機能と脊髄運動神経機能の同時計測から試みる運動練習と運動イメージの併用効果の検討 -ワーキングメモリ機能が異なる2名での比較

○福本 悠樹<sup>1,2)</sup>, 備前 宏紀<sup>3)</sup>, 東藤 真理奈<sup>1,2)</sup>, 鈴木 俊明<sup>1,2)</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

3)関西医療大学 保健医療学部 作業療法学科

【はじめに・目的】

理学療法士は運動技能再獲得のため適切な運動の再学習を図る必要がある。我々は、反復練習は技能向上をもたらすが、運動イメージ(MI)を併用することで、さらに大きな技能向上に繋がることを報告した。その際、技能向上の神経生理学的背景として脊髄運動神経機能の興奮性変化が重要であるとしたが、運動学習過程において変化しているのは、脊髄運動神経機能だけでなく脳機能も含めた中枢神経系全般であると考えるのが妥当である。そこで、運動練習とMIの併用効果を脳機能と脊髄運動神経機能の同時計測から検証することとした。

【方法】

対象はDigit Span逆唱にて回答可能であった桁数を指標としたワーキングメモリ機能(WM)良好者(6桁)と不良者(4桁)の2名とした。技能評価は、非利き手で30秒間ペグ課題を実施させた際のPeg Scoreとし、一連の練習の実施前後で比較した。一連の練習は、ペグ課題と30秒間のMIの併用課題とし、6セット実施した。安静とMI1回目、6回目では、脳機能と脊髄運動神経機能の評価を行うこととし、各機能評価の計測時間はMI実施時間と同一とした。脳機能イメージ評価には、NIRS OT-R41（日立社製）を用い、関心領域は運動実施側と対側の前頭眼窓、下前頭前野、前頭極、背外側前頭前野、補足運動野、一次運動野とし、Oxy-Hb濃度変化を算出した。脊髄運動神経機能の興奮性は筋電計Viking Quest(Natus 社製)を用いF波で評価した。左手関節部の正中神経上に刺激電極、左母指球上の筋群に探査電極、第一中手骨頭背側に基準電極、前腕中央部に接地電極を貼付した。刺激強度は最大上刺激、持続時間が0.2ms、刺激頻度は1Hz、刺激回数は30回、分析項目は振幅F/M比とした。

【結果】

良好者は一連の練習後にPeg scoreが+4本となり、安静を基準としたMI1回目と比較した6回目にて、右補足運動野と右背外側前頭前野のOxy-Hb濃度が増大、その他の関心領域は低下、さらに振幅F/M比の増大を認めた。不良者のPeg score向上は+1本に留まり、安静を基準としたMI1回目と比較した6回目にて、全関心領域のOxy-Hb濃度と振幅F/M比は低下した。

【考察】

今回は健常者2名での検討であるが、WM良好者は、運動イメージ能力が高いために、現有する能力よりも高度な技能水準獲得を求める複雑性の高いMIを実施したと思われる。それに伴い、MIを反復する中で、脳機能および脊髄運動神経機能の興奮性増大に繋がり運動技能が向上した可能性がある。一方で、WM不良者は、MI中に現有する技能水準への適応が進み、脳機能および脊髄運動神経機能の興奮性が減少したなかでも、同程度の運動技能を維持できたものと思われる。

【結語】

ペグ課題と30秒間のMIの併用効果は、技能・脳機能・脊髄運動神経機能のいずれの側面においても、WMの違いが影響する可能性がある。

【倫理的配慮、説明と同意】

本研究は発表者の所属する研究倫理審査委員会(承認番号:23-20)の承認を得た。

**P-04-24 ポスター4(神経生理学13)**

**運動様式の違いが運動後 $\beta$ ERSに及ぼす影響  
—脳波を用いた検討—**

○小菅 凜<sup>1)</sup>, 赤岩 真悠<sup>2)</sup>, 齊藤 秀和<sup>3)</sup>,  
松田 裕弥<sup>1)</sup>, 黒川 凌<sup>1)</sup>, 菅原 靖<sup>1)</sup>, 工藤 哲史<sup>4)</sup>,  
柴田 恵理子<sup>5)</sup>, 佐々木 健史<sup>2)</sup>, 菅原 和広<sup>2)</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 理学療法学第一講座  
3)札幌医科大学 保健医療学部 作業療法学科 作業療法学第一講座  
4)柏葉脳神経外科病院 リハビリテーション科  
5)北海道文教大学 医療保健科学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

**【はじめに・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 $\beta$ 帯域の事象関連同期(Event-related synchronization: ERS)が観察される。このERSは運動に伴う末梢感觉入力や運動抑制に関与することが報告されているが、発生機序は明らかにされていない。そこで本研究では、脳波を用いて異なる運動様式に伴う脳律動変化を比較し、運動後に出現する $\beta$ ERSの変化について調査した。

**【方法】**対象は健常成人12名とし、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)時の脳波変化を0.03~300 HzのFilter, 1 kHzのSamplingで計測した。脳波は国際10-20法のFz, Cz, Pz, F3, C3, P3, F4, C4, P4より記録し、基準電極はA1, A2とした。関節運動あり条件では板面から約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板面に固定した状態で右示指伸筋の収縮を行った。両運動条件ともに運動間隔は約6秒とした。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。Temporal spectral evolution(TSE)を用い、運動開始前4000 msから3500 msをbaselineに18-23 Hz( $\beta$ 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】**全被験者において、両条件ともに運動後にbaseline(100 %)を上回る $\beta$ ERS(peak潜時、約780 ms)が観察された。C3における $\beta$ ERSの変化量は関節運動あり条件で125 % (最大値: 214 %, 最小値: 110 %), 関節運動なし条件で118 % (最大値: 155 %, 最小値: 102 %)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】**関節運動の有無に関わらず運動後に $\beta$ 帯域のERSが観察されたが、関節運動あり条件と比較して関節運動なし条件で低値となった。関節運動なし条件では関節位置変化が生じないが、関節運動の有無に関わらず筋収縮に伴う主動筋の筋緊張変化が生じる。このことから、運動後にみられる $\beta$ ERSは筋緊張変化も関与すると考えられる。

**【結語】**関節位置変化が生じない運動様式においても $\beta$ ERSが観察されたことから、随意運動後の $\beta$ ERSは位置感觉入力の変化に加えて、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】**本研究は所属施設の倫理審査の承認を得ており(承認番号: 29-2-58), 対象者には研究内容を十分に説明し、同意を得た。

**P-04-25 ポスター4(基礎から臨床への橋渡し研究2)**

**がん悪液質に対する栄養介入の検討-中鎖脂肪酸に着目して-**

○西田 亮一<sup>1,2)</sup>, 額賀 舞太<sup>1)</sup>, 緒方 瑠衣子<sup>1)</sup>,  
川原 純<sup>1)</sup>, 宮川 良博<sup>1)</sup>, 後藤 桂<sup>1)</sup>, 中嶋 千恵<sup>1)</sup>,  
大森 斎<sup>1)</sup>, 羅 奕<sup>1)</sup>, 谷 里奈<sup>1)</sup>, 國安 弘基<sup>1)</sup>  
1)奈良県立医科大学 分子病理学講座  
2)大阪国際がんセンター 腫瘍増殖制御学部

**【背景と目的】**がん悪液質(CC)はミトコンドリア機能障害を有し、骨格筋萎縮を呈する治療困難な病態である。我々は、これまでに中鎖脂肪酸(MCFA)の一つであるラウリン酸(炭素数12, C12)とグルコースの併用が骨格筋萎縮を抑制することが報告した。しかしながら、C12はココナッツ臭が特徴的でがん患者には適応困難であった。カプリル酸(炭素数8, C8)、カプリン酸(炭素数10, C10)は、無味無臭であり適応可能となる可能性がある。本研究では、CCに対する栄養介入の実現に向けた3種類のMCFAが骨格筋に及ぼす影響について検討した。

**【方法】**実験にはマウス筋芽細胞株であるC2C12を用いて以下の実験を行った。実験①:C8, C10, C12をそれぞれ2日前処理した後、分化誘導を行った。実験②:C8が骨格筋分化とミトコンドリア品質管理に与える影響を検証するために、C8に加えてautophagy阻害剤であるクロロキン(CQ)で前処理(C8+CQ)し、分化誘導を行った。実験①, ②で処理した細胞は、分化マーカー(Myosin heavy chain(MYH), MyoD)の免疫蛍光染色を行った。さらにタンパク質を抽出し、ウェスタンプロット(WB)法でMHC発現量、ミトコンドリア量、Mitophagy経路を比較検討した。さらに、各MCFAにおける骨格筋ミトコンドリアに対する代謝フラックス解析を行った。

**【結果】**実験①: MyoD, MHC発現量はC8で亢進したが、C12で抑制を認めた。さらにC8では、ミトコンドリア量は増加し、ミトコンドリア新生に関与するPGC-1 $\alpha$ は亢進した。Mitophagy経路はC8で増加し、ミトコンドリア分裂を制御するDRP1は増加した。

実験②:C8に対するC8+CQはmitophagy関連タンパクは増加し、PGC-1 $\alpha$ は低下した。ミトコンドリア機能を細胞外フレックスアナライザーで検討したところ、C8に対するC8+CQ処理は最大呼吸量とATP産生量を低下させ、Proton leakは増加した。さらにC8+CQ処理により、MYH発現量は抑制された。

**【考察】**3種類のMCFAは作用の差異が確認され、C8はミトコンドリア品質管理、骨格筋分化を促進した。CCではミトコンドリア機能障害を有し、ROSの増加とOXPHOSの低下が原因となる。C8はMitophagy経路の活性化だけでなく、ミトコンドリア新生によりROSとOXPHOSの改善をもたらした。MCFAは、炭素数の長さに依存し、C8が最もOXPHOSを促進した可能性が考えられる。C8は無味無臭であり、食思不振を呈するCC患者においても適応となる可能性が考えられる。今後、さらにCCへの栄養介入の可能性について可能性について検討していく。

**【倫理的配慮、説明と同意】**細胞培養実験であるため該当しない。

**P-04-26 ポスター4(基礎から臨床への橋渡し研究2)**

### 大胸筋下における上腕二頭筋長頭腱周囲の肉眼解剖学的観察

○清水 圭悟<sup>1)</sup>, 田平 陽子<sup>2)</sup>, 原野 達也<sup>1)</sup>,  
 菊地 慶士郎<sup>2,3)</sup>, 范 綾<sup>2)</sup>, 拝形 祐登<sup>1)</sup>, 井上 詠子<sup>1)</sup>,  
 能間 国光<sup>1)</sup>, 嵐嶽 堅<sup>4)</sup>, 渡部 功一<sup>2)</sup>  
 1)久留米大学大学院 医学研究科 博士課程 生理系 解剖学  
 肉眼・臨床解剖分野  
 2)久留米大学 医学部 解剖学講座 (肉眼・臨床解剖部門)  
 3)久留米大学 医学部 整形外科講座  
 4)久留米大学 医学部 看護学科

【目的】肩関節の安定性において上腕二頭筋長頭腱(以下, LHBT)は重要であり、その機能について多くの報告がなされている。LHBTは、関節上結節から起り、大胸筋下で結節間溝を走行する。また、大胸筋下のLHBTはtunnelで被覆されていると報告されているがそのtunnelの構成には様々な説がある。本研究は、その大胸筋下のtunnelの解剖学的構造を明らかにすることを目的とした。【方法・対象】久留米大学医学部系統解剖学実習に供された御遺体27体の両側肩関節48肢(観察不能例6肢を除く)を対象として、LHBTの3部位(関節内、結節間溝、関節外)の計測と大胸筋下でLHBTを被覆しているtunnelの肉眼解剖学的観察を行った。更に、Stretched Tissue Dissection(以下、STD)を1例行い、LHBT周囲の構造を観察した。【結果】LHBTは、関節内と比較して関節外が幅、厚さ、断面積は最も細く、扁平率が低かった。大胸筋下のtunnelは48肢中45肢で存在し、肉眼解剖、STDでの観察によりtunnelの前壁は大胸筋腱、薄い結合組織性の膜、外側壁は大胸筋腱、内側壁は、薄い結合組織性の膜結合組織、後壁は広背筋腱、薄い結合組織性の膜、上腕骨面が位置していた。【考察】本研究では、通常の表層から深層に向かって解剖をする従来の手法に加え、皮膚を残したまま断面を作成するSTDも用いて、肉眼解剖学的観察を行った。STDによる観察を行うことで、筋膜や脂肪、結合組織を傷つけることなく、LHBT周囲の構造をより正確に把握することができた。大胸筋下のtunnel構造は、tunnelの前壁、後壁、内側壁に薄い結合組織性の膜が存在し、その構造は、過去の報告と異なっていた。また、関節外LHBTの扁平率が低い部分を被覆しているtunnelは、LHBTの長軸滑走に耐えられる構造で、手指の腱鞘のような役割を有していると考えた。【結語】本研究では、大胸筋下のLHBTを被覆しているtunnel構造について明らかにすることを目的とした。本研究では、断面での解剖を実施することでLHBT周囲の観察をより詳細に構造を把握することができた。今後は、組織学的な評価も行い、tunnelの構造をさらに明らかにする必要があると考える。【倫理的配慮】本研究は、ヘルシンキ宣言に基づく倫理的原則を遵守し、「人を対象とする生命科学・医学系研究に関する倫理指針」に従って実施した。なお、本研究は久留米大学倫理委員会の承認を得て、研究機関長の許可を受けて実施した(承認番号23161)。

**P-04-27 ポスター4(基礎から臨床への橋渡し研究2)**

### 活動量計を用いて脳卒中片麻痺患者の身体活動量を推定するための最適な測定部位・測定アルゴリズムの検証

○古関 一則<sup>1)</sup>, 高橋 一史<sup>1)</sup>, 石橋 清成<sup>1)</sup>, 小林 直樹<sup>2)</sup>,  
 岸本 浩<sup>3)</sup>  
 1)茨城県立医療大学付属病院 リハビリテーション部  
 理学療法科  
 2)茨城県立中央病院 リハビリテーション技術科  
 3)茨城県立医療大学付属病院 診療部 リハビリテーション科

【はじめに・目的】身体活動量(AEE)の計測手段の一つとして活動量計が用いられる。しかし脳卒中患者では片側の運動麻痺を伴い、健常者とは異なる動作パターンを呈することから、活動量計の最適な装着部位やAEE算出アルゴリズムは不明である。本研究では、脳卒中患者に活動量計を用いて正確なAEEを推定するための予備的研究として、活動量計の有効な装着部位、AEE算出アルゴリズムを検証することを目的とした。

【方法】当院回復期病棟の脳卒中患者27例(平均年齢 $61.7 \pm 10.5$ 歳)を対象とした。10分間の理学療法介入中ににおけるAEEを、間接熱量計(AE-100i)及び5個の活動量計(Actigraph GT9X:AC)にて同時計測した。ACの装着部位は、腰部、麻痺側手首、非麻痺側手首、麻痺側足首、非麻痺側足首とした。ACによるAEEは、Freedson VM3(VM3)とFreedson VM3 Combination(VM3\_Comb)のアルゴリズムを用いて算出した。間接熱量計のAEEを基準として、ACの部位毎、アルゴリズム毎のAEEの精度、一致度を床効果の判定、Spearmanの相関係数、二乗平均平方根誤差(RMSE)を用いて分析した。

【結果】間接熱量計より算出したAEE(kcal):  $16.7 \pm 6.0$ に対してACより算出されたAEE(VM3, kcal)は $8.4 \pm 8.8 \sim 32.8 \pm 17.4$ 、AEE(VM3\_Comb, kcal)は $11.4 \pm 10.9 \sim 33.9 \pm 17.1$ であった。VM3の腰部、麻痺側/非麻痺側手首において床効果を認めた。間接熱量計のAEEとVM3/VM3\_Combの腰部・麻痺側/非麻痺側足首及びVM3\_Combの麻痺側手首の間に有意な相関を認めた( $r=0.45 \sim 0.84$ )。RMSEはVM3\_Combの麻痺側/非麻痺側手首で低値であり、VM3/VM3\_Comb共に非麻痺側足首において高値であった。

【考察】ACで計測したAEEは測定部位/算出アルゴリズムによる差が大きく、片麻痺患者においてAC単独ではAEEの推定が難しい可能性が示唆された。非麻痺側下肢での計測は間接熱量計のAEEと相関が高いもののAEEを過大に見積もる傾向が、上肢・腰部ではAEEを低く見積もる傾向が、VM3では複数の測定部位で床効果が認められた。これは歩行練習を主体に取り組むPT中の計測であること、健常者に比べ歩行速度が遅い片麻痺患者の特徴を反映したものと考えられた。

【結語】脳卒中患者において活動量計より推定したAEEは算出方法や測定部位により差異が認められた。今後は上記特徴を踏まえ、脳卒中患者に対応した補正方法を検討し、正確なAEEの推定法を確立していく。

【倫理的配慮・説明と同意】倫理審査会で承認後に実施した(承認番号:928)。研究協力者には書面及び口頭にて研究目的や方法を説明し書面で同意を得た。

**P-04-28 ポスター4(基礎から臨床への橋渡し研究2)**

橋背側出血後にバランス障害を呈した患者に対する視覚、体性感覚FBを利用したバランス介入が片脚立位時間に及ぼす効果-ABABシングルケースデザインによる検討-

○横里 直輝、川上 健司

京都リハビリテーション病院 リハビリテーション部

【はじめに】橋背側出血後のバランス障害を呈する患者に対し、視覚や体性感覚フィードバック(FB)を用いたバランス介入の片脚立位時間に対する効果を検討した。【方法】対象は右橋背側出血後の50歳代男性。初期評価として、Scale for the Assessment and Rating of Ataxia (SARA)は8点で左上下肢に軽度運動失調を呈していた。麻痺側下肢運動機能はBrunnstrom stage VI、表在・深部感覚は正常であった。筋力は左右ともにMMT体幹、下肢5であった。歩行は独歩にてFunctional Ambulation Categories(FAC) 3であった。Mini-Balance Evaluation Systems Test (Mini-BESTest)は14点であった。本研究はABAB型シングルケースデザインで、リーチ練習と段差踏み替え練習 (A1,2期)、視覚、体性感覚FBを用いたバランス練習(B1,2期)とし、各期3日間ずつ設定した。B期では、鏡を使用しアライメントと足底荷重に意識を向け、左右の片脚立位を2秒行い反復した。主要アウトカムは片脚立位時間とし、バランス練習後毎回計測した。片脚立位時間の効果判定は標準偏差法を用い、A1期の平均値±2標準偏差値(SD)の範囲外であれば統計的に差があるとした。また、A期最終値とB期の初期値の差を即時的効果として分析した。【結果】FACは4、Mini-BESTestは19点へ向上し、身体機能評価に変化はなかった。片脚立位時間は、B期では左右共に全ての値が平均値+2SDを上回り、A2期では右は全4回分の測定値の内3つ、左は2つが平均値+2SDを上回った。即時的効果はA→B期にて向上、B1→A2期にて低下した。【考察】本症例は左上下肢に失調症状を有していた。失調症状は、無意識的な深部感覚情報によるFB制御障害とされており、意識的な体性感覚を利用したアプローチがよいとされている。また、運動制御を行う際、視覚入力と体性感覚入力を統合しているとされている。鏡FBによる自身のアライメント(視覚情報)と荷重感覚(体性感覚情報)との統合が図れ、正中位での荷重学習ができたため、A期に比べてB期の片脚立位時間が向上したと考えられた。また、協調運動障害は測定障害や運動開始・停止遅延が生じるとされている。鏡FBにより、重心移動量やタイミングを視覚的に確認し、予測される運動との誤差学習が行えた事も、片脚立位時間向上に寄与したと考えられた。【結語】橋背側出血後のバランス障害を呈する患者に対し視覚、体性感覚FBを利用したバランス介入を行い片脚立位時間が向上した。

【倫理的配慮・説明と同意】本研究は所属施設における研究倫理審査委員会の承認のもと実施され(承認番号:HM22-504)療法士から本人へ説明し同意を得た。

**P-04-29 ポスター4(基礎から臨床への橋渡し研究2)**

回復期リハビリテーション病棟入院患者の歩行能力別での姿勢制御の違いの検討-効果的なバランス訓練への基礎研究-

○角谷 哲成<sup>1)</sup>、小野 洋太<sup>1)</sup>、井上 裕太<sup>2)</sup>、久保田 樹<sup>2)</sup>

1)医療法人 喬成会 花川病院 リハビリテーション部

2)医療法人社団 健育会 竹川病院 リハビリテーション部

【はじめに・目的】高齢者の主要な転倒危険因子には姿勢バランス機能がある(島田、2006)。従来のバランス訓練は弱点が報告され(田中ら、2009)、また、歩行能力別に静的・動的バランスを要素毎に検討した報告は渉猟する限り見当たらない。本研究は、効果的なバランス訓練への基礎研究として、回復期リハビリテーション病棟患者の歩行能力別での姿勢制御の違いを検討する。

【方法】対象は2023年7月1日から12月31日までに2施設の回復期リハビリテーション病棟より退院した以下基準を満たした患者140名( $81.9 \pm 6.5$ 歳)とした。包含基準は独歩または杖で退院時Functional Ambulation Categories(FAC)2-5、除外基準はFAC1、Mini-Balance Evaluation Systems Test(Mini-BESTest)が困難、65歳未満の患者とした。調査項目を年齢、性別、BMI、発症からの日数、MMSE、膝伸展筋力体重比、閉脚位閉閉眼での重心動搖(総軌跡長、95%信頼幅円面積)、Mini-BESTestの要素毎の点数とし、退院前1週間以内に計測した。統計解析は、退院時FAC2-3を非自立群、4-5を自立群とし、従属変数を歩行自立の有無、調査項目を2群間比較し有意差の出た項目を独立変数として二項ロジスティック回帰分析(強制投入法)を行う。有意水準は5%とした。

【結果】歩行自立に至ったのは99名(70.7%)であり、オッズ比(95%CI、P値)は歩行安定性で1.81(1.31-2.68、P<0.01)、感覚機能で2.72(1.60-5.05、P<0.01)、予測的姿勢制御で1.489(0.87-2.63、P=0.155)、最大膝伸展筋力で1.08(1.03-1.15、P<0.01)、年齢で0.90(0.8-0.99、P<0.05)であった。

【考察】姿勢の安定には、最も適切な感覚情報を選択する能力が、バランス障害の一因である可能性が考えられている(Clarissa B et.al, 2011)。また、障害物跨ぎ時のふらつきや失敗(進矢、2023)、歩行中の自己身体認識の低下(杉原ら、2006)、処理能力の限界(Kahneman D, 1973)が転倒リスクを上げると報告されており、歩行自立度向上に感覚機能と歩行安定性が重要な指標であることが示唆される結果となった。

【結語】Mini-BESTestでの感覚機能と歩行安定性が退院時の歩行自立度に影響し、これらを考慮した訓練を行うことが重要であり、また、年齢と膝伸展筋力最大値も影響している可能性が示された。

【倫理的配慮・説明と同意】本研究は、当院倫理審査委員会の承認を得て行われた(23-012)。ヘルシンキ宣言に基づき対象者の保護には十分留意し、説明と同意など倫理的な配慮を行った上で同意書に同意を頂いた。

## P-04-30 ポスター4(生体評価学4)

### 深層学習を利用したより安全に転倒リスクを評価する方法の探索

○木村 剛英  
つくば国際大学 医療保健学部 理学療法学科

#### 【目的】

高齢者の転倒は寝たきりや要介護度の重症化につながる、社会的に解決すべき問題である。転倒リスクを評価する方法として、二重課題の成績の有用性が示唆されている(Lundin et al.,1997,他)。しかし、先行研究で検討されてきた二重課題は主に歩行と認知課題を組み合わせた二重課題であるため、この二重課題自体が転倒するリスクを内包していること、歩行速度を正確に測定する機器が限られた施設にしかないこと、といった問題点があった。このため、二重課題を用いた転倒リスクの評価は、広く一般に普及していない。

そこで本研究では、安全に、簡便に対象者の転倒リスクを評価する二重課題を用いた新たな方法として、深層学習を解析に用いた膝の屈伸運動の有用性を検討する。

#### 【方法】

研究対象者は、健常成人35名 ( $21.2 \pm 0.7$ 歳)とした。本研究で用いた課題は以下の3種類である:1) 歩行課題:12mを快適速度で歩く。評価指標は歩行速度とした。2) 膝屈伸課題:座位にて30秒間、快適速度で膝の屈伸(膝関節屈曲90°から最大伸展位)を反復する。対象者の運動の様子をカメラで撮影し、動画から深層学習を用いて膝関節の屈曲角度を同定する。評価指標は膝関節最大伸展位に到達した時点から次の最大伸展位に到達するまでの時間間隔の変動係数、および、その際の膝関節屈曲角度の変動係数とした。3) serial-7:任意の3桁の整数から連続して7を引き算する。評価指標は回答速度である。

二重課題は「歩行課題+serial-7」、「膝屈伸課題+serial-7」の2種類を作成した。二重課題条件下での課題成績の低下量は、combined dual-task costにて評価した。その後、「歩行課題+serial-7」と「膝屈伸課題+serial-7」のcombined dual-task costから散布図を描き、ピアソン相関係数にて両者の関係性を検討した。

#### 【結果】

膝屈伸課題を膝関節屈曲角度の変動係数で評価した際の相関係数は0.387となり、有意な相関を認めた( $p = 0.022$ )。一方、膝屈伸課題を時間間隔の変動係数で評価した際は有意な相関を認めなかった( $p = 0.058$ )。

#### 【考察】

二重課題の遂行能力が低い対象者は、二重課題条件下にて歩行速度が低下しやすい。一方、膝関節屈曲角度の変動係数は二重課題条件下にて著しく悪化していた。このことから、膝関節屈曲角度の変動係数は二重課題の遂行能力を顕著に反映する指標であった、二重課題条件下における歩行速度の低下も同指標で一部説明できたのかもしれない。今後は、高齢者を対象として同様の実験を行い、「膝屈伸課題+serial-7」の二重課題の成績と転倒リスクとの関連性を明らかにしていく。

#### 【結語】

転倒の危険を伴う「歩行課題+serial-7」の成績の一部を、転倒リスクがない「膝屈伸課題+serial-7」にて説明できることが示唆された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究はヘルシンキ宣言に基づき、事前の説明と研究対象者の同意のもと実施された。また、本研究はつくば国際大学倫理委員会の承認を得て実施された(承認番号:R01-1)。

## P-04-31 ポスター4(生体評価学4)

### 脳卒中者の運動課題と認知課題における二重課題歩行中の歩行動態

○酒井 克也<sup>1)</sup>, 細井 雄一郎<sup>2)</sup>, 原田 悠亮<sup>3)</sup>,  
田邊 淳平<sup>4)</sup>

1)東京都立大学 健康福祉学部

2)慶應義塾大学 医学部リハビリテーション医学教室

3)令和リハビリテーション病院 リハビリテーション部

4)広島都市学園大学 リハビリテーション学科

#### 【はじめに・目的】

二重課題歩行は、課題の干渉により、快適歩行時と比し、歩行速度が低下する二重課題干渉が生じる(Dual Task Cost, DTC)。DTCは、認知或いは運動課題のどちらにおいても生じるが、課題の種類により歩行動態やDTCに関連する因子が異なるかは不明である。そこで、本研究の目的は脳卒中者を対象に認知または運動課題の二重課題歩行を実施し、歩行動態と関連する因子が異なるかを明らかにすることとした。

#### 【方法】

対象は脳卒中者8名とした。計測は、無作為な順序で1.快適歩行、2.100から7を減算する二重課題歩行、3. 2mおきに高さ3cm幅3cmの棒をまたぐ運動課題の二重課題歩行を10mの歩行路で2回ずつ実施した。歩行速度は快適速度とし、歩行補助具は日常生活で使用する補助具を使用した。各条件における歩行動態を評価するために、歩行速度、歩幅、歩行率、歩行の干渉率を示すDTC、歩行変動を示すStride time variability (STV)を3軸加速度計を用いて計測した。その他の運動・認知機能評価として、Trail Making Test (TMT)、Fugl-meyer Assessment (FMA)、Berg Balance Scale (BBS)を評価した。解析は、歩行条件2と3のDTCの差をWilcoxonの符号順位和検定を用いて比較した。さらに、各条件における歩行動態の差の比較をFriedman検定を用いて検討し、事後検定としてBonferroni法を用いて比較した。また、DTCと他の因子との関連をSpearmanの相関分析を実施した。

#### 【結果】

本研究の結果、各条件においてDTCに有意差はなかった( $P>0.05$ )。歩行速度は、条件2、3は条件1と比較して有意に低下したが( $P<0.05$ )、条件2と3に有意差は認めなかった( $P>0.05$ )。歩行変動は、条件3は条件1と比較して有意に増加した( $P<0.05$ )。歩幅は、条件2は条件3と比較して有意な減少を示した( $P<0.05$ )。認知課題DTCはTMT Part B ( $\rho=0.79$ )と、運動課題DTCは下肢FMA ( $\rho=-0.95$ )と有意な相関関係を認めた( $P<0.05$ )。

#### 【考察】

本研究は先行研究を支持し、DTCに差は認めなかつたが、歩行動態は異なり、各課題に関連した因子が各DTCと関与していることが明らかとなつた。これはDTCが生じる要因が異なることを示していると推測され、それぞれの二重課題歩行の干渉率を低下させるには課題特異的な因子を考慮する必要があると推測した。

#### 【結語】

脳卒中患者の二重課題歩行は課題によって歩行動態と関連する因子が異なつた。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は倫理審査委員会の承認を得て、ヘルシンキ宣言に遵守し、医学研究に関する倫理指針に沿って実施した(承認番号:23025)。

## P-04-32 ポスター4(生体評価学4)

### 脳卒中回復期及び慢性期における麻痺筋の運動単位動員様式の違い

○伊藤 実央<sup>1,4)</sup>, 国分 貴徳<sup>2,3)</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 保健医療福祉学部 理学療法学科

3)埼玉県立大学大学院 保健医療福祉学研究科

4)リハビリテーション天草病院

#### 【はじめに・目的】

脳卒中後遺症の一つである運動麻痺は神経筋機能の異常を引き起こす。臨床場面にて運動麻痺は随意運動の可否によりスコアリングされ、脳卒中発症後逐次的に評価する。この随意運動は筋の生理学的活動の最小単位である運動単位(MU)を力源に生成され、動員されるMUの構成の調節(Recruitment)や、MUの発火頻度を調節(Rate coding)により制御される。脳卒中後の経過に応じたMU調節様式の解明は臨床的意義がある。本研究の目的は脳卒中回復期及び慢性期における麻痺筋のMU変化を明らかにすることである。

#### 【方法】

対象は脳卒中片麻痺者14名とした。使用機器はMU抽出用表面筋電計とし、対象者の麻痺側上腕二頭筋に貼付した。課題は肘関節屈曲位にて最大随意等尺性収縮力(MVC)を測定後、目標線を追跡して等尺性肘関節屈曲力を発揮するRamp taskを実施した。測定は回復期前半(発症後2-3ヶ月)、回復期後半(発症後3-4ヶ月)、慢性期(発症後1年以上)の3時点とした。Ramp task中に動員されたMUの四方位偏差をMU動員範囲、1秒あたりのMU発火数をMU平均発火頻度とした。臨床の運動麻痺評価として、各群における随意運動機能(SIASスコア)を評価した。統計は一元配置分散分析とpost hoc検定としてTukey検定を行った。

#### 【結果】

一元配置分散分析の結果、SIASスコア、MVC、MU平均発火頻度は群間に有意差を認めなかった( $p=0.39$ ,  $p=0.41$ ,  $p=0.97$ )。一方MU動員範囲は有意差を認め、事後のTukey検定の結果、慢性期群は回復期前半群及び回復期後半群よりも有意に低値であった( $p<0.00$ ,  $p=0.01$ )。

#### 【考察】

SIASスコア及びMVCの結果より、対象者の各時点における運動麻痺は同程度であると解釈される。これに対し、MU平均発火頻度は有意差を認めなかった一方、MU動員範囲は慢性期群において有意に低値であった。この結果は、Rate codingのMU調節様式が脳卒中発症後恒常に保たれる一方で、低値のMU動員範囲で表されるRecruitmentの異常は経時に増悪し、動員されるMUの構成異常が長期化する可能性を示唆している。すなわち、既存の臨床運動麻痺評価のみでは慢性期脳卒中者におけるRecruitmentの機能異常を検出できない可能性が示された。

#### 【結語】

脳卒中者は発症後経過の長期化により、既存の臨床運動麻痺評価では顕在化しない神経筋生理学的異常が潜んでいる可能性が示唆された。本研究は運動麻痺の評価にてMUのような生体の神経筋生理学的評価指標確立の意義を高めた。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

本研究は所属施設における倫理審査会で承認後(承認番号:210202)、対象者へ書面及び口頭にて説明し、同意を得て実施した。

## P-04-33 ポスター4(生体評価学4)

### 脳卒中患者における退院時の歩行自立度に関する要因の経時的変化

○山本 涼介<sup>1,2)</sup>, 村田 伸<sup>1,3)</sup>, 澤井 駿<sup>1,4)</sup>, 藤川 翔也<sup>1,4)</sup>, 静 雄介<sup>1,4)</sup>, 中川 幸太郎<sup>3,5)</sup>, 中野 英樹<sup>1,3,6)</sup>

1)京都橘大学大学院健康科学研究科

2)駿生会脳神経外科病院リハビリテーション科

3)京都橘大学健康科学部理学療法学科

4)京都久野病院リハビリテーション課

5)ながしま脳神経外科リハビリクリニック

6)情報通信機構脳情報通信融合研究センター

【はじめに・目的】脳卒中後の歩行障害は深刻な問題の一つであり、最適な理学療法を実施するために歩行自立度を適切に予測することが重要である。脳卒中患者の歩行自立度には身体機能、バランス能力などの複数の要因が影響することが報告されている。しかし、脳卒中患者の退院時の歩行自立度に影響する要因の経時的变化は十分に明らかにされていない。これを明らかにできれば、脳卒中患者の歩行自立度を正確に把握でき、最適な理学療法の実践に貢献できる可能性がある。そこで本研究は、脳卒中患者の退院時の歩行自立度に影響する要因の経時的变化を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は脳卒中患者22名とした。全対象者に対して、Functional Ambulation Category(FAC), Stroke Impairment Assessment Set下肢運動項目、Trunk Control Test, Mini-Balance Evaluation Systems Test(Mini-BESTest), Functional Independence Measure認知項目を脳卒中発症後から1か月毎に3か月間評価した。FACは4点未満を歩行非自立、4点以上を歩行自立とした。退院時の歩行自立度を従属変数、その他の評価指標を独立変数としたロジスティック回帰分析により、退院時の歩行自立度に影響する要因を抽出した。独立変数は1か月時から3か月時まで月別に投入した。有意水準は5%とした。

【結果】ロジスティック回帰分析の結果、退院時の歩行自立度に影響する要因として2か月時および3か月時のMini-BESTestが抽出された( $p < 0.05$ )。

【考察】Mini-BESTestは動的バランスを含んだ評価指標であり、転倒の予測精度が高く、バランス能力と歩行能力の変化を捉えることができる。このことから、Mini-BESTestが退院時の歩行自立度に影響する要因として抽出された可能性がある。さらに、Mini-BESTestは急性期の患者に対して床効果があることが報告されている。そのため、発症後2か月時および3か月時のMini-BESTestが退院時の歩行自立度の影響要因として抽出された可能性が示唆された。

【結語】本研究は、脳卒中患者の退院時の歩行自立度には、発症後2か月時および3か月時のMini-BESTestが影響することを明らかにした。これは、脳卒中患者の歩行自立度を判定するにあたり、発症後2か月時からMini-BESTestを経時的に評価する重要性を示唆している。

【倫理的配慮・説明と同意】本研究は、所属施設における研究倫理審査委員会の承認を得て実施した(承認番号:23-64)。また本研究は、後方視的研究で個人の匿名性は確保されており、データ使用の同意についてはオプトアウトを用いた。

## P-04-34 ポスター4 (生体評価学3)

Receiver Operating Characteristic (ROC) 解析と項目反応理論 (Item Response Theory)によるカットオフ値の違い – 後期高齢者の質問票を用いたフレイル判別 –

○篠原 智行<sup>1,2)</sup>, 高橋 雄太<sup>3)</sup>, 竹内 真理<sup>4)</sup>, 佐藤 清香<sup>4)</sup>, 田中 唯楽<sup>1)</sup>, 丸山 歩<sup>2,5)</sup>, 矢花 優太<sup>2,6)</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科

3)高崎健康福祉大学 薬学部薬学科

4)高崎健康福祉大学 健康福祉学部健康栄養学科

5)高瀬記念病院

6)日高病院

**【はじめに・目的】** カットオフ値の算出にはReceiver Operating Characteristic (ROC) 解析が用いられる。ROC解析は事象発生50%前後が推奨される (Terluin, 2020)。一方、Item Response Theory (IRT) は発生率の影響を受けにくい手法として提案されている。今回、後期高齢者の質問票によるフレイル判別を実践し、ROC解析とIRTの違いを示すことを目的とする。

**【方法】** 地域高齢者269名（平均年齢78.0歳、女性86.1%）を対象とした。フレイル評価にはCardiovascular Health Study基準を用いた。併せて後期高齢者の質問票を聴取した。15項目 (Q-15; Yakabe, 2022) と、12項目 (Q-12; Hori, 2023) を用いて点数化した。ROC解析とIRTにてフレイル判別のカットオフ値を求めた。IRTの事前にポリコリック相関係数を用いた一因子確認的因子分析にて一次元性や局所独立性を評価した。

**【結果】** フレイルは28名 (10.4%) であった。Q-15とQ-12の中央値はともに2.0点であった。ROC解析のカットオフ値は順に2.5点 (95% confidence interval [CI] 2.5-4.5) / 2.5点 (95% CI 2.5-2.5) であった。因子分析の結果、Comparative Fit Indexは0.930/0.967、Tucker-Lewis Indexは0.918/0.960、Root Mean Square Error of Approximationは0.030/0.020、Standardized Root Mean Square Residualは0.160/0.155、Yen's Q3 statisticは-0.189 - 0.343/-0.199 - 0.222であった。IRTのカットオフ値は5.2点 (95% CI 4.2-8.0) / 4.3点 (95% CI 3.5-7.2) であった。

**【考察】** 後期高齢者の質問票はフレイルの多面性を考慮して開発されたため、一因子構造の一次元性を満たすことができなかった。しかし、局所独立性は保たれておりIRTでの解析を進めた。カットオフ値はQ-12で有意に異なった。IRTは標本の事象率が<30%、あるいは>70%の場合に有用とされる (Terluin, 2023)。フレイル率を鑑みるとIRTを併用してカットオフ値の検証を行う必要性が示唆された。

**【結語】** 後期高齢者の質問票にIRTを用いることは差し支えない。また、ROC解析とIRTでカットオフ値が異なる可能性がある。

**【倫理的配慮・説明と同意】** 筆頭演者の所属施設の研究倫理委員会の承認 (第2240、2362、2411号) 後に実施した。対象者には事前に研究説明を行い、署名同意を取得した。

## P-04-35 ポスター4 (生体評価学3)

健常成人の歩行動作における膝関節周囲筋共収縮と各筋活動および膝キネマティクス、キネティクスの関係

○三上 達也<sup>1)</sup>, 浮城 健吾<sup>1)</sup>, 川上 健作<sup>3)</sup>, 鈴木 昭二<sup>4)</sup>, 三浦 浩太<sup>1)</sup>, 高山 連介<sup>1)</sup>, 高橋 大河<sup>1)</sup>, 吉田 俊教<sup>1)</sup>, 前田 龍智<sup>2)</sup>, 大越 康充<sup>2)</sup>

1)函館整形外科クリニック リハビリテーション部

2)函館整形外科クリニック 整形外科

3)函館工業高等専門学校 生産システム工学科

4)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

### 【はじめに、目的】

関節周囲筋の共収縮 (Co-contraction) は、健常成人において動作時の関節安定性に寄与するとされ、その定量的評価には Co-contraction Index (CCI) が用いられる。CCIは、大腿四頭筋 (Quad) とハムストリングス (Ham) の筋活動から求められ、これらの筋活動は年齢、疾患によって変化するとされている。しかし、CCI 値に影響する要因については、いまだ不明な部分が多い。本研究の目的は、健常成人の歩行動作におけるCCIとQuad、Hamの筋活動および膝キネマティクス、キネティクスの関係を検討することである。

### 【方法】

対象は下肢に整形外科的疾患がない若年健常者15例30膝 (年齢  $28.1 \pm 5.4$  歳、男性11例、女性4例)とした。自由速度の歩行を赤外線カメラ8台、床反力2枚を用いて計測した。解析は光学式モーションキャプチャ技術を用いポイントクラスター法に準じて膝内反角度を、逆運動学計算により外的膝内反モーメント (KAM; Nm/BW × Ht%)、KAM積分値 (Nm.s/BW × Ht%) を算出した。さらに表面筋電測定器pico (Cometa社製、サンプリング周波数2000Hz) を、SENIAMに準じ外側広筋(VL)、内側広筋(VM)、外側ハムストリングス(LH)、内側ハムストリングス(MH)に貼付し、歩行時筋活動と最大等尺性収縮(MVC)を計測した。MVCは徒手筋力検査法に準じ、膝伸展、屈曲等尺性収縮を3秒間試行し、1-2秒間の平均値をMVCとした。得られた波形はフィルタ処理を行い、MVCを100%として歩行時の筋活動を正規化した。CCIは先行研究に準じ、初期接地の100ms前から立脚期前半における内反角度極値までの区間のVLと LHの割合 (外側CCI)、VMとMHの割合 (内側CCI) として算出した。さらに同区間におけるVL、VM、LH、MHの筋活動の平均値を算出した。統計解析は正規性を確認した後、Pearsonの積率相関係数を用いて検討し、有意水準は5%とした。

### 【結果】

CCIの平均±標準偏差は、外側  $0.16 \pm 0.10$ 、内側  $0.19 \pm 0.08$  であった。各筋活動の平均は、VL  $33.6 \pm 18.2\%$ 、VM  $37.7 \pm 18.9\%$ 、LH  $11.0 \pm 5.1\%$ 、MH  $16.3 \pm 10.5\%$  であった。相関係数は、外側CCIと VL、LHでそれぞれ  $r=0.38$  ( $p=0.04$ )、 $r=0.46$  ( $p=0.01$ )、内側CCIと VM、MHで  $r=-0.04$  ( $p=0.84$ )、 $r=0.47$  ( $p=0.01$ ) であった。CCIと膝内反角度ピーク値、KAMピーク値との相関はなかったが、KAM積分値は内側CCIと負の相関の傾向  $r=-0.35$  ( $p=0.06$ ) を認めた。

### 【考察】

健常成人の歩行時筋活動について、Quad、Hamとともに初期接地から荷重応答期において筋活動を認めたが、その割合はQuadが高値であった。しかしがCCIとの相関では、内側、外側ともにHam筋活動に有意な相関関係が認められた。健常成人においてCCIはHam筋活動が関係すると考えられたが、今後は高齢例や疾患例を対照とし検討が必要と考えられた。

### 【結語】

健常成人の歩行動作におけるCCIは、Ham筋活動が関係している可能性が考えられた。

### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属施設における倫理審査会で承認後に実施した (承認番号: HOC-CO2-5)。また研究協力者には事前に書面及び口頭にて研究目的や方法について説明し、自由意志のもと、書面で同意を得た。

## P-04-36 ポスター4 (生体評価学3)

### 両手協調運動における手指巧緻性の加齢変容

○静 雄介<sup>1,2)</sup>, 村田 伸<sup>1,3)</sup>, 合田 明生<sup>4)</sup>, 四宮 永揮<sup>3)</sup>, 米田 匂希<sup>3)</sup>, 清水 直生<sup>3)</sup>, 吉岡 祐人<sup>3)</sup>, 澤井 舜<sup>1,2)</sup>, 藤川 翔也<sup>1,2)</sup>, 山本 涼介<sup>1,5)</sup>, 中川 幸太郎<sup>3,6)</sup>, 中野 英樹<sup>1,3,7)</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

4)北陸大学医療保健学部理学療法学科

5)駿生会脳神経外科病院リハビリテーション科

6)ながしま脳神経外科リハビリクリニック

7)情報通信研究機構脳情報通信融合研究センター

**【はじめに・目的】**超高齢社会を迎えた日本において、医療費・介護給付費を抑制するための予防対策の構築は学術的課題の一つである。手指巧緻性は加齢に伴い低下し、特に高齢者では両手協調運動における正確性の低下、変動性の増大、実行時間の延長を認めることが報告されている。しかし、この両手協調運動の変容が前期高齢者と後期高齢者でどのように異なるかは明らかにされていない。これを明らかにできれば手指巧緻性の加齢変容を評価するツールとして応用できる可能性がある。そこで本研究は、若年者、前期高齢者、後期高齢者を対象に両手協調運動における手指巧緻性の特性を明らかにすることを目的とした。

**【方法】**対象は、若年者97名、前期高齢者102名、後期高齢者222名とした。全ての対象者は、母指と示指のタッピング運動を左右同時に可能な限り速く実施するインフェーズ課題と左右交互に実施するアンチフェーズ課題で構成される両手協調運動を実施した。各々の課題は15秒間とし、各運動課題中に手指運動の特徴量である総移動距離と距離の極大点の平均・標準偏差、距離極大点の近似直線の傾き、タップ回数、インターバル平均・標準偏差、タップ周波数、位相差の標準偏差を測定した。統計解析には、手・課題・群の3要因による混合計画3要因分散分析および課題・群の2要因による混合計画2要因分散分析を用いた。有意水準は5%とした。

**【結果】**統計解析の結果、全ての測定項目において、手・課題・群の間に有意な交互作用は認められなかった( $p > 0.05$ )。しかし、タップ回数・タップインターバル平均・タップ周波数は課題と群の間に有意な交互作用を認め、アンチフェーズ課題よりインフェーズ課題、後期高齢者より前期高齢者、前期高齢者より若年者で手指巧緻性が有意に高かった( $p < 0.05$ )。

**【考察】**両手協調運動には脳梁を介した半球間相互作用が重要な役割を担っている。脳梁の構造的・機能的結合性は加齢に伴い低下し、両手協調運動パフォーマンスも障害されることが報告されている。よって、本研究では加齢に伴う半球間抑制の減弱によって、若年者よりも前期高齢者、前期高齢者よりも後期高齢者で手指巧緻性が低下したことが示唆された。

**【結語】**本研究により、両手協調運動の特徴量は、高齢者の中でも前期高齢者と後期高齢者で異なることが明らかとなった。特に、タップインターバルの特徴量は若年者、前期高齢者、後期高齢者の順に低下した。以上のことから、両手協調運動におけるタップインターバルは手指巧緻性の加齢変容を評価するツールとして応用できる可能性が示唆された。

**【倫理的配慮・説明と同意】**所属施設における倫理審査会で承認後に実施した(承認番号: 22-61)。なお、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。

## P-04-37 ポスター4 (生体評価学3)

### 光電脈波法によって計測されるFitbitの心拍数の相対信頼性と絶対信頼性

○樋口 大輔<sup>1)</sup>, 石田 光<sup>2)</sup>, 高橋 裕子<sup>1)</sup>, 田中 繁弥<sup>1)</sup>, 富田 洋介<sup>1)</sup>

1)高崎健康福祉大学

2)高崎健康福祉大学 (学部生)

**【はじめに・目的】**通信情報技術の進展によりウェアラブル端末にて心拍数などの生体情報が容易に収集することができるようになっている。Fitbit Inspire3 (Google社製) は腕時計型アクティビティトラッカーであり日常における身体活動量を量化している。その技術的根幹をなしているのは光電脈波法による心拍数の計測にある。そこで、本研究の目的をFitbitの心拍数の相対的信頼性および絶対的信頼性を評価することとした。

**【方法】**健常大学生20人 ( $20.9 \pm 0.6$ 歳、男女各10人) を対象とした。Fitbitおよびワイヤレス心電計 (MyBeat、ユニオンツール社製) を同時に装着して両機器から心拍数を測定するとともに、呼気ガス分析装置 (エアロモニター、ミナト医科学社製) にて酸素摂取量を測定した。安静臥位、安静座位、歩行 (3.2km/h, 4.2km/h, 6.0km/h)、3kgのリュックを背負っての歩行 (3.2km/h)、走行 (8.4km/h)、階段昇降の8課題 (各5分) を連続測定した。測定値は30秒で移動平均化した。各課題中央3分のデータを抽出し、1分ごとの平均値を求めた。相対信頼性は各課題3回のFitbitの級内相関係数 (ICC) にて、絶対信頼性はFitbitとMyBeatによるブランド・アルトマン分析 (BA分析) と、MyBeatまたは酸素摂取量を従属変数、Fitbitを独立変数、対象者IDをランダム変数とした線形混合モデルにて評価した。

**【結果】**8課題のICCは歩行 (0.70) 以外では0.8を上回った (すべて $p < 0.001$ )。BA分析では、ほとんどの測定値が誤差の許容範囲に収まっていたが、加算および比例誤差を認めた。MyBeatとFitbitの混合モデルの切片は4.72 ( $t=2.33$ 、 $p < 0.05$ )、Fitbitの傾きは0.98 ( $t=59.16$ 、 $p < 0.001$ ) であった。酸素摂取量とFitbitの混合モデルにおいてもFitbitの傾き是有意であった ( $t=51.04$ 、 $p < 0.001$ )。

**【考察】**Fitbitの安定性は概ね高かったが、大きな体動を伴う歩行は脈波の計測に悪影響を及ぼすと考えられた。また、FitbitはMyBeatと比較してわずかに高めに計測される傾向にあったが、強い関連を示しており、一致性は高いと判断した。加えて、Fitbitは酸素摂取量とも強い関連があり、Fitbitの絶対信頼性を補強していた。

**【結語】**光電脈波法によって計測されるFitbitの心拍数は相対信頼性とともに絶対信頼性も高く、日常の身体活動量をモニタリングする上での基盤的な尺度として実用に耐えられるだろう。

**【倫理的配慮・説明と同意】**高崎健康福祉大学倫理審査委員会の承認を得て実施した(承認番号2241)。対象者には研究に関する説明を口頭と書面にて行い、記名による研究参加の同意を得た。

## P-04-38 ポスター4 (生体評価学3)

### 入院血液透析患者を対象とした3ヵ月間の運動療法が骨格筋サイズおよび身体活動量へ及ぼす影響

○菅谷 弘樹<sup>1,2)</sup>, 町田 修一<sup>2)</sup>

1)東京労働者医療会 代々木病院 リハビリテーション部

2)順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科

#### 【はじめに・目的】

血液透析患者は健常者と比較して、運動耐容能が60%程度まで低下しており、骨格筋量や身体活動量が低下している。そのため、血液透析患者の骨格筋量および身体活動量の低下を改善することは生命予後の延長や生活の質の向上に貢献できる。骨格筋量や身体活動量の低下を防ぐために臨床現場では血液透析患者を対象とした、運動療法が実施されている。しかし、実際の運動療法が入院血液透析患者の骨格筋量や身体活動量へ及ぼす影響を評価した報告は認められていない。そこで本研究は、入院血液透析患者を対象とした3ヵ月間の運動療法が骨格筋量および身体活動量へ及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。

#### 【方法】

所属病院に紹介された入院血液透析患者8名を対象に、3ヵ月間、月1回の頻度で、機能的自立度評価(FIM)、超音波法を用いた骨格筋の筋厚と筋輝度、通常歩行速度(10m歩行テスト)、等尺性膝伸展筋力(徒手筋力計)、身体活動量、血液データ、透析状況の測定を実施した。運動療法の内容としては、週6回40分以上の運動療法を実施した。また、超音波法はBモード法を用いて、大腿四頭筋、下腿三頭筋、腹直筋の測定部位を評価。身体活動量は加速度計を用いて連続7日間の身体活動量を測定。血液データおよび透析状況は電子カルテから情報を収集した。統計解析は、Shapiro-Wilk検定を用いて正規性を確認。正規データはT検定を、非正規データはWilcoxonの符号付き順位検定を用いて解析した。有意水準は、5%に設定した。

#### 【結果】

3ヵ月間の運動療法によって、FIMの浴槽移乗得点において有意な改善( $p=0.04$ )が認められた。また、体重あたりの等尺性膝伸展筋力( $p=0.05$ )、10m歩行速度( $p=0.05$ )にて有意な改善が認められた。一方、3ヵ所の筋厚、筋輝度に有意な改善は認められなかった。身体活動量では、運動療法中の歩数( $p=0.01$ )、運動療法中の低強度活動時間( $p=0.02$ )にて有意な改善が認められた。

#### 【考察】

本研究の結果から、入院血液透析患者への3ヵ月間の運動療法は、骨格筋量への影響は認められなかった。しかし、運動療法中の歩数および低強度活動時間の増加が認められ、歩行速度、等尺性膝伸展筋力といった身体機能や筋機能の向上が認められた。骨格筋量へ影響を及ぼすためには、より高強度の運動療法を実施する必要があるのではないかと考える。

#### 【結語】

3ヵ月間の運動療法は、骨格筋量へ影響を及ぼさなかったが、身体活動量を増加させ、歩行速度や等尺性膝伸展筋力といった身体機能や筋機能へ影響を与えた可能性が示唆された。

#### 【倫理的配慮・説明と同意】

所属病院における倫理審査会で承認後に実施(承認番号: Y2023-001)。対象者には事前に書面及び口頭にて研究内容を十分に説明し、書面で同意を得た。

---

**一般社団法人 日本基礎理学療法学会 学術局学術誌部**

学術局長	市橋則明				
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	宮本俊明	森下勝行		
査読委員	阿南雅也	荒川高光	稻垣 武	今北英高	梅原 潤
	江玉睦明	大塚 圭	小柏進也	小澤淳也	嘉戸直樹
	金村尚彦	木内隆裕	榎間春利	坂本淳哉	相馬俊雄
	高橋尚明	高松泰行	高橋容子	田中貴士	田中浩基
	野嶌一平	東藤真理奈	飛山義憲	廣野哲也	深谷泰山
	藤田直人	文野住文	松木明好	宮崎宣丞	森 明子
	吉田啓晃	(五十音順)			

---

### 編集後記

2024年10月12～13日、東京都立大学南大沢キャンパスにて第29回日本基礎理学療法学会学術大会が開催されました。本大会には950名近い先生方にご参加いただき盛況のうちに終了することができました。本大会にご協力いただいた講師や座長の先生方、ご参加いただいた先生方や協賛いただいた企業の皆様方、そして準備委員や運営スタッフの方々に深く御礼申し上げます。

本大会は、Toward Meta-Physiotherapyをテーマとして臨床、教育、研究含め多角的にこの目的を達成するためのプログラムを設けました。また、本大会の目玉企画の一つとして、本テーマの実現に寄与するような橋渡し研究、異分野融合、産学連携、プロジェクト研究を含む公募シンポジウムを開催しました。一方、一般演題では従来よりも長いディスカッション時間を確保するとともに、オンラインでのディスカッションが可能なシステムを導入しました。このような取り組みにより、多様なバックグラウンドを持つ方々による深い議論が行われ、大会が大いに盛り上りました。本特別号は、この学術大会の成果の一つとして抄録を編纂したものです。本大会が近未来における高次の理学療法の在り方について考えるための大きな転換点の一つとなれば幸いです。（青山 敏之）

---

## 基礎理学療法学

27巻 特別号

2024年12月20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



自信を持って予後を予測できる。リハプログラムの最適解を導ける。

## PT・OT・STのための

# 臨床5年目までに知っておきたい 予後予測の考え方

編集 竹林 崇



●B5 2023年 頁320 定価：4,950円（本体4,500円+税10%）[ISBN978-4-260-04961-0]



腰痛リハの定番書、待望の改訂第2版

# 非特異的腰痛の運動療法

Web  
動画付

病態をフローチャートで鑑別できる 第2版

荒木秀明

●B5 2023年 頁248 定価：5,280円（本体4,800円+税10%）[ISBN978-4-260-05006-7]



リハ現場での「これは困った！」に応える、先輩療法士からのベストアドバイス

# PT・OT・ST ポケットマニュアル

編集 国際医療福祉大学成田病院 リハビリテーションセンター

責任編集 角田 亘

●A6 2023年 頁360 定価：3,960円（本体3,600円+税10%）[ISBN978-4-260-05104-0]



当事者のニーズを個別に解決！自主トレーニングの新しいカタチ

# 脳卒中の機能回復

動画で学ぶ自主トレーニング

金子唯史 執筆協力 丸山聖矢

●B5 2023年 頁320 定価：4,620円（本体4,200円+税10%）[ISBN978-4-260-05341-9]



リハビリテーション処方作成の実際から考え方までをエキスパートが解説。

# リハビリテーション医学・医療における 処方作成テキスト

監修 一般社団法人 日本リハビリテーション医学教育推進機構／  
公益社団法人 日本リハビリテーション医学会

総編集 久保俊一／角田 亘

●B5 2023年 頁308 定価：4,950円（本体4,500円+税10%）[ISBN978-4-260-05005-0]



現代の医療・福祉分野のニーズに応えられる46のQOL尺度を徹底紹介

# 臨床・研究で活用できる！ QOL 評価マニュアル

監修 下妻晃二郎 編集 能登真一

●B5 2023年 頁352 定価：4,950円（本体4,500円+税10%）[ISBN978-4-260-05279-5]



医学書院

Tel 113-8719 東京都文京区本郷1-28-23 [WEBサイト] <https://www.igaku-shoin.co.jp>  
[販売・PR部] Tel: 03-3817-5650 FAX: 03-3815-7804 E-mail: sd@igaku-shoin.co.jp

# 物理療法の新しい可能性を追求

## High power × Compact

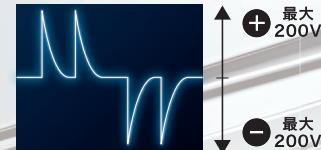
求めていたHi-Voltageがついに登場。



ITO PHYSIOTHERAPY & REHABILITATION  
エスマス  
ESMITH ES-4201

管理医療機器(特定保守管理医療機器)(クラスII) 医療機器認証番号 306AABZX00006000  
低周波治療器(JMDNコード:35372000) エスマス ES-4201

コンパクトサイズでありながら、  
最大400Vp-pのハイパワーを実現



最大  
400V  
p-p



指先で通電して施術ができる  
「バルスタッチ導子」



従来の据置型と同様の  
「ハンディプローブ」

3D治療モードの4チャンネル出力が実現。  
立体的な電流のうねりがさらに進化。



総合電気刺激装置  
**ES-8000**

管理医療機器(特定保守管理医療機器)(クラスII) 医療機器認証番号 302AABZX00090000  
干渉電流型低周波治療器(JMDNコード:36737000) イトー ES-8000

## 舌骨上筋群への アプローチ



低周波治療器  
**postim**  
ボスティム

管理医療機器(特定保守管理医療機器)(クラスII) 医療機器認証番号:301AABZX00024000  
低周波治療器(JMDNコード:35372000) イトー postim

**MEDICAL CATALOG**  
製品総合カタログをご覧いただけます



**ITO物療アカデミー**  
Webセミナー動画ライブラリ

新規登録は  
こちら



 伊藤超短波株式会社

〒332-0017 埼玉県川口市栄町3-1-8

メディカル営業部

<https://www.medical.itolator.co.jp/>



営業所

札幌 TEL. 011(820)2830  
仙台 TEL. 022(306)7667  
埼玉 TEL. 048(254)1013  
東京第一 TEL. 03(3812)1217  
東京第二 TEL. 03(3812)4151

FAX. 011(842)1562  
FAX. 022(306)7688  
FAX. 048(254)1014  
FAX. 03(3814)4587  
FAX. 03(3814)4587

名古屋 TEL. 052(701)4515  
大阪 TEL. 072(242)1043  
広島 TEL. 082(292)3330  
福岡 TEL. 092(573)6053  
FAX. 052(701)6905  
FAX. 072(242)1040  
FAX. 082(292)3331  
FAX. 092(573)0218

# DuoMAG®

モノフェイジック磁気刺激装置

素早いチャージが可能

手元で  
強度調整  
可能

TTLトリガ  
制御による  
刺激が可能



単発刺激タイプ



2連発刺激タイプ

医療機器認証番号：304AIBZX00005000

## ◆ DuoMAG の特長 ◆

- 最大2Hzの反復頻度で単相刺激が可能です(100%時は0.5Hz)。
- リモートコントロールコイルのため、手元で**刺激強度**の設定や出力の**スタート・ストップ**が制御できます。
- タッチパネルを有した専用PCにより、**刺激間隔**など簡単に操作できます。
- ヘッドボックス(TruTrace 2ch)を接続することにより、**誘発筋電図(MEP)**を測定できます。
- 再充電のタイミングを変更できるため、**TMS-EEG**の計測に適しています。



## ◆マーカレス骨格検出ソフトウェア Pose-Cap



☆全身の骨格(30ヶ所)を自動検出  
☆既存の動画ファイルからの検出が可能

## ◆マーカレスモーションキャプチャ



## ◆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！



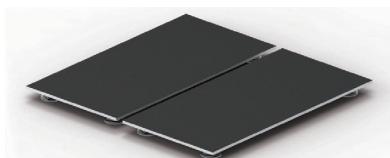
**NORDBORD**  
HAMSTRING TESTING SYSTEM

股関節・肩関節の強度と  
左右差を素早く測定！



**FORCEFRAME**  
STRENGTH TESTING SYSTEM

1回のジャンプで選手の  
パフォーマンスを瞬時に解析！



**FORCEDECKS**  
DUAL FORCE PLATE SYSTEM

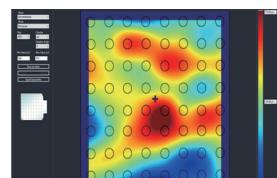
## ◆TELEMED 超音波測定器

- ・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、高速カメラ等と同期計測が可能
- ・テープ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。



株式会社フォーアシスト



〒101-0054  
東京都千代田区神田錦町3-17-14 北の丸ビル2F  
TEL: 03-3293-7555 FAX: 03-3293-7556  
e-mail : info@4assist.co.jp  
<http://www.4assist.co.jp>





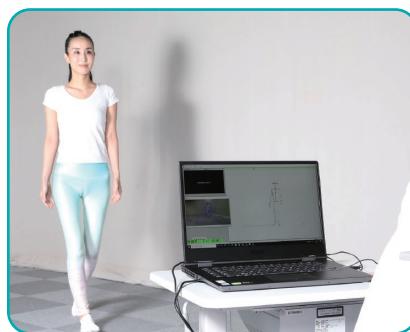
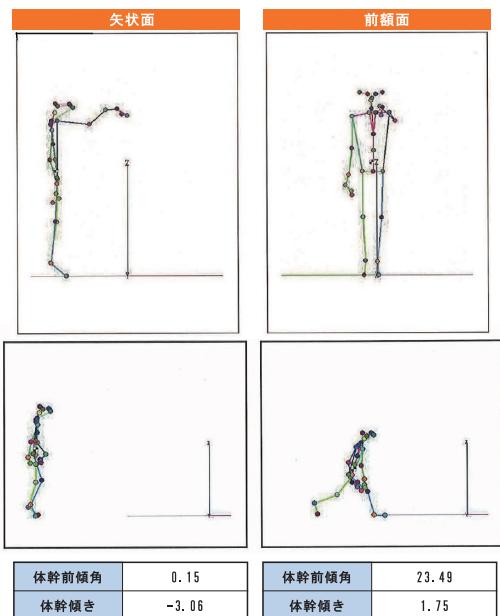
# マーカーレス<sup>®</sup> MA-1500

※「マーカーレス」は、アニマ社の登録商標です。

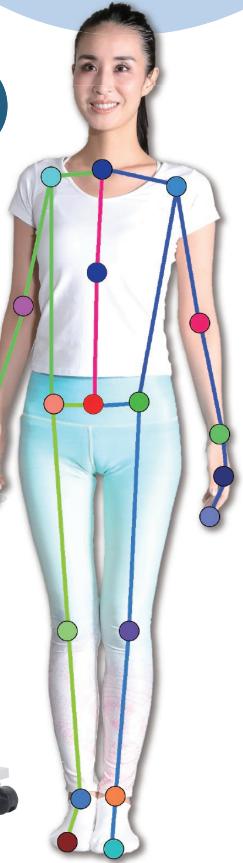


## 簡単で臨床向きな動作解析

マークー取り付け不要・サッと計測解析



MA-1500と  
MW-1000の  
システム化により  
総合的な歩行解析  
が可能です。



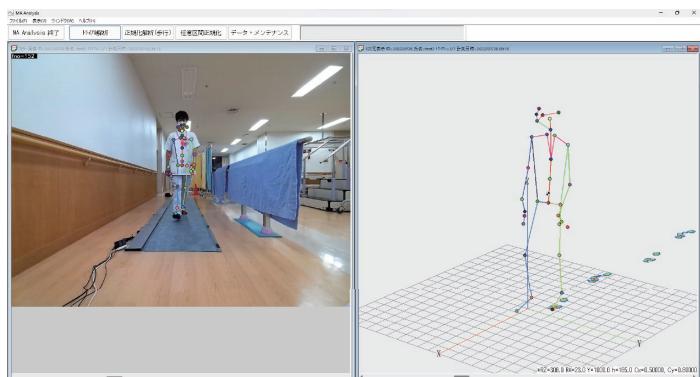
NEW

新機能が追加されました

### シート式下肢荷重計

ウォークWay MW-1000

シート式下肢加重検査とは、シート式足圧接地足跡計測装置により、下肢荷重を計測し、歩行時における時間・距離因子分析などを行う検査です。



MMTの新スタンダードを  
学べる1冊！

# 日本理学療法学会連合版 徒手筋力検査法

|監修| 日本理学療法学会連合  
|編集| 日本理学療法学会連合 理学療法標準化検討委員会

日本理学療法学会連合が策定した  
筋力評価の新たな指針となる検査法の手順・判定基準を解説！

各関節運動における主動筋の走行や筋触知法がビジュアルにわかる!!



## 日本理学療法学会連合版 徒手筋力検査法

監修 | 日本理学療法学会連合

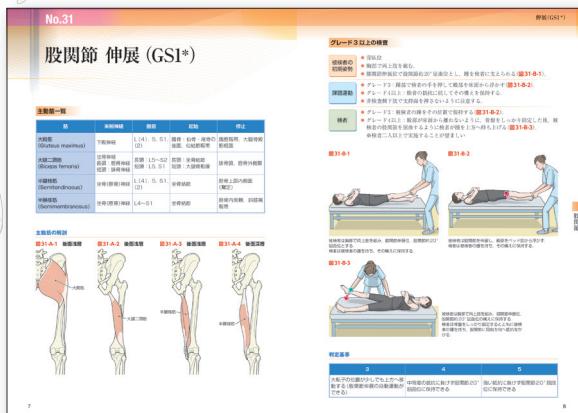
編集 | 日本理学療法学会連合 理学療法標準化検討委員会

### MANUAL MUSCLE TESTING

JAPANESE SOCIETY OF PHYSICAL THERAPY EDITION  
筋力評価の新たな指針となる  
検査法の手順・判定基準の  
すべてを集約！

MEDICALVIEW

**定価 3,850円**  
(本体 3,500円 + 税10%)  
B5判・216頁・オールカラー  
イラスト450点、写真240点  
ISBN978-4-7583-2269-0

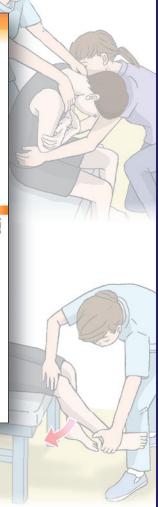


- 各項目の冒頭に主動筋一覧の表とイラストを掲載。  
関節運動に関連する筋をイメージしやすい構成。
- 検査の測定手技はイラストで表現。各グレードにおいて、どのような手順で検査・判定を進めるのかわかりやすい。

▶ 主動筋の触知部位は写真とイラストを並べてレイアウト。  
体表からの解剖が初学者にも理解しやすい！



▶ 一部の検査では、徒手筋力計を用いた筋力測定についても推奨例を提示。



## 目次

1章 総論
INTRODUCTION
2章 検査法
頸部
No.1 頸部屈曲(GS1)
No.2 頸部伸展(GS1)
No.3 頸部回旋(GS2)
体幹
No.4 体幹屈曲(GS1*)
No.5 体幹伸展(GS1*)
No.6 体幹回旋(GS2)
肩甲帯
No.7 肩甲帯挙上(GS1)
No.8 肩甲帯引き下げる(下制)(GS2)
No.9 肩甲帯屈曲(GS1)

No.10 肩甲帯伸展(GS2)	No.22 前腕回内(GS2)	No.33 股関節内転(GS1)
—肩関節—	—手関節—	No.34 股関節外旋(GS1)
No.11 肩関節屈曲(前方挙上)(GS1)	No.23 手関節掌屈(GS1)	No.35 股関節内旋(GS1)
No.12 肩関節肩甲骨面挙上(GS1*)	No.24 手関節背屈(GS1)	—膝関節—
No.13 肩関節伸展(GS1)	—手指—	No.36 膝関節屈曲(GS2)
No.14 肩関節外転(GS1)	No.25 手指屈曲(GS2)	No.37 膝関節伸展(GS1)
No.15 肩関節外旋(GS1)	No.26 手指伸展(GS2)	—足関節・足部—
No.16 肩関節内旋(GS1)	No.27 手指外転(GS2)	No.38 足関節・足部底屈(GS1*)
No.17 肩関節水平外転(GS1)	No.28 手指内転(GS2)	No.39 足関節・足部背屈(GS1)
No.18 肩関節水平内転(GS1)	—母指・小指—	No.40 足関節・足部内転(GS1*)
—肘関節—	No.29 母指・小指対立(GS2)	No.41 足関節・足部外回(GS1*)
No.19 肘関節屈曲(GS1)	—股関節—	—足趾(指)—
No.20 肘関節伸展(GS1)	No.30 股関節屈曲(GS1)	No.42 足趾(指)屈曲(GS2)
—前腕—	No.31 股関節伸展(GS1*)	No.43 足趾(指)伸展(GS2)
No.21 前腕回外(GS2)	No.32 股関節外転(GS1)	

※ご注文、お問い合わせは最寄りの医書取扱店または直接弊社営業部まで。

〒162-0845 東京都新宿区市谷本村町2番30号

TEL 03(5228)2050 E-mail eigo@medicalview.co.jp

FAX 03(5228)2059 https://www.medicalview.co.jp



