

理学療法学

Physical Therapy Japan

2021

VOL. 48

No.6

●研究論文（原著）

変形性膝関節症例における歩行時の膝関節運動学・三次元下肢荷重軸の重症度別評価
…清水健太・他

運動への手段的および感情的態度と運動行動との関連
—セルフ・エフィカシーおよび自己調整による媒介効果の検証—
…太田幸志・他

大腿骨近位部骨折患者における骨格筋量が機能的予後に及ぼす影響
…白石 涼・他

歩行イメージの時間的・空間的变化が脳活動へ及ぼす影響
—microstate segmentation 法を用いて—
…西本和平・他

間質性肺疾患患者における入院関連能力低下の発生率と臨床的アウトカムへの影響
—2 施設共同前向き観察研究—
…高橋佑太・他

被殻出血および視床出血患者の急性期 Computed Tomography 画像から
深層残差ネットワークにより発症 3 ヶ月後の歩行自立を予測する
—後ろ向きコホート研究—
…中口拓真・他

●症例研究

心臓移植患者に対する回復期外来心臓リハビリテーションの補助としての神経筋電気刺激療法の効果
—シングルケースデザインを用いた検討—
…瀬古博正・他

●短 報

急性期脳梗塞患者の病棟内歩行自立判定に関連する要因の検討
—Berg Balance Scale, Moss Attention Rating Scale,
Stop Walking When Talking test による多変量解析—
…井上桂輔・他

レッドゾーンで新型コロナウイルス感染症患者に対応する理学療法士の心理的ストレスについて
…高橋哲也・他

●実践報告

新型コロナウイルス感染症拡大の影響によりオンラインで実施した臨床実習の学生満足度と今後の課題
…中根征也・他

●講 座

シリーズ「加齢に伴う生体の変化とその理解」
連載第 5 回 加齢に伴う消化・吸収・排泄機能の変化
…万行里佳

シリーズ「その時バランスをどう見るか」
連載第 3 回 方向転換におけるバランスをどう見るか
…磯あすか

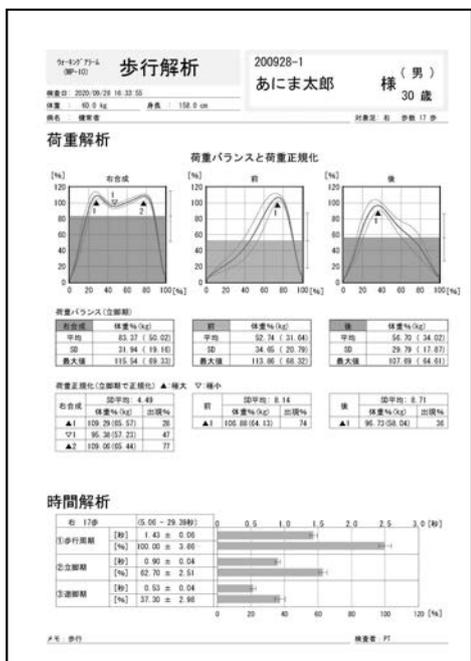
新発売

歩行の評価と訓練に

シューズタイプで片足に前後2個の高精度ワイヤストレインゲージ方式の荷重センサーを取り付けています。靴式なので屋内・屋外問わず自由に歩行の訓練ができます。付属のソフトウェアで解析することにより、結果レポートを出力できるので評価にお使いいただけます。また結果レポートをjpeg形式で出力できるので、ファイリングにもお使いいただけます。

評価

出力される結果レポートで、客観的な評価が可能です

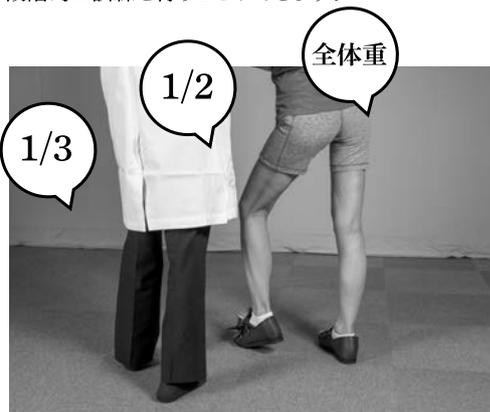


出力レポートサンプル(JPG)

訓練

下肢骨折の患者さまの部分荷重訓練に

患者様の状態によって、1/3、1/2、全体重...と段階的に訓練を行うことができます。



片麻痺のある患者さまの荷重訓練に

前後別荷重範囲プログラム(音の鳴り方)を用いることで、踵・つま先それぞれの訓練が可能です。神経疾患等の患者様の状態に適した訓練ができます。



靴式なのでサッと履いて歩くだけ

靴式下肢加重計
ウォーキングアラーム MP-10
製造販売届出品目 13B2X00201000035

診療報酬点数

下肢加重検査 250点



右記 QR コードより製品情報をご覧ください



目 次

研究論文 (原著)

- 変形性膝関節症例における歩行時の膝関節運動学・三次元下肢荷重軸の重症度別評価…… 清水 健太・他・555
 運動への手段的および感情的態度と運動行動との関連
 —セルフ・エフィカシーおよび自己調整による媒介効果の検証—…………… 太田 幸志・他・563
 大腿骨近位部骨折患者における骨格筋量が機能的予後に及ぼす影響…………… 白石 涼・他・572
 歩行イメージの時間的・空間的变化が脳活動へ及ぼす影響
 — microstate segmentation 法を用いて— …………… 西本 和平・他・579
 間質性肺疾患患者における入院関連能力低下の発生率と臨床的アウトカムへの影響
 — 2施設共同前向き観察研究—…………… 高橋 佑太・他・590
 被殻出血および視床出血患者の急性期 Computed Tomography 画像から
 深層残差ネットワークにより発症3ヵ月後の歩行自立を予測する
 —後ろ向きコホート研究—…………… 中口 拓真・他・598

症例研究

- 心臓移植患者に対する回復期外来心臓リハビリテーションの
 補助としての神経筋電気刺激療法の効果
 —シングルケースデザインを用いた検討—…………… 瀬古 博正・他・607

短 報

- 急性期脳梗塞患者の病棟内歩行自立判定に関連する要因の検討
 — Berg Balance Scale, Moss Attention Rating Scale,
 Stop Walking When Talking test による多変量解析— …………… 井上 桂輔・他・614
 レッドゾーンで新型コロナウイルス感染症患者に
 対応する理学療法士の心理的ストレスについて…………… 高橋 哲也・他・620

実践報告

- 新型コロナウイルス感染症拡大の影響によりオンラインで実施した臨床実習の
 学生満足度と今後の課題…………… 中根 征也・他・628

講 座

- シリーズ「加齢に伴う生体の変化とその理解」
 連載第5回 加齢に伴う消化・吸収・排泄機能の変化 …………… 万行 里佳・636
 シリーズ「その時バランスをどう見るか」
 連載第3回 方向転換におけるバランスをどう見るか …………… 磯 あすか・643

- 投稿規程…………… 651

Research Reports (Original Article)

- Dynamic Three-dimensional Lower Limb Mechanical Axis According to the Severity of Knee Osteoarthritis..... Shimizu K., *et al.* · 555
- Associations of Instrumental and Affective Attitudes with Exercise Behavior: Examining the Mediating Roles of Self-efficacy and Self-regulation Ota K., *et al.* · 563
- Effect of Skeletal Muscle Mass on Functional Prognosis in Patients with Proximal Femur Fractures Shiraiishi R., *et al.* · 572
- The Effects of Temporal and Spatial Changes in Motor Imagery of Walking on Brain Neural Activity: Using the Microstate Segmentation Method Nishimoto K., *et al.* · 579
- Prevalence and Clinical Impact of Hospital-acquired Disability in Patients with Interstitial Lung Disease: A Two-center Prospective Observational Study Takahashi Y., *et al.* · 590
- Prediction of Walking Independence 3 Months after Onset by Deep Residual Network from Acute Computed Tomography Images in Patients with Capsular and Thalamic Hemorrhage: A Retrospective Cohort Study Nakaguchi T., *et al.* · 598

Case Study

- Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation as an Assistance to Outpatient Cardiac Rehabilitation in a Heart Transplant Patient: Single-case Data Analysis Seko H., *et al.* · 607

Case Report

- Factors Associated with Walking Independence during Hospitalization in Patients with Acute Ischemic Stroke: Multivariate Analysis of the Berg Balance Scale, Moss Attention Rating Scale, and Stop Walking When Talking Test Inoue K., *et al.* · 614
- Psychological Stress among Frontline Physical Therapists during the Coronavirus (COVID-19) Pandemic in Japan Takahashi T., *et al.* · 620

Practical Report

- Student Satisfaction and Future Issues in Clinical Practice Conducted Online Due to the Impact of the Spread of New Coronavirus Infection Nakane S., *et al.* · 628

Lecture

- Age-related Change in Digestive, Absorptive and Excretory Functions Mangyo R. · 636
- Consideration and Evaluation of Balance in Change of Direction Iso A. · 643

研究論文 (原著)

変形性膝関節症例における歩行時の膝関節運動学・ 三次元下肢荷重軸の重症度別評価*

清水 健太^{1) #} 大越 康充²⁾ 館山 唯¹⁾ 浮城 健吾¹⁾ 三浦 浩太¹⁾
川上 健作³⁾ 鈴木 昭二⁴⁾ 井野 拓実^{1) 5)}
吉田 俊教¹⁾ 前田 龍智²⁾

要旨

【目的】 脛骨平面を通過する三次元下肢荷重軸 (以下, 3D-MA) 動態と膝関節運動学および冠状面アライメントの関連を明らかにすることである。【方法】 変形性膝関節症 (以下, 膝 OA) 症例 75 例 93 膝 (北大分類 stage II-V) を対象とし, 光学的モーションキャプチャ技術による歩行時の三次元動作解析から, 膝キネマティクスと 3D-MA 動態を検討した。【結果】 3D-MA X 座標成分値 (以下, 3D-MA_x) 動態は膝内外反キネマティクスと定性的に類似しており, X 線学的アライメントと有意な中等度の相関を示した。重度例では, 初期接地からピーク値までの 3D-MA_x 内方変位量の増加, 荷重応答期での膝屈曲変化量の減少が認められた。【結論】 3D-MA_x 動態は静的な膝アライメントや動的な膝キネマティクスを反映した複合的な指標であり, 歩行時の荷重軸動態の評価は膝 OA 進行のメカニズム解明に一助をなす可能性がある。

キーワード 変形性膝関節症, 膝関節運動学, 三次元下肢荷重軸

はじめに

膝 OA は高齢者特有の整形外科的疾患のひとつである。本邦における一般住民を対象とした膝 OA の疫学調査では, X 線写真により診断された膝 OA 患者数 (40 歳以上) は 2,530 万人 (男性 860 万人, 女性 1,670 万人), そのうち有症状患者数は約 800 万人と推定される¹⁾。膝

OA 発症・進行の要因として加齢, 女性, そして肥満などが挙げられるが²⁾, 膝関節のアライメント異常もそのひとつと考えられている³⁾。膝関節の冠状面アライメントを客観的に評価する際, X 線写真による指標が臨床的に広く用いられ^{2) 4) 5)}, 膝の内反変形は膝 OA の発症・進行との関連性が示されている^{6) 7)}。

膝 OA は内側大腿脛骨関節, 外側大腿脛骨関節, 膝蓋大腿関節の 3 つのコンパートメントの中でも内側型が多いことが知られ⁸⁾, その力学的要因として下肢荷重軸の内方化が挙げられる。下肢荷重軸は前額面において股関節中心と足関節中心を結んだ線分であり, これが脛骨近位端を通過する位置により膝の内外反の程度を表すものである。Hurwitz ら⁹⁾ は下肢荷重軸が膝 OA 症例における重症化の優良な予測因子であったと報告している。しかし, 下肢荷重軸に代表される X 線写真による評価は二次元的かつ静的指標である。膝 OA においては, 種々の日常生活動作での疼痛が主訴となることが多いため, 荷重下動的環境で膝関節負荷に影響を与える因子を三次元的に評価する必要がある。また, 立脚時の膝関節負荷には, 前額面のみならず矢状面上の動きも大きく寄与していることが報告されており^{10) 11)}, 三次元評価に

* Dynamic Three-dimensional Lower Limb Mechanical Axis According to the Severity of Knee Osteoarthritis

1) 函館整形外科クリニックリハビリテーション部 (〒041-0802 北海道函館市石川町 2-115) Kenta Shimizu, PT, Yui Tateyama, PT, Kengo Ukishiro, PT, MHSc, Kota Miura, PT, Takumi Ino, PT, PhD, JSPO-AT, Toshinori Yoshida, PT: Department of Rehabilitation, Hakodate Orthopedics Clinic
2) 函館整形外科クリニック整形外科 Yasumitsu Ohkoshi, MD, PhD, Tatsunori Maeda, MD: Department of Orthopedic Surgery, Hakodate Orthopedics Clinic
3) 函館工業高等専門学校生産システム工学科 Kensaku Kawakami, PhD: Department of Production Systems Eng., National Institute of Technology, Hakodate College
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 Sho'ji Suzuki, PhD: Department of Complex and Intelligent Systems, Future University Hakodate
5) 北海道科学大学保健医療学部理学療法学科 Takumi Ino, PT, PhD, JSPO-AT: Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Hokkaido University of Science
E-mail: kenta.s6438@gmail.com (受付日 2020 年 12 月 15 日/受理日 2021 年 7 月 9 日) [J-STAGE での早期公開日 2021 年 8 月 31 日]

おいては矢状面も含めた荷重動態評価が必要である。

三次元の下肢荷重軸動態に関する報告はまだ少ない¹²⁾¹³⁾。畑ら¹²⁾は三次元の下肢荷重軸動態の変化は膝関節の運動学的変化を表したと報告しているが膝関節の運動学的検討は立脚期における最大値のみであり、下肢荷重軸動態と膝キネマティクスにおける定性的関連性の検討はなされていない。加えて、X線写真による冠状面アライメントが歩行時における下肢荷重軸をどの程度反映するものか検討した報告はない。Nishinoら¹³⁾は内側型OA膝において観察される脛骨の軟骨摩耗や骨欠損位置と三次元の下肢荷重軸の軌跡が一致する可能性を示唆しており、膝OA症例における下肢荷重軸動態と冠状面アライメントの関連を明らかにすることによって、重症化に伴う力学的環境の変化のメカニズムを解明し、これを臨床的に評価できる可能性がある。そこから早期の治療介入が有益な可能性のある症例、すなわち膝OAの予後予測や予防・進行防止に役立つと考えられる。

そこで、本研究の目的は膝OA症例における三次元下肢荷重軸の動態と膝関節運動学および冠状面アライメントの関連を明らかにすることである。

対象および方法

1. 対象

2014年11月～2018年10月までの間に、当院にて膝OAの診断を受けた患者の内、動作解析を実施し得た症例は225例299膝であった。除外基準は独歩不可能、神経症状を有する者、歩行に影響を及ぼす脊椎および下肢の手術歴を有する者とした。膝OA重症度は、整形外科医師が立位膝正面単純X線写真を読影し、北大病期分類¹⁴⁾に準じて診断された。Stage II以上の症例が本研究の対象とされ、最終的に75例93膝(除外例；対側人工膝関節93膝、対側関節鏡視下手術23膝、高位脛骨骨切り術18膝、stage I 7膝、前十字靭帯再建術3膝、対側人工股関節2膝、脳梗塞既往1膝、その他59膝)が包含された。対象の内訳は、stage II(以下、II群)が20例24膝(男性10例、女性10例)、stage III(以下、III群)が25例28膝(男性8例、女性17例)、stage IV(以下、IV群)が16例23膝(男性5例、女性11例)、stage V(以下、V群)が14例18膝(男性1例、女性13例)であった。また、対象症例においてlateral thrustの有無が調査された。経験年数10年以上の理学療法士5名により、計測時の動画から荷重応答期における膝の急激な横ぶれが生じた場合をlateral thrustと判断された。5名全員がlateral thrustを有すると判断した症例はII群に3膝、III群に10膝、IV群に11膝、V群に11膝含まれていた。すべての被験者に対して、事前に趣旨を十分に説明し、同意を得た後に測定した。また、本研究は函館整形外科クリニック生命倫理委員会の承認(HOC-C02-5)を受け、



図1 赤外線反射マーカの貼付位置

ヘルシンキ宣言に準拠し実施された。

2. 身体的背景

三次元計測開始前に、年齢の確認、身長および体重が計測され、Body mass index (BMI) が算出された。膝関節屈伸可動域は日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会の測定方法に準じ、測定された。立位下肢正面単純X線写真よりFemoro-tibial angle(以下、FTA)と% mechanical axis(以下、%MA)が計測された。FTAは大腿骨軸と脛骨軸とが成す外側開角、%MAは股関節中心(大腿骨頭を円近似した中心)から足関節中央(内外果最突出部の中点)を通過する線(下肢荷重軸)が脛骨近位端の内外側を結ぶ線分を通過する点の百分率を内側起算し、算出した。

3. 歩行時の三次元計測

ポイントクラスター(以下、PC)法¹⁵⁾に準じた光学式モーションキャプチャ技術により歩行動作が記録された。体表解剖を熟知した理学療法士により、被験者の骨盤・下肢に57個および両肩峰に各々1個の赤外線反射マーカが貼付された(図1)。計測には赤外線カメラ8台(ProReflex, Qualisys AB Inc., Gothenburg, Sweden)および床反力計2枚(OR6, Advanced Mechanical Technology Inc., Watertown, USA)からなる三次元動作解析装置が用いられた。これら機器の計測周波数は各々120 Hzに設定された。

被験者には7mの直線路を自身の快適速度で歩行させた。計測肢の初期接地(以下、IC)から次のICまでを1周期とし、1周期の完全な記録が3回行われた時点で計測終了とした。各施行間に疲労の影響が出ないように十分な休息が与えられた。関節座標系はPC法に準じて設定され、Grood and Suntay¹⁶⁾の定義に基づいて膝関

節6自由度運動を算出した。PC法のデータ解析は動作解析ソフト(Qualisys Track Manager 3D, Qualisys AB Inc., Gothenburg, Sweden)を用い、最適化法により皮膚のズレにより生じる誤差を最小化した。算出されたデータは、1歩行周期を100%として規格化し、波形の定性的解析、波形の極値および変化量が解析された。著者らは、歩行動作時における下肢荷重軸動態を三次元的に解析する目的で、新たな手法を開発した。Nishinoら¹³⁾は2方向X線写真により股関節中心を推定する方法を用いたが、我々は臨床歩行分析研究会の方法に準じ、体表マーカーの位置情報より股関節中心と足関節中心を求め¹⁷⁾、これらを結ぶ線分を3D-MAとした。これが脛骨近位関節平面(脛骨近位端に設定されたPC法における脛骨座標系のXY平面)を通過する点を3D-MA通過点と定義し、その軌跡を算出した(図2)。また3D-MAxについてはマーカー情報より脛骨近位関節面の横径を算出し(被験者平均 10.7 ± 1.0 cm)、内側端をゼロ点とし

て標準化した。マーカー情報による股関節中心の推定誤差は 17.6 ± 11.7 mm¹⁷⁾、PC法による計測誤差は回転 $0.5 \pm 0.5^\circ$ 、並進 0.6 ± 0.6 mm¹⁸⁾と示されている。

歩行動作はランチョロスアミーゴ方式に準じ、相分けされた。ICは計測肢の垂直床反力が10 Nを超えた時点とし、ICから対側肢の第1または第5中足骨マーカーが床から離れる時点(以下、toe-off)までを荷重応答期(以下、LR;被験者平均0~13%歩行周期)、LRから計測肢踵離地を立脚中期(以下、MSt;被験者平均13~41%歩行周期)、計測肢踵離地から計測肢toe-offまでを立脚後期~前遊脚期(以下、TSt~PSw;被験者平均41~64%歩行周期)、その後を遊脚期(被験者平均64~100%歩行周期)とした。1周期に要した時間と距離から歩行速度を算出した。

4. 統計分析

膝OA重症度による4群間の差を一元配置分散分析、post-hoc testにBonferroni法を用い検討した。有意水準は5%とした。3D-MAxと%MAの相関、3D-MAxと内外反角度の関係はPearsonの積率相関係数を用いた。

結 果

症例の背景因子についてみると、年齢においてII・III群とV群の間で有意差が認められ、重症例ほど高齢であった。膝屈曲可動域においては、II群とIV群、II・III群とV群、歩行速度においてII群とV群で有意差が認められ、重症例において膝屈曲可動域が小さく、歩行速度が遅かった。FTAと%MAはII群とIII群の間を除く群間で有意差が認められ、重症例ほど内反を呈していた(表1)。

キネマティクスの結果について示す。膝屈伸角度では、ICのみIV群がIII群に較べ、有意に膝屈曲位であったが、その他の位相では群間に有意差は認められなかった。LRにおける屈曲変化量はV群がII・III群に較べ有意に減少

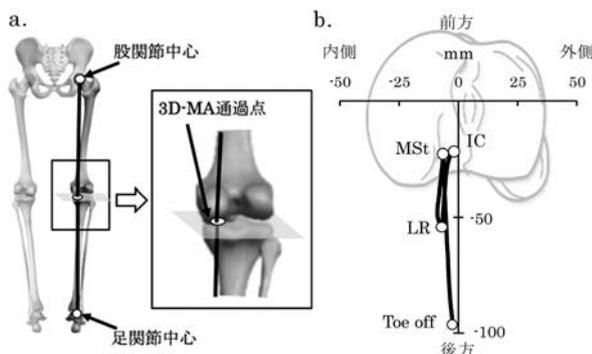


図2 3D-MAの算出方法と3D-MA通過点の軌跡

a. 3D-MA算出方法, b. 3D-MA通過点の典型例

IC: 初期接地, LR: 荷重応答期, MSt: 立脚中期, Toe-off: 計測肢の爪先離地

体表マーカーの位置情報から推定された股関節・足関節中心を結ぶ線分を三次元下肢荷重軸(3D-MA)とし、脛骨近位端に設定されたポイントクラスター法における脛骨座標系のXY平面を通過する点(a)とその軌跡(b)を3D-MA通過点として算出した。

表1 各群の身体的背景, 単純膝レントゲン初見

	II群	III群	IV群	V群
年齢(歳)	59.2 ± 7.6	61.9 ± 8.2	66.6 ± 10.0	70.8 ± 10.0*†
身長(cm)	161.8 ± 6.9	159.0 ± 9.8	157.0 ± 10.4	153.7 ± 7.3
体重(kg)	67.4 ± 11.1	64.6 ± 9.7	64.9 ± 13.0	64.9 ± 10.6
BMI(kg/m ²)	25.7 ± 3.4	25.5 ± 2.7	26.3 ± 4.7	27.4 ± 3.3
膝伸展角度(°)	-3.1 ± 5.3	-3.4 ± 5.6	-7.0 ± 5.2	-6.7 ± 6.6
膝屈曲角度(°)	145.0 ± 5.5	143.0 ± 8.5	136.1 ± 11.3*	133.3 ± 15.7*†
歩行速度(m/s)	1.2 ± 0.2	1.1 ± 0.2	1.0 ± 0.2	1.0 ± 0.2
FTA(°)	177.4 ± 1.4	178.3 ± 2.2	180.9 ± 3.0*†	183.6 ± 2.8*†¶
%MA(%)	32.1 ± 9.6	29.6 ± 11.0	17.9 ± 12.9*†	5.6 ± 11.0*†¶

*: vs II群, †: vs III群, ¶: vs IV群, p<0.05

BMI: Body mass index, FTA: Femoro-tibial angle, %MA: %mechanical axis

表2 歩行における波形の極値および変化量

運動	相	II群	III群	IV群	V群
屈伸 (°)	IC	12.5 ± 6.4	11.2 ± 6.4	16.3 ± 7.0†	16.4 ± 7.6
	対側 toe-off	25.6 ± 8.3	23.9 ± 8.8	26.0 ± 7.8	24.1 ± 10.7
	変化量 (LR)	13.0 ± 4.9	12.8 ± 4.3	9.7 ± 4.8	7.7 ± 5.3*†
内反 (°)	IC	-2.6 ± 4.8	-1.3 ± 5.4	0.9 ± 5.6	3.5 ± 5.6*†
	対側 toe-off	-0.4 ± 5.0	1.2 ± 5.9	2.7 ± 4.9	6.2 ± 5.5*†
	変化量 (LR)	2.3 ± 2.4	2.5 ± 1.8	1.8 ± 2.4	2.7 ± 2.3
	立脚初期ピーク値	0.0 ± 5.0	1.6 ± 5.8	3.3 ± 5.0	6.8 ± 5.3*†
	変化量 (IC ~ 立脚初期ピーク値)	2.6 ± 2.2	3.0 ± 1.6	2.5 ± 2.0	3.3 ± 2.2
内旋 (°)	IC	5.3 ± 4.2	7.5 ± 6.6	4.9 ± 5.2	6.6 ± 5.9
	対側 toe-off	0.1 ± 3.9	1.4 ± 5.6	-0.4 ± 5.2	1.3 ± 3.9
	変化量 (LR)	5.3 ± 3.3	6.1 ± 4.8	5.3 ± 3.0	5.3 ± 4.5

* : vs II群, † : vs III群, p<0.05
IC : 初期接地, LR : 荷重応答期

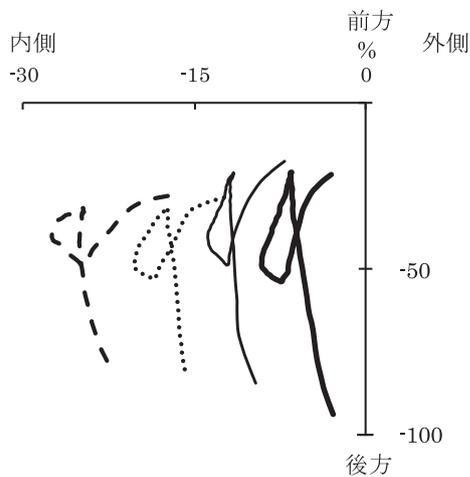


図3 歩行立脚期における3D-MAx通過点の軌跡の典型例
太実線：II群，細実線：III群，点線：IV群，破線：V群
重症度別の三次元下肢荷重軸(3D-MA)通過点の軌跡を示す。全群類似した軌跡を示している。ただし，値は標準化されていない。

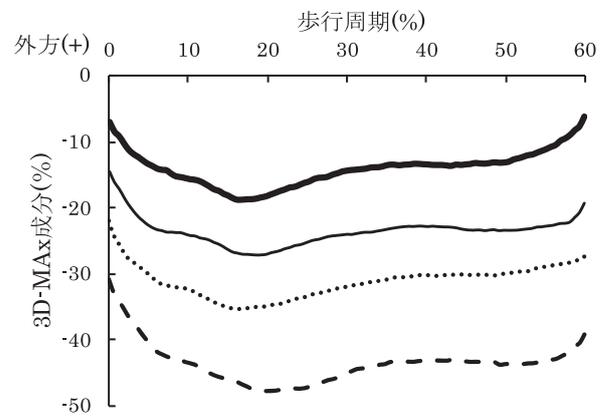


図4 歩行立脚期における脛骨幅で標準化した3D-MAxの軌跡
太実線：II群，細実線：III群，点線：IV群，破線：V群
歩行立脚期における三次元下肢荷重軸通過点のX座標成分値(3D-MAx)の軌跡を示す。荷重応答期(被験者平均0~13%歩行周期)を通してV群はII・III群に較べて有意に内方に位置していた。初期接地からピーク値までの3D-MAx変位量は，V群がII群と較べ，内方への変位量が有意に大きかった。

表3 歩行における3D-MAx成分の極値および変位量

相	II群	III群	IV群	V群
IC (%)	-3.6 ± 10.0	-7.2 ± 11.9	-12.1 ± 13.3	-16.3 ± 12.2*
対側 toe-off (%)	-8.5 ± 211.5	-12.4 ± 15.3	-18.7 ± 13.5*	-24.2 ± 13.4*†
変位量 (LR) (%)	-4.9 ± 4.5	-5.2 ± 4.7	-6.6 ± 3.1	-7.9 ± 4.0
ピーク内側点 (%)	-10.7 ± 10.8	-15.0 ± 14.1	-20.2 ± 13.4	-26.5 ± 12.6*†
変位量 (IC ~ ピーク内側点) (%)	-7.1 ± 3.7	-7.8 ± 3.3	-8.1 ± 2.2	-10.2 ± 2.8*

* : vs II群, † : vs III群, p<0.05
3D-MAx : 三次元下肢荷重軸通過点 X 座標成分値, IC : 初期接地, LR : 荷重応答期

していた。膝内外反角度は，LRを通してV群がII・III群に較べ，有意に高値であったが，LRにおける変化量は群間に有意差は認められなかった。膝内外旋角度では，定性的に全群同様の波形パターンを示しており，角度，変化量ともに有意差は認められなかった(表2)。

立脚期における3D-MAx通過点の軌跡について示す(図3~5)。3D-MAxはLRを通してV群がII・III群に較べて有意に小さく，言い換えるとより内方に位置していた。ICからピーク値までの3D-MAx変位量をみると，V群がII群と較べ，内方への変位量が有意に大きかった

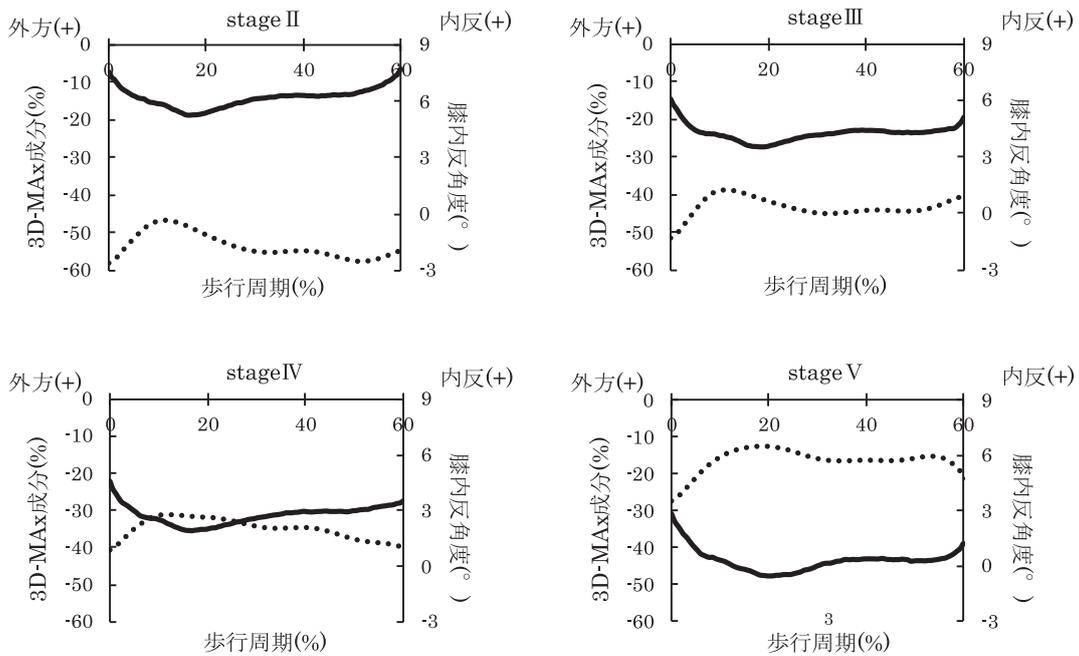


図5 歩行立脚期における3D-MAxと膝関節内反角度の関係

実線：3D-MAx, 点線：膝関節内外反角度

三次元下肢荷重軸通過点のX座標成分値(3D-MAx)と膝関節内外反角度の関係を示す。3D-MAxは全群において、膝関節の内反とともに内方へ移動し、膝関節の外反とともに外方へ移動していた。

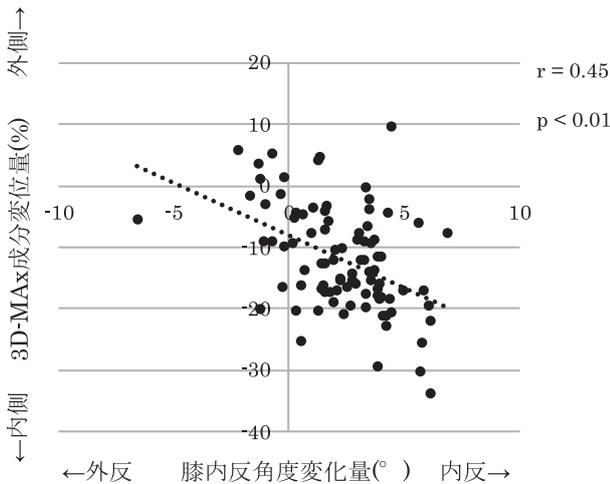


図6 LRの3D-MAx変位量と膝関節内外反角度変化量の関係
荷重応答期(LR)における三次元下肢荷重軸通過点のX座標成分値(3D-MAx)と膝関節内外反角度の関係を示す。全症例の3D-MAx変位量と膝関節内外反角度変化量は有意な中等度の相関がみられた。

(表3)。

全症例のLRにおける膝内外反角度変化量と3D-MAx変位量は有意な中等度の相関がみられた($r = 0.45$, 図6)。また、対側 toe-off (LRの終わり)時の3D-MAxと%MAは中等度の相関($r = 0.59$, 図7a)、膝最大伸展位(MSt)の3D-MAxと%MAも中等度の相関($r = 0.69$, 図7b)であった。

考 察

3D-MAは股関節中心と足関節中心を結んだ線であり、

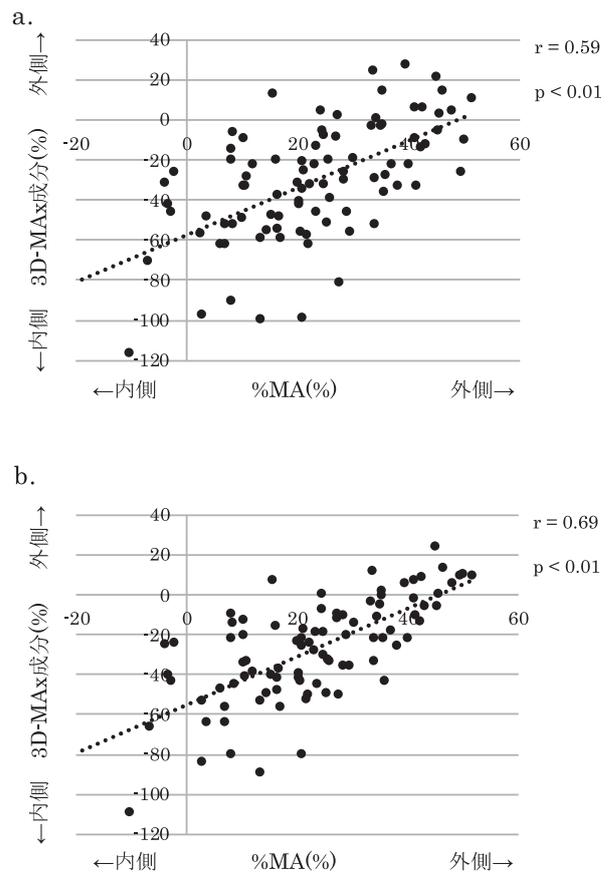


図7 3D-MAxと%MAの関係

a. 対側 toe-off時の3D-MAxと%MA

b. 膝最大伸展位(MSt)の3D-MAxと%MA

三次元下肢荷重軸通過点のX座標成分値(3D-MAx)と%mechanical axis(%MA)の関係を示す。対側 toe-off時の3D-MAxと%MAは有意な中等度の相関がみられた(a)。膝最大伸展位(MSt)の3D-MAxと%MAは有意な中等度の相関がみられた(b)。

3D-MA 成分値が大きくなることは、膝関節中心から 3D-MA が離れる動きを表している。3D-MA が内方に動けば膝は外方へ、すなわち前額面上の内反を反映することが想起されるが、これまで 3D-MA 動態と膝キネマティクスの定性的関連性について検討された報告はない。図 5 に示すように 3D-MA_x は膝関節の内反とともに膝関節の内方に移動し、膝関節の外反では外方へと移動しており定性的に同様の波形パターンを示していた。IC からピーク値までの変化量について、膝内反角度では群間差が認められなかったが、3D-MA_x では II と V の間で有意差が認められた。しかし、LR における 3D-MA_x の変位量と膝内反変化量は有意に相関していたが、相関の強さは中等度の相関にとどまっていた。3D-MA の算出に際し、脛骨平面をマーカー情報により設定された脛骨座標系の XY 平面と定義しており、脛骨座標系の 6 自由度運動すべての影響を受けるため、3D-MA 動態は内外反運動のみならず回旋運動や並進運動の影響を受ける。これが 3D-MA_x 動態と膝内外反動態が一致しない要因と考えられた。このように 3D-MA_x 動態は単純な軸運動では明らかにできなかった膝関節運動を説明でき、運動学的変化の兆候を捉えられる可能性があるものと考えられたが、回旋運動あるいは並進運動のいずれによる影響かはさらなる研究が必要と考えられた。

%MA や 3D-MA 成分値は関節面への荷重負荷や膝に加わるモーメントのレバーアームなど力学的環境を想起させる指標である。3D-MA_x、%MA とともに脛骨の内側端をゼロとした指標であるが、3D-MA_x のピーク内側値は %MA の値とは大きく異なっていた (表 1 および 3)。%MA は膝最大伸展位での両脚支持でのレントゲン像からの静的評価である一方、3D-MA は両脚支持期 (LR) においては膝軽度屈曲位、膝最大伸展位 (MSt) においては片脚支持といった違いに加え、動的な膝関節および他関節アライメントなどに影響を受けるため、静的評価から動作時の荷重負荷を評価することに限界はある。しかし、重症化に伴い %MA が内方化すると同様に 3D-MA も内方化しており、対側肢の toe-off (LR の終わり) 時の 3D-MA_x と %MA は中等度の相関 ($r = 0.59$)、膝最大伸展位における 3D-MA_x と %MA も中等度の相関 ($r = 0.69$) であった。荷重軸の通過点は大きく異なるものの、%MA は動作時の傾向を表せているようである。また、3D-MA は %MA 同様、実際の大腿脛骨関節面の接触状態を示すものではないが関節面の内方を通過することはすなわち内反モーメントのレバーアームが延長していることを想起させるものである。これらの値が内方化することと重症化の因果関係について明らかにすることは OA 進行メカニズムの解明に寄与できる可能性があり、縦断的研究が必要と考えられる。

OA 症例における三次元の下肢荷重軸解析について、

畑ら¹²⁾ は、中高度 OA 症例では LR における下肢荷重軸の内側変位量が増加していた一方、前後移動量が減少しており、中高度 OA の膝関節では相対的に内側方向への剪断力が作用している可能性を示唆している。本研究においても IC からピーク値までの 3D-MA_x は重症例ほど変位量が増加していた。また LR における膝屈曲角度は重症例ほど変化量が減少していた。この不十分な屈曲変化量は大腿四頭筋の筋力低下による衝撃吸収能が損なわれていることを示すものと知られている¹⁹⁾。さらに、LR における大腿四頭筋活動は内反モーメントに拮抗する主たる筋活動との報告もあり²⁰⁾、3D-MA_x の内方化と併せて大腿四頭筋の筋力低下が内反モーメントを増加させ、膝 OA 進行を助長させる可能性がある。膝関節は内側方向への力に対する動的支持機構を有していないが、大腿四頭筋活動を含めた屈伸運動の制御を促進することによって膝内側コンパートメントへの負荷を減弱できるかもしれない。今後は膝関節モーメントとの関連性も調査することで、3D-MA が膝関節への負荷をどの程度反映しているかを明らかにする必要がある。

本研究の限界について述べる。まず、本研究は同一症例による縦断研究ではないため、重症化するにつれて今回のような変化が起こったかは断定できないことが挙げられる。しかし、膝 OA における内反変形、伸展制限および可動域制限は、経時的に進行することが知られており、本研究結果は膝 OA の進行、重症化に伴う傾向を示すものと考えられた。今後は高齢健常例も含めた縦断研究が必要である。次に、3D-MA は %MA 同様、下肢長や体格の影響を受ける指標であり、レントゲン像ないしはマーカー情報から得られる脛骨前後径による標準化が必要であった。しかし、レントゲン像においてはサイズリファレンスを同時に撮影されておらず撮影距離の影響を除外できなかった。また動作解析においては脛骨前後径を設定するためのマーカー貼付がなされなかった。3D-MA は二次元の単純レントゲンでは検知し得ない矢状面に対する荷重軸動態も観察可能であり、計測・解析方法の改良により 3D-MA 前後成分動態の解明が必要と考える。最後に歩行計測時の疼痛を定量的に評価していないことが挙げられる。しかし、計測中に疼痛を訴えた症例はなく、計測時の歩行速度は先行研究により報告されている同年代の健常高齢者における歩行速度と同等であったため²¹⁾、疼痛による影響はなかったものと考えられた。

結 論

膝 OA 症例における重症度別の 3D-MA 動態と歩行時膝キネマティクスおよび冠状面アライメントの関係を明らかにした。3D-MA_x は %MA や膝内外反角度と有意な相関関係が認められたが、中等度にとどまっていた。

3D-MAX 動態は静的な膝アライメントや動的な膝キネマティクスを反映した複合的な指標であり、3D-MAXの内方化と重症化の因果関係について明らかにすることはOA進行のメカニズムの解明に寄与できる可能性がある。

利益相反

本研究に関連した開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) 吉村典子：一般住民における運動器障害の疫学—大規模疫学調査ROADより。THE BONE. 2010; 24: 39-42.
- 2) 大森 豪：変形性膝関節症の病態と悪化因子。新潟医学会雑誌. 2003; 117: 397-400.
- 3) Tanamas S, Hanna FS, *et al.*: Does knee malalignment increase the risk of development and progression of knee osteoarthritis? A systematic review. Arthritis Rheum. 2009; 61: 459-467.
- 4) 上松耕太, 長谷川克純, 他：変形性膝関節症における膝内外反変形に対する距骨下関節の代償機能について—荷重時距骨下関節撮影法を用いて—。別冊整形外科. 2002; 42: 74-78.
- 5) 五味徳之, 田村知雄, 他：荷重による下肢アライメントの影響。中部日本整形外科災害外科学会雑誌. 2000; 43: 1195-1171.
- 6) Brouwer GM, van Tol AW, *et al.*: Association between valgus and varus alignment and the development and progression of radiographic osteoarthritis of the knee. Arthritis Rheum. 2007; 56: 1204-1211.
- 7) Moyer RF, Birmingham TB, *et al.*: Alignment, body mass and their interaction on dynamic knee joint load in patients with knee osteoarthritis. Osteoarthritis Cartilage. 2010; 18: 888-893.
- 8) 竹日行男, 三橋 隆, 他：草津町住民検診による膝関節検診結果。膝. 1990; 15: 90-93.
- 9) Hurwitz DE, Ryals AB, *et al.*: The knee adduction moment during gait in subjects with knee osteoarthritis is more closely correlated with static alignment than radiographic disease severity, toe out angle and pain. J Orthop Res. 2002; 20: 101-107.
- 10) Dixon SJ, Hinman RS, *et al.*: Knee joint stiffness during walking in knee osteoarthritis. Arthritis Care Res. 2010; 62: 38-44.
- 11) Meireles S, De Groote F, *et al.*: Knee contact forces are not altered in early knee osteoarthritis. Gait Posture. 2016; 45: 115-120.
- 12) 畑 亮輔, 西野勝敏, 他：変形性膝関節症の進行が歩行中の膝関節キネマティクス・キネティクスに及ぼす影響。バイオメカニズム. 2016; 23: 129-138.
- 13) Nishino K, Omori G, *et al.*: Three-dimensional dynamic analysis of knee joint during gait in medial knee osteoarthritis using loading axis of knee. Gait Posture. 2015; 42: 127-132.
- 14) 古賀良生：変形性膝関節症—病態と保存療法。古賀良生(編), 南江堂, 東京, 2008, pp. 112-113.
- 15) Andriacchi TP, Alexander EJ, *et al.*: A point cluster method for in vivo motion analysis: applied to a study of knee kinematics. J Biomech Eng. 1998; 120: 743-749.
- 16) Grood ES, Suntay WJ, *et al.*: A joint coordinate system for the clinical description of three-dimensional motions: application to the knee. J Biomech Eng. 1983; 105: 136-144.
- 17) 倉林 準, 持丸正明, 他：股関節中心推定方法の比較・検討。バイオメカニズム学会誌. 2003; 27: 29-35.
- 18) Alexander EJ, Andriacchi TP, *et al.*: Correcting for deformation in skin-based marker systems. J Biomech. 2001; 34: 355-361.
- 19) Gotz-Neumann K：観察による歩行分析。月城慶一, 山本澄子, 他(訳), 医学書院, 東京, 2005, p. 127.
- 20) Shelburne KB, Torry M, *et al.*: Contributions of muscles, ligaments, and the ground-reaction force to tibiofemoral joint loading during normal gait. J Orthop Res. 2006; 24: 1983-1990.
- 21) 古名丈人, 伊東 元, 他：高齢者の歩行速度, 歩幅, 歩行率および歩行パターン。理学療法学. 1994; 21(学会特別号): 417.

〈Abstract〉

Dynamic Three-dimensional Lower Limb Mechanical Axis According to the Severity of Knee Osteoarthritis

Kenta SHIMIZU, PT, Yui TATEYAMA, PT, Kengo UKISHIRO, PT, MHSc, Kota MIURA, PT, Takumi INO, PT, PhD, JSPO-AT, Toshinori YOSHIDA, PT

Department of Rehabilitation, Hakodate Orthopedics Clinic

Yasumitsu OHKOSHI, MD, PhD, Tatsunori MAEDA, MD

Department of Orthopedic Surgery, Hakodate Orthopedics Clinic

Kensaku KAWAKAMI, PhD

Department of Production Systems Eng., National Institute of Technology, Hakodate College

Sho'ji SUZUKI, PhD

Department of Complex and Intelligent Systems, Future University Hakodate

Takumi INO, PT, PhD, JSPO-AT

Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Hokkaido University of Science

Objective: To clarify the relationship between three-dimensional mechanical axis (3D-MA) passing points on the proximal tibial surface and the knee joint kinematics and radiographic coronal alignment.

Methods: Seventy-five participants (93 knees) with knee osteoarthritis (OA) (Hokkaido University classification, stage II-V) were included. Three-dimensional motion analysis was performed using an optical motion capture system while walking to examine the knee joint kinematics and the trajectory of 3D-MA passing points.

Results: The displacements of the x-component of the 3D-MA passing points (3D-MAx) were qualitatively similar to varus and valgus knee kinematics and demonstrated a significant moderate correlation with the radiographic alignment. There was an increase in the 3D-MAx medial displacement between the initial contact and peak value in severe cases, along with a decrease in the change in knee flexion angle during the loading response phase.

Conclusion: 3D-MA is a multiplex index that reflects static knee alignment and dynamic knee kinematics. Evaluation of the load axis dynamics during gait may help clarify the mechanism that underlies the progression of OA.

Key Words: Knee osteoarthritis, Knee joint kinematics, Three-dimensional mechanical axis

研究論文 (原著)

運動への手段的および感情的態度と運動行動との関連*

—セルフ・エフィカシーおよび自己調整による媒介効果の検証—

太田幸志^{1)2)#} 原田和弘¹⁾

要旨

【目的】運動への手段的態度と感情的態度が、セルフ・エフィカシーと自己調整を媒介して、運動行動に影響しているかを検証した。【方法】事前調査において50～74歳の500名へ質問紙によるインターネット調査を実施し、うち394名が半年後追跡調査に回答した。基本属性を考慮したうえで、手段的態度、感情的態度、セルフ・エフィカシー、自己調整、運動行動の関連性をパス解析にて検証した。【結果】横断および縦断解析ともに、感情的態度は自己調整およびセルフ・エフィカシーを介して間接的に運動行動に回帰していた。一方で、手段的態度は自己調整を媒介して間接的に運動行動に回帰していたが、セルフ・エフィカシーへの関連性は認められなかった。【結論】感情的態度はセルフ・エフィカシーと自己調整の両者に媒介して運動行動に影響することが明らかになった一方で、手段的態度が両者を媒介して運動行動に影響を与えるかは明確にならなかった。

キーワード 健康への態度、自己効力感、セルフコントロール、身体運動、健康的な老化

はじめに

運動行動を習慣的に行うことは、加齢による心身機能の低下を緩徐にするだけでなく、慢性疾患の予防や健康寿命の延伸にもきわめて有効な要素である。我が国が2025年を目途に構築をめざす地域包括ケアシステムにおいても、そのひとつの柱である介護予防へのかかわりが理学療法士に求められており¹⁾、地域における高齢者を中心とした人々の健康を維持・向上して自助や互助を推進するためには、運動行動の習慣化を支援することも重要である。また、厚生労働省が発表した「健康づくりのための身体活動基準2013」²⁾では、すべての世代に共通する方向性として、現在の身体活動量を少しでも増やすこと、および1日30分以上の運動行動を週2日以上行うことが推奨されている。「二十一世紀における第二次国民健康づくり運動（健康日本21（第二次）」³⁾

においても、運動習慣者の割合の増加が目標として掲げられている。しかしながら、同省の「国民健康・栄養調査」⁴⁾の結果では、運動習慣者の割合がここ10年増加していない状況にあることが示されている。そのため、人々の運動行動を促進するための方策を確立することは、今後のさらなる高齢社会を迎えるにあたり重要な課題であるといえる。

健康行動科学の領域における研究によれば、運動行動の効果的な促進には、セルフ・エフィカシーや自己調整を高めることが重要である。セルフ・エフィカシーと自己調整は、健康行動科学の代表的な理論である社会的認知理論⁵⁾の中心的概念である。ここでいうセルフ・エフィカシーとは、運動行動を継続できるという見込み感をもつことを、また、自己調整とは、運動行動の計画や目標設定、実施状況の記録と評価などを自分で行うことを意味する。多くの先行研究において、両者が身体活動や運動行動を促進する要因であることが報告されており⁶⁻¹⁵⁾、近年に発表されたシステマティックレビューやメタ分析でも、運動行動の促進におけるセルフ・エフィカシーや自己調整の重要性が確認されている¹⁶⁾¹⁷⁾。

セルフ・エフィカシーや自己調整を通じて運動行動を促進するには、運動行動の重要性を認識することや、運動行動を好ましいと認識することが有効である可能性が

* Associations of Instrumental and Affective Attitudes with Exercise Behavior: Examining the Mediating Roles of Self-efficacy and Self-regulation

1) 神戸大学大学院人間発達環境学研究所
Koji Ota, PT, Kazuhiro Harada, PhD: Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

2) 大阪リハビリテーション専門学校
(〒530-0043 大阪府大阪市北区天満1-17-3)
Koji Ota, PT: Osaka College of Rehabilitation

E-mail: koji.ota@ocr.ac.jp
(受付日 2021年3月31日/受理日 2021年8月10日)
[J-STAGEでの早期公開日 2021年10月1日]

ある。これらの認識は、健康行動科学の領域では、態度¹⁸⁾という概念で整理される。態度とは、ある行動に対する個々人の主観的な評価のことであり、同領域における統合的行動モデル¹⁹⁾では、態度を、手段的態度と感情的態度の2つに整理している。手段的態度は、目的達成の手段としての行動の評価（例：運動行動は健康に良い、必要だ）を、また、感情的態度は、行動を実行することに対する感情的な評価（例：運動行動は好きだ、楽しい）を表す。手段的態度や感情的態度が、どのような心理学的なメカニズムを経て運動行動の促進につながっているのかを明らかにすることで、それぞれの態度に対する働きかけを行う際に、どのような点に配慮すると、運動行動をより効果的に促進でき得るのかを示唆できる。本研究では、この心理的メカニズムとして、セルフ・エフィカシーと自己調整が両態度と運動行動とを媒介している可能性に注目する。態度に関するこれまでの研究では、感情的態度のほうが、手段的態度よりも、健康行動全般²⁰⁾や身体活動²¹⁾・運動行動²²⁾に対する予測力が高いと報告されているものの、これらの態度の影響は、セルフ・エフィカシーと自己調整を媒介したものであるのかどうかは明確になっていない。

そこで本研究では、手段的態度および感情的態度がセルフ・エフィカシーと自己調整を媒介して、運動行動に影響を与えているかどうかを検証した。

対象および方法

1. 対象者と手続き

本研究は、神戸大学大学院人間発達環境学研究科内に設置された研究倫理審査委員会（承認番号：387-2／研究課題名：中高齢者の健康行動の意思決定と感情に関する調査研究）の承認を得たうえで、ヘルシンキ宣言および人を対象とした医学系研究に関する倫理指針にしたがって実施した。この調査で得たデータから我々は、本稿のほか、習慣強度が3種類の健康行動（運動行動、座位行動、食行動）に及ぼす影響に関する論文と、感情経験が3種類の健康行動に及ぼす影響に関する論文を執筆・投稿している。本稿は、健康行動の中でも運動行動に焦点をあてて、態度の種類による違いを比較検討している点で、これら2編の論文とは異なる観点から、この調査から得たデータを分析・報告するものである。

この調査では、マイボイスコム株式会社が自社管理している調査モニターのうち、50～74歳に対して、質問紙によるインターネット調査を行った。調査モニターは、同社に登録した一般の調査対象者であり、アンケートに回答することで種々の商品と交換可能なポイント報酬を受領できる。我々は、2019年6～7月に、事前調査として、同社に、性別（男性、女性）および年代（50～54歳、55～59歳、60～64歳、65～69歳、70～

74歳）で層化したうえで、各層より50名ずつ計500名から回答を得る調査を行うよう求めた。同社は、これまでの自社の実績から、計1,264名程度に調査を依頼するのが妥当と判断し、該当する調査モニターから無作為に抽出された1,264名へ、調査協力依頼と調査画面へのリンクを記した電子メールを配信した。調査画面の1ページ目で、研究目的や研究方法などを記した説明文を提示し、熟読のうえ協力の同意が得られる場合は、次ページへ進むボタンをクリックするよう教示した。そのため、ボタンのクリックをもって、同意を得たとみなした。同社の調査方式にしたがい、各層から50名ずつの有効回答が得られた時点で、事前調査を終了した。

その後、半年後である2020年1月に、事前調査への回答が得られた500名全員に対して、追跡調査へ回答するよう、電子メールで依頼を行った。そのうち、追跡調査で回答が得られたのは394名であった。

2. 調査項目

1) 運動への態度

原田ら²²⁾が作成した運動への態度尺度（補遺1）を使用した。この尺度は、「自分にとって運動を行うことは必要なことだ」など計3項目からなる手段的態度と、「自分にとって運動を行うことは楽しいことだ」など計3項目からなる感情的態度の2因子構造である。各項目について、「まったくそう思わない（1点）」、「あまりそう思わない（2点）」、「少しだけそう思う（3点）」、「ややそう思う（4点）」、「非常に強くそう思う（5点）」の5件法で回答を求めた。各項目の回答の総和を算出し、尺度得点とした。この尺度の内的整合性（Cronbach's α 係数）および再検査信頼性（相関係数 r ）は、手段的態度尺度で $\alpha = 0.91$, $r = 0.71$ 、感情的態度尺度で $\alpha = 0.92$, $r = 0.81$ である。また、尺度の因子妥当性は、Goodness of Fit Index（以下、GFI）= 0.992、Comparative Fit Index（以下、CFI）= 0.998、Root Mean Square Error of Approximation（以下、RMSEA）= 0.034 である。

2) 運動セルフ・エフィカシー

岡²³⁾が作成した運動セルフ・エフィカシー尺度（補遺1）を使用した。この尺度は「少し疲れているときでも、運動する自信がある」などの計4項目について、「まったくそう思わない（1点）」、「あまりそう思わない（2点）」、「どちらともいえない（3点）」、「少しそう思う（4点）」、「かなりそう思う（5点）」の5件法で回答を求めるものである。各項目の回答の総和を算出し、尺度得点とした。この尺度の内的整合性（Cronbach's α 係数）および再検査信頼性（相関係数 r ）は、 $\alpha = 0.84$, $r = 0.78$ である。また、尺度の因子妥当性は、GFI = 0.99、Adjusted Goodness of Fit Index（以下、AGFI）= 0.97、CFI = 1.00、RMSEA = 0.05 である。

3) 運動の自己調整

武田ら²⁴⁾が作成した運動に関する行動的スキル尺度(補遺1)を使用した。この尺度は、「運動をすることに
関する現実的な目標を立てた」など計5項目について、「まったくなかった(1点)」、「あまりなかった(2点)」、「どちらでもない(3点)」、「少しあった(4点)」、「かなりあった(5点)」の5件法で回答を求めたものである。各項目の回答の総和を算出し、尺度得点とした。この尺度の内的整合性(Cronbach's α 係数)は、 $\alpha = 0.78$ である。また、尺度の因子妥当性は、GFI = 0.984, AGFI = 0.952, CFI = 0.973, RMSEA = 0.08である。

4) 運動行動の実施状況

原田ら²²⁾と同様の形式で、運動行動の実施状況を評価した(補遺1)。具体的には、教示文は、「ふだん、運動をしますか? 運動には、スポーツ、散歩、軽い体操なども含みます」とし、「運動をしない」、「運動をする」の2つの選択肢から1つを選ぶよう求めた。「運動をする」を選んだ者は、平均的な週における運動の実施日数と、運動する日の1日の運動時間を数字で回答するよう求めた。これらの回答から、1週間の合計運動時間を算出し、本研究では運動行動の指標とした。

5) 基本属性

対象者の基本属性として、年齢、性別、現在の婚姻状況、教育歴、現在の就業状況、世帯年収を調査した。

3. 解析

1) 主要解析

基本属性の影響を考慮したうえで、事前調査の結果を分析する横断的観点、および事前調査から半年後追跡調査への変化を分析する縦断的観点によるパス解析によって、運動への態度、運動の自己調整、運動セルフ・エフィカシーと運動行動の関連性を検証した。横断および縦断の両者の観点から解析を行うことで、頑健性の高い知見を提示できる。

横断的観点のパス解析(n=500)では、従属変数を事前調査における運動行動とし、その他の変数も事前調査のデータを用いた。パス解析では、態度から運動行動へのパス、態度から自己調整へのパス、態度からセルフ・エフィカシーへのパス、自己調整から運動行動へのパス、セルフ・エフィカシーから運動行動へのパス、および各基本属性から態度、自己調整、セルフ・エフィカシー、運動行動へのパスを設定したモデルを検証した。なお、各基本属性からのパスについては、いったん、すべての基本属性からこれらすべてへのパスを設定したうえで、モデル内に含まれるすべてのパスのp値が0.05未満になるまで、p値が大きい順にパスを1本ずつ削除した。各基本属性からのパス以外については、p値の大きさによらず、モデルに含めた。基本属性項目のうち、

性別(男性=0, 女性=1)、現在の婚姻状況(結婚していない=0, 結婚している=1)、教育歴(高校短大まで=0, 四大卒以上=1)、現在の就業状況(仕事なし=0, 仕事あり=1)、世帯年収(500万円未満=0, 500万円以上=1)はダミー変数とした。また、作成したモデルにおいて、従属変数に対する各独立変数の標準化間接効果と、その95%信頼区間およびp値を算出した。標準化間接効果は、ある独立変数がその他の変数を媒介して間接的に従属変数に作用する効果を意味する。標準化間接効果の95%信頼区間とp値の算出には、バイアス修正ブートストラップ法(標本数1,000)を用いた。モデルの適合度指標は、GFI, AGFI, およびRMSEAとした。

縦断的観点のパス解析(n=394)では、事前調査から追跡調査における態度の変化、自己調整の変化、およびセルフ・エフィカシーの変化と、運動行動の変化との関連性を分析した。身体活動・運動行動の影響要因に関する総説²⁵⁾では、縦断的観点でこのような要因間の関連性を検証する場合、独立変数と従属変数のそれぞれの変化同士の検証することが推奨されている。本研究では、縦断的観点により身体活動・運動行動の影響要因を検証した先行研究²⁶⁾²⁷⁾と同様に、事前調査の値から追跡調査の値を予測する回帰分析を行った際の残差得点を、変化の指標として用いた。残差得点を変化の指標として用いることで、事前調査の値を補正し平均への回帰現象を踏まえた検証が可能となる²⁸⁾。横断的観点からのパス解析と同等に、縦断的観点のパス解析でも、態度から運動行動へのパス、態度から自己調整へのパス、態度からセルフ・エフィカシーへのパス、自己調整から運動行動へのパス、セルフ・エフィカシーから運動行動へのパス、および各基本属性から態度、自己調整、セルフ・エフィカシー、運動行動へのパスを設定したモデルを検証した。各基本属性からのパスの選択方法、標準化間接効果とその95%信頼区間およびp値の算出方法、適合度指標も、横断的観点からのパス解析と同等とした。

p値が0.05未満である場合は統計学的に有意とみなした。パス解析にはIBM SPSS AMOS 26、その他の解析にはIBM SPSS Statistics 26を使用した。

2) 追加解析

結果の頑健性をさらに高めるための追加解析として、従属変数である運動行動の定義を変えたパス解析も行った。すなわち、横断的観点の追加解析では、厚生労働省の運動行動の推奨量にしたがい、週2日・1日30分以上の運動実施(満たさない=0, 満たす=1)を従属変数(ダミー変数)としたパス解析を行った。また、縦断的観点の追加解析では、変化の指標を、残差得点ではなく、実測値の変化量(事前調査と追跡調査の値の差分)を従属変数としたパス解析を行った。残差得点を使用した分析では、事前調査の得点の高低が変化量に及ぼす影

表 1 対象者の特性に関する記述統計

	全体 (n=500)		半年後調査の回答状況				p 値
	M または %	SD	未回答 (n=106)		回答 (n=394)		
			M または %	SD	M または %	SD	
性別							0.021
男性	50.0%	—	39.6%	—	52.8%	—	
女性	50.0%	—	60.4%	—	47.2%	—	
現在の婚姻状況							0.898
結婚していない	23.2%	—	23.6%	—	23.1%	—	
結婚している	76.8%	—	76.4%	—	76.9%	—	
教育歴							0.021
高校短大まで	50.2%	—	60.4%	—	47.5%	—	
四大卒以上	49.8%	—	39.6%	—	52.5%	—	
現在の就業状況							0.827
仕事なし	46.8%	—	48.1%	—	46.8%	—	
仕事あり	53.2%	—	51.9%	—	53.2%	—	
世帯年収							0.326
500 万円未満	49.4%	—	53.8%	—	48.2%	—	
500 万円以上	50.6%	—	46.2%	—	51.8%	—	
年齢	61.87	7.03	61.09	7.10	62.08	7.01	0.633
週の運動時間 (分)	145.72	222.05	148.40	240.97	145.00	217.00	0.905
手段的態度	11.81	2.83	11.90	2.78	11.79	2.85	0.847
感情的態度	9.33	3.41	8.89	3.33	9.44	3.42	0.512
自己調整	10.69	5.24	10.66	4.93	10.70	5.32	0.220
セルフ・エフィカシー	10.18	4.63	9.68	4.61	10.32	4.63	0.208

p 値は対応のある t 検定, または χ^2 検定

響 (= 平均への回帰現象) が考慮されているのに対して, 実測値の変化量 (差分) を使用した分析では, 事前調査の得点の高低の影響が考慮されていない。しかしながら, 差分の方が, 事前調査から半年後追跡調査への得点変化を直感的に理解しやすいため, 差分の分析を追加解析として設定した。パスの設定方法などその他のパス解析の条件は, 主要解析と同等とした。

結 果

1. 対象者全体および追跡調査回答者の特性

対象者の特性に関する記述統計を表 1 に示す。半年後追跡調査の回答者 (394 名) と未回答者 (106 名) の基本属性の違いを t 検定または χ^2 検定で分析した結果, 性別 ($p = 0.021$) と教育歴 ($p = 0.021$) に有意差が認められ, 追跡調査の回答者は, 男性および四大卒以上の者の割合が高い傾向にあった。

2. 態度, 自己調整, セルフ・エフィカシーと運動行動との関連性: 主要解析の結果

態度, 自己調整, セルフ・エフィカシーと運動行動との横断的な関連性についてのパスモデルを図 1, 運動行動に対する各変数の標準化間接効果を表 2 に示す。モデ

ルの適合度指標は, $GFI = 0.996$, $AGFI = 0.985$, $RMSEA < 0.001$ であり, データへの適合は良好であると判断した。図 1 に示した通り, 手段的態度は, 1 週間の運動時間と直接的に関連していたのに加え ($p = 0.007$), 自己調整との関連が認められた一方で ($p = 0.003$), セルフ・エフィカシーとの関連性は認められなかった ($p = 0.288$)。また, 感情的態度は, 1 週間の運動時間との直接的な関連は認められなかったものの ($p = 0.807$), 自己調整およびセルフ・エフィカシーとの関連性が認められた (ともに $p < 0.001$)。表 2 に示した運動行動に対する自己調整とセルフ・エフィカシーを媒介した標準化間接効果について, 手段的態度はこの効果が有意な水準に達していなかったものの ($p = 0.084$), 感情的態度は有意な効果が確認された ($p = 0.002$)。

次に, 態度, 自己調整, セルフ・エフィカシーと運動行動との縦断的な関連性についてのパスモデルを図 2, 従属変数に対する各独立変数の標準化間接効果を表 3 に示す。モデルの適合度指標は, $GFI = 0.996$, $AGFI = 0.978$, $RMSEA = 0.024$ であり良好なモデルであると判断した。手段的態度の変化は, 自己調整の変化と関連していたが ($p = 0.001$), セルフ・エフィカシーの変化との関連性は認められなかった ($p = 0.143$)。また, 手段

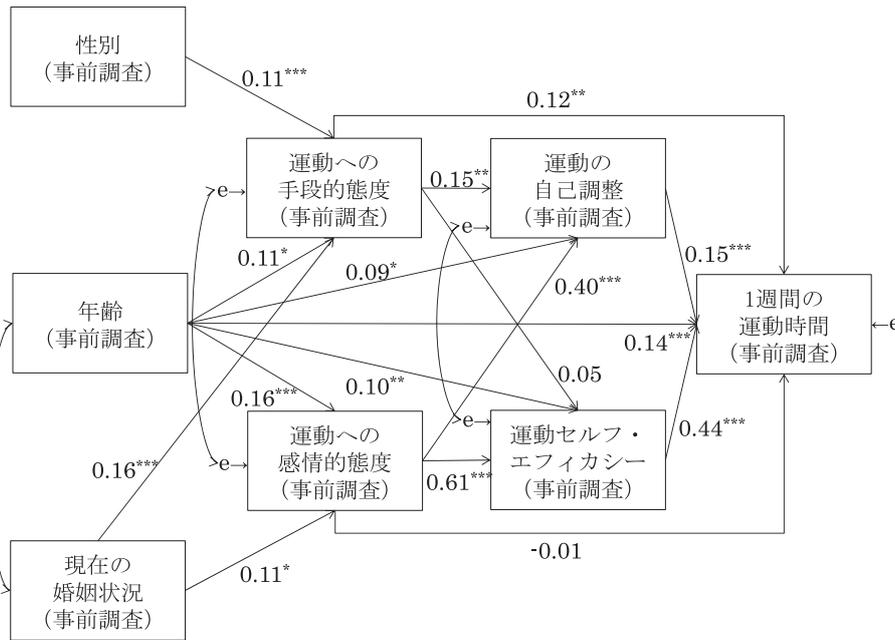


図1 態度、自己調整、セルフ・エフィカシーと運動行動との関連性に関するパスモデル (事前調査)
 e = 誤差変数
 各因子間の矢印の数値はパス係数を表す
 * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

表2 態度、自己調整、セルフ・エフィカシーと運動行動との関連性に関するパスモデル (事前調査) の標準化間接効果

	標準化間接効果 (95% CI)	p 値
手段的態度	0.04 (-0.01, 0.10)	0.084
感情的態度	0.33 (0.26, 0.40)	0.002
性別	0.02 (0.01, 0.03)	0.002
年齢	0.12 (0.07, 0.18)	0.002
現在の婚姻状況	0.06 (0.02, 0.10)	0.003

的態度は、1週間の運動時間の変化と直接的に関連していなかった (p = 0.536)。感情的態度の変化は、1週間の運動時間の変化との直接的な関連は認められなかったが (p = 0.989)、自己調整およびセルフ・エフィカシーの変化と関連していた (それぞれ p = 0.010, p < 0.001)。また、運動行動に対する自己調整とセルフ・エフィカシーを媒介した標準化間接効果については、手段的態度および感情的態度ともに有意な効果が確認された (それぞれ p = 0.018, p = 0.001)。

3. 態度、自己調整、セルフ・エフィカシーと運動行動との関連性：追加解析の結果

横断的な関連性についての追加解析のパスモデルを補遺2、運動行動に対する各変数の標準化間接効果を補遺3に示す。モデルの適合度指標は、GFI = 0.996, AGFI = 0.984, RMSEA < 0.001であり、データへの適合は良

好であると判断した。手段的態度は、1週間の運動時間に直接的に関連していたのに加え (p < 0.001)、自己調整との関連が認められた一方で (p = 0.003)、セルフ・エフィカシーとの関連性は認められなかった (p = 0.288)。また、感情的態度は、1週間の運動時間への直接的な関連は認められなかったものの (p = 0.937)、自己調整およびセルフ・エフィカシーと関連していた (ともに p < 0.001)。また、運動行動に対する自己調整とセルフ・エフィカシーを媒介した標準化間接効果について、手段的態度は有意な水準に達していなかったものの (p = 0.058)、感情的態度は有意な効果が確認された (p = 0.002)。

次に、縦断的な関連性についての追加解析のパスモデルを補遺4、従属変数に対する各独立変数の標準化間接効果を補遺5に示す。モデルの適合度指標は、GFI = 0.999, AGFI = 0.993, RMSEA < 0.001であり、データへの適合は良好であると判断した。手段的態度の変化は、自己調整の変化と関連していたが (p = 0.013)、セルフ・エフィカシーの変化との関連性は認められなかった (p = 0.748)。また、手段的態度は、1週間の運動時間の変化と直接的に関連していなかった (p = 0.698)。感情的態度の変化は、1週間の運動時間の変化との直接的な関連は認められなかったが (p = 0.827)、自己調整およびセルフ・エフィカシーの変化と関連していた (それぞれ p = 0.037, p < 0.001)。また、運動行動に対する自己調整とセルフ・エフィカシーを媒介した標準化間接効果については、手段的態度は有意な水準に達していなかったものの (p = 0.161)、感情的態度は有意な効果が

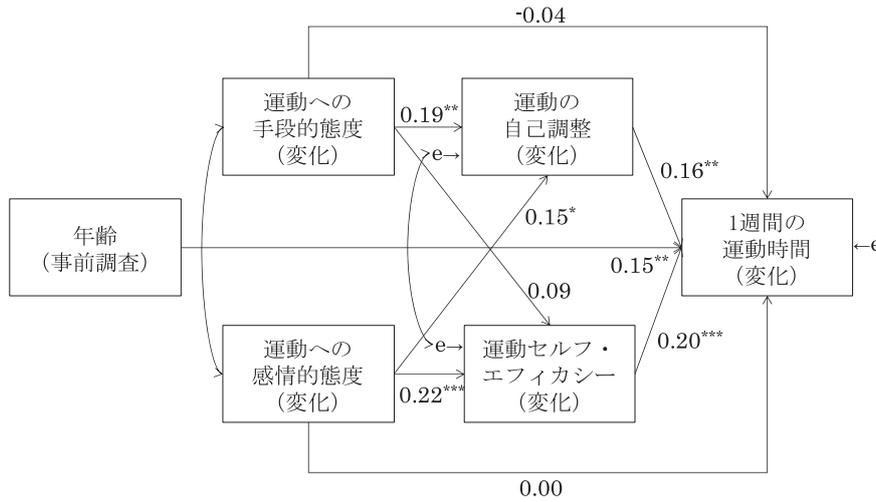


図2 態度、自己調整、セルフ・エフィカシーと運動行動との関連性に関するパスモデル (事前調査と半年後調査の変化)

e = 誤差変数
 各変数について、事前調査の値から追跡調査の値を予測する回帰分析を行った際の残差得点を変化の指標として用いている
 各因子間の矢印の数値はパス係数を表す
 * p<0.05, ** p<0.01, *** p<0.001

表3 態度、自己調整、セルフ・エフィカシーと運動行動との関連性に関するパスモデル (事前調査と半年後調査の変化) の標準化間接効果

	標準化間接効果 (95% CI)	p 値
手段的態度	0.05 (0.01, 0.09)	0.018
感情的態度	0.07 (0.03, 0.13)	0.001

確認された (p = 0.006)。

以上より、手段的態度および感情的態度、自己調整、セルフ・エフィカシー、運動行動との関連性について、横断的観点からの分析では、主要解析と同様の結果が得られた。一方、縦断的観点からの分析では、手段的態度から運動行動に対する標準化間接効果が、主要解析では有意であったのに対して、追加解析では有意な水準に達していなかった。

考 察

本研究で得られた結果をまとめると、横断的観点 (事前調査における各変数と運動行動との関連性) の解析でも縦断的観点 (半年間の各変数の変化と、半年間の運動行動の変化との関連性) の解析でも、感情的態度は、自己調整とセルフ・エフィカシーの両者を媒介して、間接的に運動行動へ影響していることが明らかとなった。一方で、手段的態度は、横断的観点でも縦断的観点でも、自己調整を媒介して間接的に運動行動と関連していたが、セルフ・エフィカシーを媒介した間接的な関連性は明らかとならなかった。また、横断的観点の解析では、手段的態度は直接的に運動行動と関連していた一方で、

縦断的観点の解析ではこのような直接効果は確認されず、一致しない結果となった。これらの結果に関して、以下に考察する。

まず、感情的態度と運動行動との関連性について、本研究の結果、感情的態度が運動行動に及ぼす影響のメカニズムは、セルフ・エフィカシーと自己調整を媒介したものが主である可能性が示された。先行研究では、感情的態度と類似した概念である楽しみ²⁹⁾ (楽しい経験や期待を通じて行動に影響を与える感情要因) はセルフ・エフィカシーを、また、結果期待³⁰⁾ (行動を行うことによってある結果が生じるという期待感) は自己調整を媒介して間接的に身体活動に影響を及ぼしていることが報告されている。態度という概念で検証した本研究の知見は、これらの先行研究と一致するものである。本研究の知見が得られた理由として、セルフ・エフィカシーを高める4つの情報源の1つに、行動に伴う心地よい感覚がセルフ・エフィカシーを高めるとする、生理・情動的喚起が想定されていることから、運動行動が楽しい・好きという感情的態度は、生理・情動的喚起の1つとして機能し、セルフ・エフィカシーの向上に寄与している可能性がある。また、感情的態度と自己調整との関係性に関しては、感情的態度が高いと、運動行動への意欲・意図が高まりやすく²⁰⁾、その結果として、目標設定やセルフ・モニタリング等の自己調整を積極的に行いやすくなる可能性がある。

一方で、手段的態度が運動行動に及ぼす影響のメカニズムとして、自己調整はこの媒介要因であるものの、セルフ・エフィカシーはこの影響の媒介要因ではないことが本研究で示唆された。セルフ・エフィカシーを媒介し

ない理由としては、手段的態度が目的達成の手段としての行動の評価であるため、生理・情動的喚起をはじめとしたセルフ・エフィカシーの心理的プロセスには作用せず、また、運動行動は健康に良い・必要だという認識が広く一般的なものであるため、特別に運動行動を継続できるという見込み感を高めるには至らなかった可能性がある。手段的態度と自己調整との関係性に関しては、感情的態度と同様に、手段的態度が高いと意欲・意図も高まりやすくなり²⁰⁾、自己調整を積極的に実践しやすくなる可能性がある。ただし、縦断的観点からの分析において、手段的態度から運動行動に対する標準化間接効果が、主要解析では有意であったのに対して、追加解析では有意な水準に達していなかった。事前調査の得点の高低が変化量に及ぼす影響を考慮した主要解析の方が、媒介要因の影響をより正確に捉えた結果であるものの、頑健性の高い結果ではない点から推察すると、手段的態度から運動行動に対する自己調整を媒介した効果は顕著ではない可能性がある。

なお、本研究の横断的観点からの分析では、手段的態度は、セルフ・エフィカシーと自己調整を媒介せずに、運動行動と直接的に関連していることが示されている。縦断的観点からの分析ではこの直接的な関連は示されていないため、解釈は慎重にすべきであるものの、この横断的観点の分析結果は、手段的態度が運動行動に及ぼす影響のメカニズムとして、本研究で注目した要因である、セルフ・エフィカシーと自己調整以外の要因を媒介している可能性があることを示している。態度に関するメタ分析²⁰⁾では、手段的態度が直接的には行動を予測しないという結果が得られており、類似した概念である結果期待³¹⁾においても、感情的な結果期待は直接的に運動行動を予測する一方で、健康に関連する結果期待については有意でなかったことが報告されている。したがって、縦断的観点では直接的な関連は認められていないものの、本研究の横断的観点の結果は、態度に関するメタ分析²⁰⁾とは異なる結果である。また、自己調整とセルフ・エフィカシー以外の要因の媒介性を本研究で把握・検証していないため、横断的観点の分析と縦断的観点の分析とで結果が安定せず、異なる結果が得られたのかもしれない。この点に関しては、本研究で詳細に言及できず、今後の検討が必要である。

本研究の強みは、パス解析を行ったことで態度と運動行動の間に媒介する自己調整とセルフ・エフィカシーの間接的な効果を検証できた点である。また、事前調査での横断的な解析結果と、半年間の変化の縦断的な解析結果の一致状況や、従属変数の定義を変えた解析結果との一致状況を確認したことで、頑健性の高い検証を行った点も強みである。一方、本研究の限界として、次の3点が挙げられる。1点目は、運動時間を簡便な質問紙で調

査したため、実際よりも過大もしくは過小評価されている可能性が含まれている点である。2点目は、インターネット調査を行ったため、サンプリングバイアスが生じていた可能性がある。そのため、今回の結果が広く一般化できるかに関しては慎重に判断する必要がある。3点目は、半年後調査への回答者と未回答者の比較において、性別と教育歴に有意差が認められた点である。この原因について、本研究の結果から説明することは難しいが、今後の研究では予備調査を行い有意差がないことを確認したうえで、本調査を実施するなどの手続きが必要になると考えられる。

本研究で得られた知見の実践的な示唆として、次の2点が考えられる。1点目は、手段的態度に対する働きかけは、セルフ・エフィカシーの向上にはつなぐりにくいであろう点である。理学療法場面では、「この運動を、このくらい行くと、このような健康効果が得られる」という趣旨で、身体的健康の維持増進効果の最大化をめざし、運動行動の健康効果を強調する働きかけ、すなわち、運動行動への手段的態度を強化する支援を行うことが多い。このような手段的態度への働きかけの効果を一層高めるためには、セルフ・エフィカシーの向上を支援するような働きかけを併用することなどが望ましいだろう。

2点目は、感情的態度に対する働きかけは、自己調整の向上にもつながるであろうことが示された点である。感情的態度の向上には、1回1回の運動行動で快感情(心地よさ、高揚感など)を積み重ねることが重要と考えられている³²⁾³³⁾。一方、従来の運動行動に関する研究では、目標設定やセルフ・モニタリングなどが、自己調整を高める手段として頻繁に採用されてきた³⁴⁾。本研究の結果から、毎回の運動行動で快感情を積み重ね、好き・楽しいという感情を育むこと、すなわち、感情的態度を高めることも、自己調整を効果的に高める手段のひとつになり得ると考えられる。

結 論

本研究において、手段的態度および感情的態度が、セルフ・エフィカシーと自己調整を媒介して運動行動に影響を与えるかどうかを検証した結果、感情的態度はセルフ・エフィカシーおよび自己調整の両方に影響して運動行動に影響することが明らかになった一方で、手段的態度が両方に影響を与えるかどうかは明確でなかった。

利益相反

本研究において、開示すべき利益相反はない。

謝辞：本研究は、日本学術振興会科学研究費(19H01755, 17H04757)の補助を受けて実施された。

文 献

- 1) 厚生労働省 これからの介護予防. <https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-12300000-Roukenkyoku/0000075982.pdf> (2021年3月8日引用)
- 2) 厚生労働省 運動基準・運動指針の改定に関する検討会報告書. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xpplatt/2r9852000002xpqt.pdf> (2021年2月5日引用)
- 3) 厚生労働省 国民の健康の増進の総合的な推進を図るための基本的な方針. https://www.mhlw.go.jp/bunya/kenkou/dl/kenkounippon21_01.pdf (2021年2月5日引用)
- 4) 厚生労働省 国民健康・栄養調査(令和元年). <https://www.mhlw.go.jp/content/000710991.pdf> (2021年2月5日引用)
- 5) Bandura A: Social cognitive theory of self-regulation. *Organ Behav Hum Decis Process.* 1991; 50: 248-287.
- 6) Rovniak LS, Anderson ES, *et al.*: Social cognitive determinants of physical activity in young adults: A prospective structural equation analysis. *Ann Behav Med.* 2002; 24: 149-156.
- 7) Vicki SC: Older Adults and Exercise: Path Analysis of Self-Efficacy Related Constructs. *Nurs Res.* 1998; 47: 180-189.
- 8) Resnick B, Nigg C: Testing a theoretical model of exercise behavior for older adults. *Nurs Res.* 2003; 52: 80-88.
- 9) Resnick B, Palmer MH, *et al.*: Path analysis of efficacy expectations and exercise behaviour in older adults. *J Adv Nurs.* 2000; 31: 1309-1315.
- 10) White SM, Wójcicki TR, *et al.*: Social cognitive influences on physical activity behavior in middle-aged and older adults. *J Gerontol B Psychol Sci Soc Sci.* 2012; 67 B: 18-26.
- 11) Rhodes RE, Pfaeffli LA: Mediators of physical activity behaviour change among adult non-clinical populations: A review update. *Int J Behav Nutr Phys Act.* 2010; 7: 37.
- 12) Stadler G, Oettingen G, *et al.*: Physical Activity in Women. Effects of a Self-Regulation Intervention. *Am J Prev Med.* 2009; 36: 29-34.
- 13) Keranen A: The Role of Self-Regulation Influencing the Physical Activity of Older Adults. 2017; Retrieved from the University of Minnesota Digital Conservancy. <https://hdl.handle.net/11299/189091>. (2021年2月10日引用)
- 14) Umstatt MR, Hallam J: Older adults' exercise behavior: Roles of selected constructs of social-cognitive theory. *J Aging Phys Act.* 2007; 15: 206-218.
- 15) Anderson ES, Wojcik JR, *et al.*: Social-cognitive determinants of physical activity: The influence of social support, self-efficacy, outcome expectations, and self-regulation among participants in a church-based health promotion study. *Health Psychol.* 2006; 25: 510-520.
- 16) Choi J, Lee M, *et al.*: Correlates associated with participation in physical activity among adults: A systematic review of reviews and update. *BMC Public Health.* 2017; 17: 1-13.
- 17) Knittle K, Nurmi J, *et al.*: How can interventions increase motivation for physical activity? A systematic review and meta-analysis. *Health Psychol Rev.* 2018; 12: 211-230.
- 18) Ajzen I: The Theory of Planned Behavior. *Organ Behav Hum Decis Process.* 1991; 50: 179-211.
- 19) Montano DE, Kasprzyk D: Theory of reasoned action, theory of planned behavior, and the integrated behavioral model. Chap 6. In: Glanz K, Rimer B, *et al.* (Eds), *Health behavior: Theory, research, and practice.* 5th ed, Jossey-Bass, San Francisco, 2015, pp. 95-124.
- 20) McEachan R, Taylor N, *et al.*: Meta-Analysis of the Reasoned Action Approach (RAA) to Understanding Health Behaviors. *Ann Behav Med.* 2016; 50: 592-612.
- 21) Lowe R, Eves F, *et al.*: The influence of affective and instrumental beliefs on exercise intentions and behavior: A longitudinal analysis. *J Appl Soc Psychol.* 2002; 32: 1241-1252.
- 22) 原田和弘, 村上晴香, 他: 運動に関する感情経験, 態度, および行動意図尺度の作成と運動行動との関連性の検討. *体力科学.* 2019; 68: 105-116.
- 23) 岡浩一朗: 中年者における運動行動の変容段階と運動セルフ・エフィカシーの関係. *日本公衆衛生雑誌.* 2003; 50: 208-215.
- 24) 武田典子, 岡浩一朗, 他: 成人における運動に関する行動的スキルと運動行動の変容ステージの関連. *行動医学研究.* 2008; 14: 8-14.
- 25) Rhodes RE, Quinlan A: Predictors of Physical Activity Change Among Adults Using Observational Designs. *Sports Med.* 2015; 45: 423-441.
- 26) Cavallo DN, Brown JD, *et al.*: The role of companionship, esteem, and informational support in explaining physical activity among young women in an online social network intervention. *J Behav Med.* 2014; 37: 955-966.
- 27) Gunnell KE, Crocker PRE, *et al.*: Goal contents, motivation, psychological need satisfaction, well-being and physical activity: A test of self-determination theory over 6 months. *Psychol Sport Exerc.* 2014; 15: 19-29.
- 28) Smith P, Beaton D: Measuring change in psychosocial working conditions: methodological issues to consider when data are collected at baseline and one follow-up time point. *Occup Environ Med.* 2008; 65: 288-296.
- 29) Lewis BA, Williams DM *et al.*: Self-Efficacy versus Perceived Enjoyment as Predictors of Physical Activity Behavior. *Psychol Health.* 2016; 31: 456-469.
- 30) Martin Ginis KA, Latimer AE, *et al.*: Determinants of physical activity among people with spinal cord injury: A test of social cognitive theory. *Ann Behav Med.* 2011; 42: 127-133.
- 31) Gellert P, Ziegelmann JP, *et al.*: Affective and health-related outcome expectancies for physical activity in older adults. *Psychol Health.* 2012; 27: 816-828.
- 32) Williams DM, Evans DR: Current emotion research in health behavior science. *Emot Rev.* 2014; 6: 277-287.
- 33) Stevens CJ, Baldwin AS, *et al.*: Affective Determinants of Physical Activity: A Conceptual Framework and Narrative Review. *Front Psychol.* 2020; 11: 568331.
- 34) Hennessy EA, Johnson BT, *et al.*: Self-regulation mechanisms in health behavior change: a systematic meta-review of meta-analyses, 2006-2017. *Health Psychol Rev.* 2020; 14: 6-42.

電子付録(補遺):

- 1 補遺 1 態度²²⁾, セルフ・エフィカシー²³⁾, 自己調整²⁴⁾, 運動行動への質問項目
- 2 補遺 2 態度, 自己調整, セルフ・エフィカシーと運動行動との関連性に関するパスモデル(事前調査)
- 3 補遺 3 態度, 自己調整, セルフ・エフィカシーと運動行動との関連性に関するパスモデル(事前調査)の標準化間接効果
- 4 補遺 4 態度, 自己調整, セルフ・エフィカシーと運動行動との関連性に関するパスモデル(事前調査と半年後調査の変化)
- 5 補遺 5 態度, 自己調整, セルフ・エフィカシーと運動行動との関連性に関するパスモデル(事前調査と半年後調査の変化)の標準化間接効果

〈Abstract〉

**Associations of Instrumental and Affective Attitudes with Exercise Behavior:
Examining the Mediating Roles of Self-efficacy and Self-regulation**

Koji OTA, PT, Kazuhiro HARADA, PhD

Graduate School of Human Development and Environment, Kobe University

Koji OTA, PT

Osaka College of Rehabilitation

Objective: The present study aimed to examine whether instrumental and affective attitudes are associated with exercise behavior, mediated by self-efficacy and self-regulation.

Methods: A baseline internet survey was conducted with 500 individuals aged 50–74 years. Among them, 394 individuals responded to the six-month follow-up survey. After adjusting for demographic factors, the associations between instrumental attitude, affective attitude, self-efficacy, self-regulation, and exercise behaviors were examined using path analyses.

Results: In the cross-sectional and longitudinal models of path analyses, both self-regulation and self-efficacy significantly regressed on exercise behavior. Furthermore, affective attitude was significantly associated with both self-regulation and self-efficacy, whereas instrumental attitude was significantly associated with self-regulation but not with self-efficacy.

Conclusions: The present study indicated that affective attitude influenced exercise behavior, mediated by both self-regulation and self-efficacy. However, the influence of instrumental attitude on exercise behavior, mediated by self-regulation and self-efficacy, remains unascertained.

Key Words: Attitude to health, Self-efficacy, Self-control, Exercise, Healthy aging

研究論文 (原著)

大腿骨近位部骨折患者における骨格筋量が機能的予後に及ぼす影響*

白石 涼^{1)2)#} 佐藤 圭祐³⁾ 千知岩伸匡¹⁾³⁾
吉田 貞夫⁴⁾ 尾川 貴洋³⁾⁴⁾

要旨

【目的】 大腿骨近位部骨折患者を対象に、腹部 Computed Tomography (CT) の大腰筋面積で推定した骨格筋量と機能的予後の関連を調査した。【方法】 回復期病棟に入院した 113 名を骨格筋量減少群と対照群に分け、患者背景、機能的予後を比較した。Functional Independence Measure (以下、FIM) 利得を目的変数とした重回帰分析を行い、骨格筋量との関連性を検討した。【結果】 平均年齢は 83.5 ± 8.3 歳、男性 35 名、女性 78 名であった。骨格筋量減少群は 56 名だった。骨格筋量減少群は対照群に比べ、高齢で、痩せており、入院時認知 FIM、退院時 FIM 合計、FIM 利得が有意に低かった。多変量解析で、骨格筋量減少と FIM 利得に有意な関連を認めた。【結論】 大腿骨近位部骨折患者における大腰筋面積で推定した骨格筋量減少は、機能的予後不良と関連することが示唆された。

キーワード 大腿骨近位部骨折、大腰筋面積、骨格筋量、FIM 利得

はじめに

大腿骨近位部骨折は高齢者に頻発する疾患のひとつであり、我が国では、年間に約 17 万人が受傷すると報告されている¹⁾。大腿骨近位部骨折患者は、受傷前のサルコペニアやフレイルの占める割合が多く²⁾、回復期リハビリテーション (以下、リハ) 病棟に入院する患者の約 4 割が低栄養状態であると報告されている³⁾。サルコペニアの原因として高齢や低活動、低栄養が提唱されている⁴⁾⁵⁾。高齢の大腿骨近位部骨折患者を対象とした研究では、女性の 44.7% および男性の 81.1% にサルコペニアを認めると報告されている⁶⁾。運動器疾患を含む回復期

リハ病棟に入院した患者を対象とした先行研究では、骨格筋量減少を含むサルコペニアが日常生活動作 (Activities of daily living: 以下、ADL) を制限するおもな原因であるとの報告もある⁷⁾。

従来、筋肉量測定法には Bioelectrical Impedance Analysis (以下、BIA) 法、Dual-energy X-ray Absorption (以下、DXA) 法、Computed Tomography (以下、CT)、Cross Sectional Area (以下、CSA) 法、身体計測法による有用性が報告されている⁸⁻¹⁰⁾。また、近年では骨格筋量を推定する方法として Psoas Muscle mass Index (以下、PMI) の有用性が報告されている¹¹⁾。PMI は第 3 腰椎レベルにおける大腰筋面積の合計を身長²で除した値であり、低骨格筋量を定義するカットオフ値は男性 $6.36 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 、女性 $3.92 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ とされている。これまでに、内部疾患患者や脳血管疾患患者を対象とした骨格筋量減少と生命予後や機能的予後の報告¹²⁾¹³⁾ はあるが、回復期リハ病棟に入院した大腿骨近位部骨折患者を対象に大腰筋面積で推定した骨格筋量と機能的予後を検討した報告はない。大腰筋面積で推定した骨格筋量と機能的予後の関連を検討することは、周術期の骨格筋量を適切に評価するだけでなく、退院時の ADL を予測する観点からも重要であると考えられる。そこで、本研究は大腿骨近位部骨折患者を対象とし、入院初期の腹部 CT を

* Effect of Skeletal Muscle Mass on Functional Prognosis in Patients with Proximal Femur Fractures

1) ちゅうざん病院リハビリテーション療法部
(〒904-2151 沖縄県沖縄市松本 6-2-1)

Ryo Shiraishi, PT, MMSc, Nobumasa Chijiwa, PT, MHSc:
Department of Rehabilitation Therapy, Chuzan Hospital

2) 琉球大学大学院医学研究科臨床研究教育管理学講座
Ryo Shiraishi, PT, MMSc: Department of Clinical Research and
Quality Management, Graduate School of Medicine, University of
The Ryukyus

3) ちゅうざん病院臨床教育研究センター
Keisuke Sato, PT, MHSc, Nobumasa Chijiwa, PT, MHSc, Takahiro
Ogawa, MD, PhD: Clinical Education and Research Center, Chuzan
Hospital

4) ちゅうざん病院リハビリテーション科
Sadao Yoshida, MD, PhD, Takahiro Ogawa, MD, PhD: Department
of Rehabilitation Medicine, Chuzan Hospital

E-mail: chuzan.ryo@gmail.com

(受付日 2021 年 5 月 5 日/受理日 2021 年 8 月 24 日)
[J-STAGE での早期公開日 2021 年 10 月 6 日]

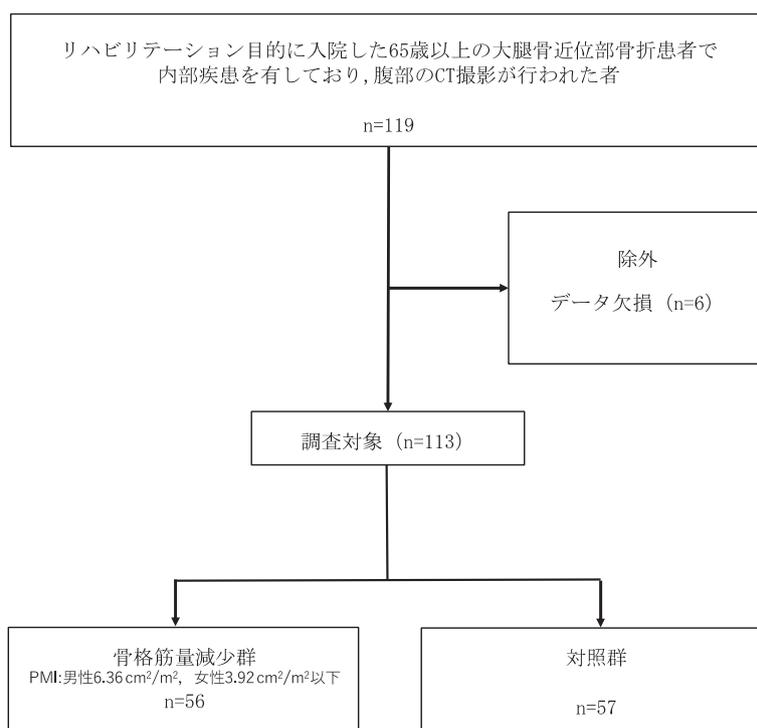


図1 対象者フローチャート

用いて大腰筋面積で推定した骨格筋量と機能的予後の関連を調査することを目的とした。

対象および方法

本研究は2018年4月～2020年1月に回復期リハ病棟に入院した患者を対象にした単施設後ろ向き観察研究である。対象は、リハ目的に入院した65歳以上の大腿骨近位部骨折患者のうち、腹部CTの撮影が行われた者とした。腹部CTは胆嚢炎や腎機能障害などの内部疾患を有していた理由により撮影された。入院時に荷重制限のある者、受傷前ADLや移動が自立していなかった者、既往歴に対側股関節の手術を施行した者、研究に同意を得られなかった者、データの欠損がある者は除外した(図1)。

1. 患者背景

患者背景として、年齢、性別、身長、体重、Body Mass Index (以下、BMI)、大腿骨近位部骨折の骨折型、手術の有無、治療の種類、受傷から入院までの日数、受傷からCT撮影までの日数、入退院時FIM、FIM利得、FIM効率、在院日数を診療記録から収集した。

2. 日常生活動作評価

ADLの評価はFIM¹⁴⁾を用いた。FIMは介助量を7段階の採点基準で評価する評価方法で、運動項目13項目、認知項目5項目の下位項目で構成されており、合計

点は最小18点(低ADL)、最大126点の値とされている。入退院時FIM得点、入退院時運動FIM得点、入退院時認知FIM得点を算出し、主要アウトカムをFIM利得(退院時FIM - 入院時FIM)¹⁵⁾とした。その他にFIM効率(FIM利得/在院日数)¹⁵⁾を算出した。

3. 骨格筋量

骨格筋量は、入院初期の腹部CTの第3腰椎レベルで左右の大腰筋面積の合計値を算出した。骨格筋量の測定は、Picture Archiving and Communication System (KONICA MINOLTA社製、以下、PACS)を用いてマニュアルトレース法で行った(図2)。骨格筋指数は身長(m)の2乗で除したPMI¹³⁾を用いた。PMIが男性 $6.36 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 、女性 $3.92 \text{ cm}^2/\text{m}^2$ 以下である者を骨格筋量減少群とし、その他を対照群と定義した。

4. 統計学的分析

年齢、身長、体重、BMI、大腿骨近位部骨折の骨折型、手術の有無、治療の種類、受傷から入院までの日数、受傷からCT撮影までの日数、在院日数、入院時FIM項目の群間比較にはt検定またはMann-Whitney U検定を行い、性別と骨折型の群間比較にはFisherの正確検定を行い、骨格筋量減少群と対照群の2群間を比較した。量的変数は平均値±標準偏差、質的変数は頻度で表した。さらに多変量解析として、FIM利得に対し、骨格筋量減少の他に単変量解析で $P < 0.2$ であった年齢、入

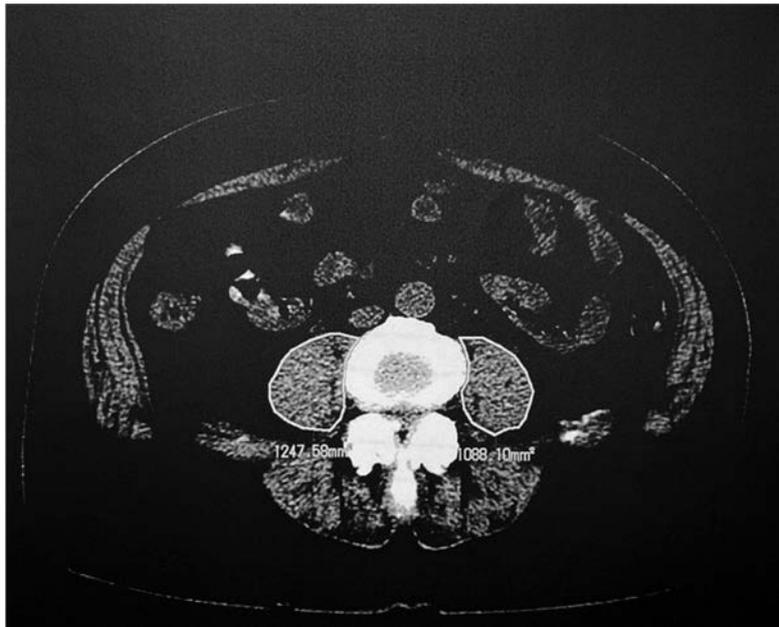


図2 CTを用いた大腰筋面積の算出方法

院時運動 FIM, 入院時認知 FIM を説明変数とした強制投入法による重回帰分析を行った。統計処理には EZR (R version 3.4.1)¹⁶⁾ を使用し, 有意水準は 5% とした。

5. 倫理的配慮

本研究は, ちゅうざん病院倫理審査委員会の承認 (承認番号: 19-95) を受けるとともに個人情報の取り扱いに十分な配慮のもと実施された。また, 本研究は既存の診療記録のみを用いた研究であるため, 研究対象者から文書または口頭による同意を得ることを免除された。しかし, 研究についての情報を研究対象者に公開 (オプトアウト) し, 研究が実施されることについて, 研究対象者が拒否できる機会を保障した。

結 果

対象は 113 名 (男性 35 名, 女性 78 名), 平均年齢は 83.5 ± 8.3 歳, 骨格筋量減少群は 56 名 (男性 22 名, 女性 34 名), 対照群は 57 名 (男性 13 名, 女性 44 名) であった。骨格筋量減少群は対照群と比較して, 高齢であり ($85.1 \pm 8.0 : 82.0 \pm 8.3$ 歳, $P=0.045$), 痩せていた ($20.1 \pm 3.3 : 22.9 \pm 4.1 \text{ kg/m}^2$, $P=0.001$)。また, 入院時認知 FIM ($18.9 \pm 6.9 : 21.7 \pm 7.2$ 点, $P=0.005$) が有意に低かった。その他の項目は, 両群で有意差は認められなかった (表 1)。

退院時アウトカムを表 2 に示す。骨格筋量減少群は対照群と比較して, 在院日数 ($65.6 \pm 22.1 : 67.4 \pm 21.4$, $P=0.677$) では有意差を認めず, FIM 合計 ($79.6 \pm 27.0 : 92.1 \pm 24.7$ 点, $P=0.011$), 運動 FIM ($57.4 \pm 21.1 : 66.2 \pm 28.9$ 点, $P=0.021$), 認知 FIM ($22.2 \pm 7.1 : 25.9 \pm 7.6$

点, $P=0.009$), FIM 利得 ($25.6 \pm 13.1 : 32.4 \pm 15.6$ 点, $P=0.016$), FIM 効率 ($0.41 \pm 0.2 : 0.53 \pm 0.3$ 点, $P=0.022$) が有意に低かった。FIM 利得に対する重回帰分析の結果を表 3 に示す。骨格筋量減少と FIM 利得の間では有意な関連を認めた (標準化係数: -5.846 , $P=0.042$)。PMI と各説明変数間の相関係数は, 0.3 未満であった。

考 察

本研究は回復期リハビリ棟に入院した大腿骨近位部骨折患者を対象とし, 入院初期の腹部 CT を用いて推定した骨格筋量と機能的予後の関連を検討した研究である。その結果, 骨格筋量減少は FIM 利得を低下させる要因であることが示された。骨格筋量の減少は機能的予後不良と関連していた。

骨格筋量は加齢とともに減少するとされており, 60 歳を基準に急速に虚弱状態へ移行するといわれている¹⁷⁾。Hida ら⁶⁾ は, 大腿骨近位部骨折患者を対象とした研究で, 受傷前から骨格筋量が減少している患者が多いと報告している。また, 畑中ら¹⁸⁾ は, 大腿骨近位部術後患者は骨格筋量が有意に低下していたと報告している。さらにいくつかの先行研究でも, 大腿骨近位部骨折患者は骨格筋量減少を含むサルコペニアが多いと報告している^{6) 19) 20)}。実際に, 本研究の対象者は平均年齢が 83.5 歳と高齢であり, 約 5 割に骨格筋量減少を認めた。受傷時には加齢などの影響により, すでに周術期における骨格筋量減少を呈していたと考えられる。

大腿骨近位部骨折患者を対象とした研究では, サルコペニアの進行により転倒や骨折, 身体機能低下, 歩行速度の低下が生じやすいとの報告がある²¹⁾。さらに, 低

表 1 対象者のベースライン特性

	全体 (n=113)	骨格筋量減少群 (n=56)	対照群 (n=57)	P value
年齢 (歳)	83.5 ± 8.3	85.1 ± 8.0	82.0 ± 8.3	0.045
性別 男:女 名 (%)	35 (31) : 78 (69)	22 (39) : 34 (61)	13 (23) : 44 (77)	0.069
BMI (kg/m ²)	21.5 ± 4.0	20.1 ± 3.3	22.9 ± 4.1	0.001
骨折型				1
頸部骨折	64 (57)	28 (50)	36 (63)	
転子部骨折	49 (43)	28 (50)	21 (37)	
手術				1
有り	98 (86)	48 (86)	50 (86)	
治療法				1
保存	15 (13)	8 (14)	7 (12)	
骨接合術	73 (65)	37 (66)	36 (63)	
人工骨頭置換術	25 (22)	11 (20)	14 (25)	
PMI 男性 (cm ² /m ²)	5.91 ± 1.56	4.96 ± 0.75	7.51 ± 1.22	0.001
PMI 女性 (cm ² /m ²)	4.61 ± 1.40	3.33 ± 0.41	5.61 ± 1.05	0.001
受傷から入院までの日数	24.4 ± 12.6	25.5 ± 13.5	23.4 ± 11.7	0.392
受傷から CT 撮影までの日数	35.6 ± 21.4	37.4 ± 19.9	34.0 ± 22.8	0.397
FIM 合計 (点)	56.8 ± 18.8	54.0 ± 19.3	59.6 ± 18.0	0.117
運動 FIM (点)	36.5 ± 13.7	35.1 ± 14.2	37.9 ± 13.2	0.283
認知 FIM (点)	20.3 ± 7.1	18.9 ± 6.9	21.7 ± 7.2	0.039

連続変数は平均値 ± SD, () は % で表示

BMI : Body Mass Index, PMI : Psoas Muscle Index, CT : Computed Tomography, FIM : Functional Independence Measure

表 2 退院時評価項目

	全体 (n=113)	骨格筋量減少群 (n=56)	対照群 (n=57)	P value
在院日数 (日)	66.5 ± 21.6	65.6 ± 22.1	67.4 ± 21.4	0.677
FIM 合計 (点)	85.9 ± 26.5	79.6 ± 27.0	92.1 ± 24.7	0.011
運動 FIM (点)	61.8 ± 20.4	57.4 ± 21.1	66.2 ± 28.9	0.021
認知 FIM (点)	24.1 ± 7.5	22.2 ± 7.1	25.9 ± 7.6	0.009
FIM 利得 (点)	29.0 ± 15.1	25.6 ± 13.1	32.4 ± 15.6	0.016
FIM 効率 (点)	0.47 ± 0.3	0.41 ± 0.2	0.53 ± 0.3	0.022

連続変数は平均値 ± SD

FIM : Functional Independence Measure

表 3 FIM 利得を目的変数とした多変量解析

説明変数	標準化係数	95% 信頼区間		P value
		下限	上限	
骨格筋量減少	-5.846	-11.49	-0.202	0.042
年齢	0.056	0.403	0.176	0.751
入院時運動 FIM	0.082	-0.165	0.329	0.511
入院時認知 FIM	0.325	-0.157	0.807	0.184

FIM : Functional Independence Measure

栄養患者は退院時 ADL が低いことや、入院期間の遅延が生じるとの報告がある²²⁻²⁴⁾。以上のことから、本研究においても大腿骨近位部骨折患者における回復期リハビリ入院初期の骨格筋量減少が機能的予後不良に関連したと考えられた。

これまで、CT による大腰筋面積で推定した骨格筋量は生体肝移植術前患者や脳血管疾患患者に対する研究でも用いられ、その有用性が報告されている¹²⁾¹³⁾。本研究では、大腿骨近位部骨折患者を対象としているが、先行研究では、大腿骨近位部骨折患者は内部疾患を併存している症例が増加傾向にあるとの報告がある²⁵⁻²⁷⁾。また、内部疾患の併存に伴い、回復期リハビリ入院中に腹部 CT を撮影する患者が増加していることも報告されている。したがって、腹部 CT を用いた骨格筋量評価と機能的予後の関連を見出すことは、大腿骨近位部骨折患者における、大腰筋面積で推定する骨格筋量の有用性を明らかにしただけでなく、機能的予後の向上に役立つと考えられた。しかし、本研究で対象とした大腿骨近位部骨折患者は、骨折後に大腰筋の脂肪変性や、小転子の骨片転位により大腰筋の筋力低下が生じると報告されており²⁸⁾²⁹⁾、大腰筋に対して直接的または間接的な影響を及ぼすことが示唆される。そのため、骨折という外傷や手術などによる侵襲は、PMI の数値に影響を与えていた可能性がある。

本研究の限界として、腹部 CT を撮影した症例のみを対象としており、大腿骨近位部骨折患者全体に一般化することができない点が挙げられる。本研究では、骨格筋量に関連する栄養状態を考慮した評価を行えていない点が挙げられる。大腿骨近位部骨折患者は発症前からの栄養障害を含めたサルコペニアやフレイルが生じている可能性があり、受傷前の栄養状態が骨格筋量の減少に関与していたことが懸念される。さらに、骨格筋に関する質的評価を行えておらず、骨格筋量は加齢などによる量的変化のみならず、骨格筋内の組織内変化を生じることとも報告されており³⁰⁾、量的変化に加え、質的変化も検討する必要がある。先行研究³¹⁾では認知機能の重症度の違いにより、術後の ADL が低下するとの報告があり、認知機能が機能的予後への影響を及ぼす可能性も考えられた。今後はさらに、骨格筋量に影響を及ぼす他の要因についても調査し、検証することが必要であると考えられた。

結 論

大腿骨近位部骨折患者における、骨格筋量減少は FIM 利得を低下させる要因だった。しかし、今後は骨格筋量だけでなく、骨格筋の質的要素や栄養状態を考慮した機能的予後との調査が必要と考えられる。

利益相反

本研究において開示すべき利益相反関係はない。

謝辞：本研究にご協力いただいた患者様に感謝申し上げます。

文 献

- 1) 日本整形外科学会, 日本骨折治療学会: 大腿骨頸部/転子部骨折診療ガイドライン (改訂第2版). 南工堂, 東京, 2011, pp. 20-26.
- 2) Guo JJ, Yang H, *et al.*: The effects of different nutritional measurements on delayed wound healing after hip fracture in the elderly. *J Surg Res.* 2010; 159: 503-508.
- 3) 西岡心大, 高山仁子, 他: 本邦回復期リハビリテーション病棟入棟患者における栄養障害の実態と高齢脳卒中患者における転機, ADL 帰結との関連. *日本静脈経腸栄養学会雑誌.* 2015; 30: 1145-1151.
- 4) Chen LK, Liu LK, *et al.*: Sarcopenia in Asia: consensus report of the Asian Working Group for Sarcopenia. *J Am Med Dir Assoc.* 2014; 15: 95-101.
- 5) サルコペニア診療ガイドライン作成委員会: サルコペニア診療ガイドライン 2017 年度版. ライフサイエンス出版, 東京, 2017, pp. 14-16.
- 6) Hida T, Ishiguro N, *et al.*: High prevalence of sarcopenia and reduced leg muscle mass in Japanese patients immediately after a hip fracture. *Geriatr Gerontol Int.* 2013; 13: 413-420.
- 7) Yoshimura Y, Wakabayashi H, *et al.*: Prevalence of sarcopenia and its association with activities of daily living and dysphagia in convalescent rehabilitation ward inpatients. *Clin Nutr.* 2018; 37: 2022-2028.
- 8) Schweitzer L, Geisler C, *et al.*: What is the best reference site for a single MRI slice to assess whole-body skeletal muscle and adipose tissue volumes in healthy adults? *Am J Clin Nutr.* 2015; 102: 58-65.
- 9) Yamada Y, Nishizawa M, *et al.*: Developing and Validating an Age-Independent Equation Using Multi-Frequency Bioelectrical Impedance Analysis for Estimation of Appendicular Skeletal Muscle Mass and Establishing a Cutoff for Sarcopenia. *Int J Environ Res Public Health.* 2017; 14: 809.
- 10) Nishikawa H, Shiraki M, *et al.*: Japan Society of Hepatology guidelines for sarcopenia in liver disease (1st edition): Recommendation from the working group for creation of sarcopenia assessment criteria. *Hepatol Res.* 2016; 46: 951-963.
- 11) Hamaguchi Y, Kaido T, *et al.*: Proposal for new diagnostic criteria for low skeletal muscle mass based on computed tomography imaging in Asian adults. *Nutrition.* 2016; 32: 1200-1205.
- 12) Hamaguchi Y, Kaido T, *et al.*: Impact of quality as well as quantity of skeletal muscle on outcomes after liver transplantation. *Liver Transpl.* 2014; 20: 1413-1419.
- 13) 佐藤圭祐, 前田圭介, 他: 脳梗塞リハビリテーション患者の骨格筋減少と機能的予後との関連. *日本リハビリテーション栄養学会誌.* 2019; 3: 121-127.
- 14) 才藤栄一, 園田 茂, 他: 脳卒中患者の新しい評価法 FIM と SIAS について. *医のあゆみ.* 1992; 163: 285-290.
- 15) Tokunaga M, Mita S, *et al.*: Methods for Comparing Functional Independence Measure Improvement Degree for Stroke Patients between Rehabilitation Hospitals. *Int*

- J Phys Med Rehabil. 2017; 5: 394.
- 16) Kanda Y: Investigation of the freely available easy-to-use software “EZR” for medical statistics. *Bone Marrow Transplant*. 2013; 48: 452-458.
 - 17) Welch AA, Hayhoe RPG, *et al.*: The relationships between sarcopenic skeletal muscle loss during ageing and macronutrient metabolism, obesity and onset of diabetes. *Proc Nutr Soc*. 2020; 79: 158-169.
 - 18) 畑中聡子, 小蔵要司, 他: 大腿骨近位部骨折患者の身体構成成分の変化. *日本病態栄養学会誌*. 2016; 19: 121-126.
 - 19) Fiatarone Singh MA, Singh NA, *et al.*: Methodology and baseline characteristics for the Sarcopenia and Hip Fracture study: a 5-year prospective study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2009; 64: 568-574.
 - 20) Di Monaco M, Vallerio F, *et al.*: Prevalence of sarcopenia and its association with osteoporosis in 313 older women following a hip fracture. *Arch Gerontol Geriatr*. 2011; 52: 71-74.
 - 21) Woo J, Leung J, *et al.*: Defining sarcopenia in terms of incident adverse outcomes. *J Am Med Dir Assoc*. 2015; 16: 247-252.
 - 22) Li S, Zhang J, *et al.*: Prognostic Role of Serum Albumin, Total Lymphocyte Count, and Mini Nutritional Assessment on Outcomes After Geriatric Hip Fracture Surgery: A Meta-Analysis and Systematic Review. *J Arthroplasty*. 2019; 34: 1287-1296.
 - 23) Ren M, Liang W, *et al.*: Risk factors of surgical site infection in geriatric orthopedic surgery: A retrospective multicenter cohort study. *Retrospective multicenter study*. *Geriatr Gerontol Int*. 2019; 19: 213-217.
 - 24) Landi F, Zuccala G, *et al.*: Body mass index and mortality among older people living in the community. *J Am Geriatr Soc*. 1999; 47: 1072-1076.
 - 25) 西村博行, 浦上泰成: 運動器疾患に対する回復期リハビリテーションにおいて転院治療を必要とした急性疾患の検討(第1報) —転院時期および転院原因疾患—. *整形外科と災害外科*. 2021; 70: 141-148.
 - 26) 普天間朝拓, 上原健志, 他: 整形外科入院患者に発生した急性胆嚢炎の考察. *整形外科と災害外科*. 2014; 63: 111-114.
 - 27) 橋本 哲, 古市 格, 他: 超高齢者(90歳以上)の大腿骨近位部骨折に関する検討. *整形外科と災害外科*. 2012; 61: 26-28.
 - 28) Kaniewska M, Schenkel M, *et al.*: Anatomy-based MRI assessment of the iliopsoas muscle complex after peritrochanteric femoral fracture. *Skeletal Radiol*. 2019; 48: 421-428.
 - 29) Aprato A, Lo Baido R, *et al.*: Does lesser trochanter impingement affect hip flexion strength in proximal femur fracture? *Eur J Trauma Emerg Surg*. 2015; 41: 523-529.
 - 30) Watanabe T, Terabayashi N, *et al.*: A pilot study to assess Fatty infiltration of the supraspinatus in patients with rotator cuff tears: comparison with magnetic resonance imaging. *Ultrasound Med Biol*. 2015; 41: 1779-1783.
 - 31) Tarazona-Santabalbina FJ, Belenguer-Varea Á, *et al.*: Severity of cognitive impairment as a prognostic factor for mortality and functional recovery of geriatric patients with hip fracture. *Geriatr Gerontol Int*. 2015; 15: 289-295.

〈Abstract〉**Effect of Skeletal Muscle Mass on Functional Prognosis in Patients with Proximal Femur Fractures**

Ryo SHIRAIISHI, PT, MMSc, Nobumasa CHIJIWA, PT, MHSc
Department of Rehabilitation Therapy, Chuzan Hospital

Ryo SHIRAIISHI, PT, MMSc
Department of Clinical Research and Quality Management, Graduate School of Medicine, University of The Ryukyus

Keisuke SATO, PT, MHSc, Nobumasa CHIJIWA, PT, MHSc, Takahiro OGAWA, MD, PhD
Clinical Education and Research Center, Chuzan Hospital

Sadao YOSHIDA, MD, PhD, Takahiro OGAWA, MD, PhD
Department of Rehabilitation Medicine, Chuzan Hospital

Objective: This study investigated the relationship between skeletal muscle mass, estimated by the psoas muscle area on abdominal computed tomography, and functional prognosis, in proximal femur fracture patients.

Methods: One hundred and thirteen recovery ward patients were divided into the skeletal muscle mass loss group and a control group. We compared their clinical history and functional prognoses. Multiple regression analysis, with Functional Independence Measure (FIM) gain as the objective variable, was performed to examine the relationship between skeletal muscle mass and the results.

Results: The mean age of the patients was 83.5 ± 8.3 years. Thirty-five patients were males, and 78 were females. There were a total of 56 patients in the skeletal muscle mass loss group. Compared to the control group, the skeletal muscle mass loss group members were older, more, had significantly lower cognitive FIM at admission, lower total FIM at discharge, and FIM gain. Multivariate analysis showed a significant association between skeletal muscle mass loss and FIM gain.

Conclusion: Skeletal muscle mass loss, estimated by the area of the psoas muscle in patients with proximal femur fractures, may be associated with a poor functional prognosis.

Key Words: Proximal femur fractures, Psoas Muscle mass Index, Skeletal muscle mass, FIM gain

研究論文 (原著)

歩行イメージの時間的・空間的变化が脳活動へ及ぼす影響*

— microstate segmentation 法を用いて —

西本 和平^{1)2)#} 植田 智裕¹⁾ 兒玉 隆之¹⁾

要旨

【目的】本研究では、歩行イメージを時間的・空間的に変化させた際の脳内神経活動性について、脳波解析により検討することを目的とした。【方法】対象は健常若年者8名であり、歩行イメージの速度を変化させる時間的変化条件と歩行方向を変化させる空間的変化条件の下、脳波 microstate segmentation 法により、それぞれの特徴的な脳内神経活動領域を検証し、時間的・空間的変化時の特性を検討した。【結果】歩行イメージにおいて時間的・空間的変化時に共通して補足運動野および楔前部に優位な神経活動を認めた。時間的変化では前頭眼野および上頭頂小葉、空間的変化では前頭眼野、前頭極および上頭頂小葉にそれぞれ優位な神経活動を認めた。【結論】歩行イメージを時間的・空間的に変化させた際には、異なる脳領域が活動することが示唆された。歩行イメージを最適化された介入手法として用いる場合には、時間的および空間的変化を考慮していく必要性が示された。

キーワード 歩行イメージ, microstate segmentation, 脳波, 脳活動

はじめに

運動イメージとは、ワーキングメモリによって再生される身体運動を伴わない心的な運動の表象である¹⁾とされており、運動イメージ評価には、時間を測定する心的時間測定 (mental chronometry) や鮮明性評価である movement imagery questionnaire (MIQ)²⁾ などがある。これらの評価は実運動との時間乖離や点数によりイメージの正確性を評価できる。また、イメージには統御可能性も重要とされ、これはイメージを自由に操作する能力のことであり、mental rotation (心的回転課題) や mental navigation (心的移動課題) がある。心的回転課題は図形や手足の回転写真などを呈示し、もとの正中図形をイメージする課題³⁾で、心的移動課題は指定された角度へ自己が移動するイメージを計測する⁴⁾も

のである。実際の運動と運動イメージの関係性については、正確性や統御可能性能力が高い方が、実運動などのパフォーマンスは良好であること⁵⁾や、イメージと実運動では同じ脳領域が活動すること⁶⁾⁷⁾などから、両者には密接な機能的関連性があるものと考えられる。実際のリハビリテーション場面では、運動イメージ練習を通常練習に追加することにより上肢機能は改善することが報告されている⁸⁾⁹⁾。一方、歩行イメージの効果においては、両者の関連性の是非については報告内容にばらつきがあり明確な結論には至っていない¹⁰⁾。歩行は、スピードを上げる、狭い道を歩くなどの難易度を上げると正確性が減少するトレードオフが実際の歩行¹¹⁾(以下、実歩行)のみならず歩行イメージ時¹²⁾においても認められ、日常生活においても速度変化や方向転換などの統御可能性が求められる動作である。Chenら¹³⁾は、実歩行において空間的変化などを混合させた練習の方が定常歩行練習のみと比較し、脳領域間の接続性や歩行機能が改善したと報告している。これらのことは、実歩行が定常的で単純な動作を繰り返すことだけで遂行される動作ではなく、その動作を時間的および空間的に変化させる能力を基盤として成り立っていると考えられ、さらに、それらを統御する歩行イメージが脳内でこれらの変化を創出できるかどうか実歩行の制御へ大

* The Effects of Temporal and Spatial Changes in Motor Imagery of Walking on Brain Neural Activity: Using the Microstate Segmentation Method

1) 京都橋大学大学院健康科学研究科 (〒607-8175 京都府京都市山科区大宅山田町 34) Kazuhei Nishimoto, PT, MSc, Tomohiro Ueda, PT, MSc, Takayuki Kodama, PT, PhD: Graduate School of Health Science, Kyoto Tachibana University

2) 独立行政法人地域医療機能推進機構 星ヶ丘医療センター Kazuhei Nishimoto, PT, MSc: Department of Rehabilitation, JCHO Hoshigaoka Medical Center

E-mail: kazuhei0622@yahoo.co.jp (受付日 2021年1月4日/受理日 2021年8月28日) [J-STAGEでの早期公開日 2021年10月29日]

表 1 対象者の基本情報 (n=8)

項目	平均値 ± 標準偏差
年齢 (歳)	20.1 ± 2.3
身長 (cm)	173.9 ± 5.3
体重 (kg)	65.3 ± 5.3
活動時間 (時間)	18.1 ± 0.8
前日の睡眠時間 (時間)	5.9 ± 0.8
観察 (点)	23.3 ± 2.9
JMIQ-R 体験 (点)	22.0 ± 4.1
合計 (点)	45.3 ± 5.6

JMIQ-R : Japanese Movement Imagery Questionnaire-Revised

大きく影響を及ぼす可能性が考えられる。しかし、歩行イメージの効果や脳内神経活動領域を示した報告においては、定常歩行での効果や脳活動領域¹⁴⁾¹⁵⁾を検討したものが多く、イメージ内容を時間的、空間的に変化させた際の検討はされていない。

そのため本研究では、歩行イメージを時間的、空間的に変化させた際の脳内神経活動領域にどのような機能的差異を有するのかを検証し、実歩行条件との関連性および時間的、空間的変化時における特徴的な脳内神経活動パターンを microstate segmentation 法を用いて明らかにすることを目的とした。

対象および方法

1. 対象

対象は、リクルートされた健康者 (男性 16 名) のうち、平均睡眠時間 (5.47 ± 0.19) を下回った対象者は睡眠時間が短く課題に影響した¹⁶⁾とみなした。その後、対象者の安静脳波から脳波周波数解析を行い、眠気と関連する α 波および θ 波帯域¹⁷⁾のパワー値から θ/α 値 (θ/α 比) を算出した。平均睡眠時間を上回ったものと下回った者に対して θ/α 比を確認したところ、うち 8 名に θ 波帯域のパワー値が増大していることが判明した。そのため、本研究では、8 名 (平均年齢 20.1 ± 2.3 歳) を解析対象とした (表 1)。その他の除外基準は、①測定前にいずれも視覚障害、整形外科的疾患および高次脳機能に関する疾患を有しておらず、②運動障害、感覚障害および服薬のないこととした。すべての対象者に対して、研究の主旨や内容、手順を口頭および書面にて十分に説明し、書面により研究参加への同意を得た。なお、本研究は京都橋大学倫理審査委員会の承認 (承認番号 : 18-60) を得たうえで実施した。

2. 方法

1) 実験手続き

対象者を椅子へ腰掛けさせ、脳内神経活動計測のため

にアクティブ電極脳波計 (g.tec 社製) を装着した。対象者に対して、歩行をイメージする課題 (以下、歩行イメージ課題) を設定し、歩行速度を変化させる時間的変化条件と歩行方向を変化させる空間的変化条件を設定した。各条件実施時における脳内神経活動を検証するために脳波計測を実施した。

2) 課題条件

歩行イメージ課題として、上肢を側方に垂らした安静立位で、(1) 10 m を前方歩行し右回りに方向転換し開始位置に前方歩行で戻ってくる課題、(2) 10 m を前方歩行し左回りに方向転換し開始位置に前方歩行で戻ってくる課題をイメージしてもらった。その際のイメージ方法は一人称イメージ (自身が運動を行っているかのようなイメージ) で行い、環境は実験室内に歩行路を設定し実施した (図 1-a)。開始と停止および直線歩行と方向転換の区切りは外部トリガーを使用し、対象者自身に押ししてもらい分別した。

時間的変化条件として、本条件内に、快適歩行条件、歩行速度を速くして歩行する条件および歩行速度を遅くして歩行する 3 条件を実施し、各課題条件 6 試行、計 12 試行実施した。歩行イメージ課題において、外部トリガーにより区分された対象者 8 名の脳波データから時間的変化を観察するために快適歩行条件、歩行速度を速くした条件および歩行速度を遅くした条件のそれぞれ図 2 の A, B, D および E の 4 つの直線歩行の脳波データを平均化し、快適速度直線歩行 (normal straight gait : 以下, NSG), 速い速度直線歩行 (fast straight gait : 以下, FSG), 遅い速度直線歩行 (slow straight gait : 以下, SSG) とした。また、空間的変化条件では、右回り方向転換と左回り方向転換の 2 条件を設定し、イメージ時に歩行方向の転換を行わせた。対象者 8 名の図 2 の C, F のそれぞれの脳波データを平均化し、快適速度右回り方向転換 (normal turn gait right : 以下, NTG-R) と快適速度左回り方向転換 (normal turn gait left : 以下, NTG-L) とした。なお、各課題間と条件間には十分な休息を挟み、疲労が脳波活動に影響しないように配慮した。さらに歩行イメージの確証性を検証するために、歩行イメージ課題の後に実歩行課題を実施した。実歩行では、歩行イメージ課題と同様に上肢を側方に垂らした安静立位から、(1) 10 m 前方歩行し右回りに方向転換し開始位置に前方歩行で戻ってくる課題、(2) 10 m を前方歩行し左回りに方向転換し前方歩行で開始位置に戻ってくる課題を実施し、歩行イメージとの時間一貫性を算出した。なお、開始と停止および直線歩行と方向転換の区切りは外部トリガーを使用し、検者自身が押しして分別した (図 1-b)。

3) 運動イメージの鮮明度および確証度評価

歩行イメージ課題を行った後、主観的運動イメージ鮮



図 1-a 歩行路の設定 (歩行イメージ場面)
歩行イメージ課題では矢印の様に歩行路を歩くことをイメージした。(対象者の目線)



図 1-b 歩行路の設定 (実歩行場面)
実歩行課題では矢印の様に実際の歩行路を歩行した。

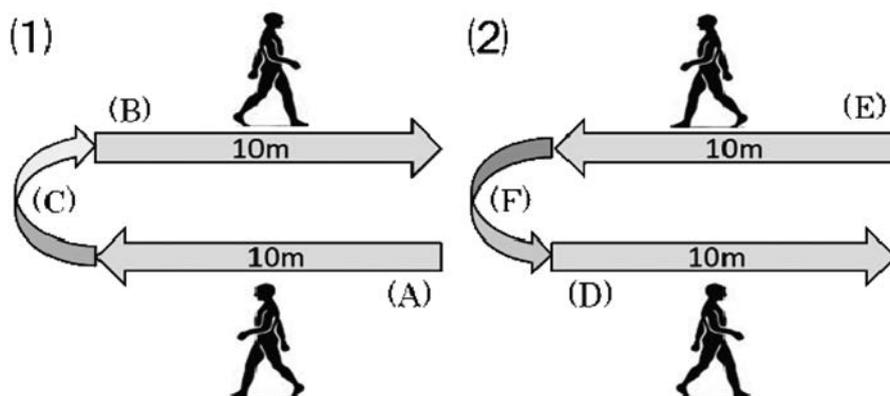


図 2 歩行イメージと実歩行課題条件
(1) 立位から 10 m の歩行路を歩き、右回りに方向転換し開始位置に戻ってくる課題 (2) 立位から 10 m の歩行路を歩き、左回りに方向転換し開始位置に戻ってくる課題 (A) (B) (D) (E) を直線歩行、(C) を右回り方向転換および (F) を左回り方向転換とした。直線歩行は各対象者の (A) (B) (D) (E) の脳波データを平均化し算出した。方向転換は各対象者の快適歩行のみの (C) (F) の脳波データを平均化し算出した。

明度評価として、Japanese Movement Imagery Questionnaire-Revised¹⁸⁾ (以下、JMIQ-R) を実施した。これは、質問紙で対象者自身に評価してもらい、体験イメージ (筋感覚的運動イメージ：一人称イメージ) と観察イメージ (視覚的運動イメージ：三人称イメージ) の 2 種類の異なる想起方法の運動イメージ能力を測定でき、特別な道具を必要とせず短時間でイメージの鮮明度を測定可能である利点があり、再現性や妥当性については確認が得られている¹⁹⁾ 評価法である。体験、観察イ

メージは各 4 項目、合計 8 項目であり、結果は 8 ~ 56 点で点数が高いほど鮮明にイメージができているという評価法である。本研究では JMIQ-R に加えて実際に歩行をイメージできたかの確証度については、歩行イメージ時間と実歩行時間の差である時間一致性評価 (temporal congruence: 以下、TC)²⁰⁾²¹⁾ を一部改変して用いた。TC は、 $[(\text{実歩行時間} - \text{歩行イメージ時間}) / ((\text{実歩行時間} + \text{歩行イメージ時間}) / 2) \times 100]$ で表され、実歩行時間よりも歩行イメージ時間が速ければ正の値、歩行イ

メージ時間よりも実歩行時間が速ければ負の値となり、両時間が一致した場合には0となる。本研究では、NSG, FSG, SSG, NTG-R および NTG-L の TC を算出した。これにより、対象者のもつ基本的な運動イメージ鮮明度を JMIQ-R、また本研究に特異的な歩行イメージ確証度を TC により評価した。

4) 脳波を用いた生理評価

(1) 脳波計測

脳波記録は、アクティブ電極および生体信号装置 Livo (テック技販社製) を用いて記録した (図3)。計測部位は、国際 10-20 法に基づき、両耳朶を基準電極とした Fpz, Fz, Cz, Pz, Oz, F3, F4, C3, C4, P3, P4, F7, F8, T7 および T8 の 15 部位より導出し、バンドパスフィルターは 1 ~ 30 Hz、サンプリング周波数は



図3 実験風景 (脳波装着)
脳波は図のように装着した。

1,000 Hz にて計測した。

(2) 脳波解析

歩行イメージ条件で計測された脳波データについて、本データには、歩行イメージの脳活動に加え指のタッピング運動が混入されるため、タッピング運動に関連する脳活動を除する必要がある。そこで、脳波機器へ接続した外部トリガーを押す「タッピング運動課題」を統制条件として設定し、無心で任意のタイミングで4回行うように指示した。バリデーションに関しては平均したそれぞれの脳波の神経活動値を算出した結果、すべての神経活動に差がないことを確認したため、タッピング時の脳波データから指の動作に関連する脳波活動を減算し、歩行イメージのみの脳波データを抽出した。

NSG, FSG, SSG, NTG-R および NTG-L にデータを分けた後、脳内神経活動の時空間解析を microstate segmentation 法²²⁾ に基づく sLORETA 解析にて分析した。microstate segmentation 法は、神経活動パターンについて、k-means clustering をベースとした基本的アルゴリズムを用いて算出する解析手法²³⁾²⁴⁾ である。情報処理過程においては、脳内神経活動は情報処理にかかわる時間的および空間的特徴として短い時間ではあるものの、ある一定の活動パターンつまり機能的微少状態 (microstate segmentation) を呈する。これらの活動パターンの時間的変化が情報処理過程を反映した神経機能活動を表す。本手法により、神経活動パターンとしての microstate を算出し、sLORETA 解析にて脳内神経活動領域を特定する。これにより脳波データは、6,239 ボクセルに区分された脳領域において、x, y, z 方向の座標として算出され、LORETA プログラムによって、曲面的な解剖学的補正が行われ三次元的画像へと変換がなされる。その結果、課題条件ごとの脳内神経活動領域が各ボクセル上での神経活動値として算出され、Brodmann area (以下, BA) や図4のような MNI 座標として特定される。あらかじめ決定されたクラスター数の神経活動領域が

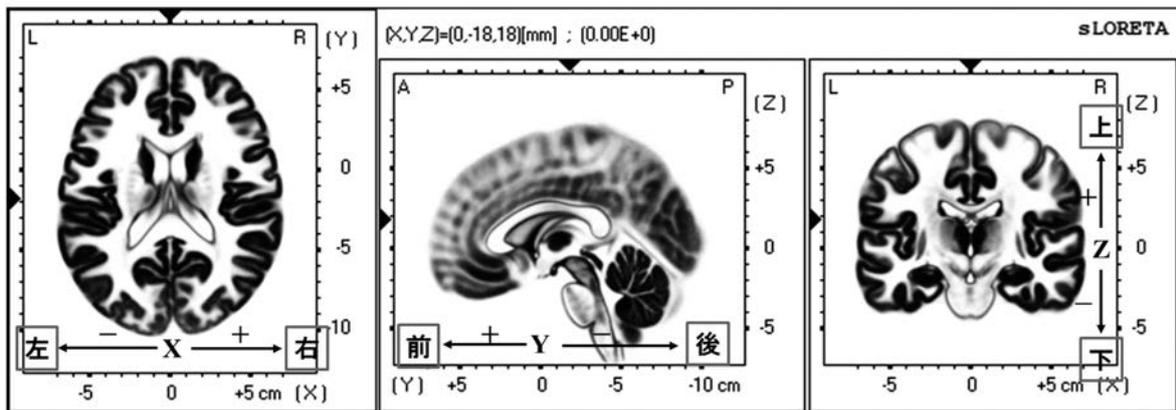


図4 Montreal Neurological Institute (MNI) 座標の座標軸
MNI 座標は X 軸が左右, Y 軸が前後, Z 軸が上下として表される。

sLORETA 解析にて求められた神経活動値 (LORETA activity value : $\mu\text{A}/\text{mm}^2$) として、画像中にグレーで表示される。本解析を用いて、歩行イメージの NSG, FSG, SSG, NTG-R および NTG-L に特有の脳内神経活動領域を同定した。なお、各課題のクラスター (microstate) 数の設定は、これまで明らかにされてきた歩行イメージに関連する脳活動領域である 4 から 5 領域¹⁾⁶⁾⁷⁾²⁵⁾ を初期 microstate 数として設定し、同部位が抽出された場合は同神経活動クラスターとみなし、最小単位数を再設定し再解析を行った。

3. 統計処理

NSG, FSG, SSG, NTG-R および NTG-L の TC の値に対してそれぞれ比較を行った。統計処理には正規分布を確認し、Friedman 検定を用い、有意差が認められた項目には Bonferroni 法で多重比較を行った。統計ソフトは SPSS 27.0 for Windows (IBM, Japan) を用い、統計学的有意水準は 5% とした。

結 果

1. 運動イメージ鮮明度と確証度

対象者の運動イメージ鮮明度に関して、JMIQ-R の観察項目は 233 ± 2.9 点、体験項目 220 ± 4.1 点、合計 453 ± 5.6 点であった (表 1)。運動イメージ確証度に関して、歩行イメージと実歩行時間の差を示す TC は、NSG $15.88 \pm 18.25\%$, FSG $42.92 \pm 17.75\%$, SSG $8.18 \pm 41.50\%$, NTG-R $-20.06 \pm 40.39\%$, NTG-L $-26.19 \pm 52.69\%$ であり、FSG と NTG-R および NTG-L に有意な差を認めた。それ以外の課題間には有意差は認めなかった。

2. microstate segmentation 法による解析

歩行イメージ NSG は、microstate segmentation 法の結果、左眼窩前頭野、両上頭頂小葉、両前頭眼野、両補足運動野および左楔前部に優位となる神経活動性 (microstate) を認めた。FSG では、左楔前部、右楔前部、右前頭眼野および両補足運動野に、SSG では左上頭頂小葉、右楔前部、左楔前部および両補足運動野に microstate を認めた。一方、NTG-R では両補足運動野、両前頭眼野、両楔前部および左上頭頂小葉に、NTG-L では両補足運動野、左前頭極、左上頭頂小葉、左前頭眼野および左楔前部に microstate を認めた (表 2, 図 5a ~ e)。

考 察

本研究は、健常若年者において歩行イメージの時間的、空間的な変化が脳内神経活動へどのような影響を及ぼすのかについて、各課題条件において代表的な脳内神経活動領域の同定およびそれらの関連性を脳波解析や各イメージ評価を用いて検証した。本研究の対象者の運動

イメージ鮮明性は、観察イメージが 23.3 点、体験イメージが 22.0 点、合計 45.3 点であり、カットオフ値等の報告はなされていないが、同年齢で測定している先行研究²⁶⁾²⁷⁾ と同程度であったことから、本研究は、一般的な健常若年者のイメージ鮮明性を有する対象者へ実施できたものと考えられた。また、歩行イメージの確証度については、歩行イメージ時間と実歩行時間の差である TC を測定した。TC は、値が大きいほど実運動と脳内の乖離が大きいと捉えることができ、これまで高齢者が $24.36\% \pm 17.91$ 、脳卒中患者が $45.1\% \pm 35.11$ と高齢者に比べ脳卒中患者の方が有意に TC が大きいことが報告されている²⁰⁾。さらに、脳卒中患者や二重課題歩行が困難な高齢者では TC がより大きくなることが報告されている²¹⁾。これらのことから、加齢や難易度上昇により TC は大きくなることが考えられる。本研究における TC の結果は、FSG と NTG で TC が高い傾向にあったため、速い速度変化や方向転換は難易度が高い課題と考えられた。

課題条件における結果において、時間的変化と空間的変化間では FSG と NTG-R および NTG-N 間でのみ有意差を認め、その他の条件間では有意差は確認されなかったが、時間的変化条件では正の値、空間的変化条件では負の値を示したことから、時間的変化条件ではイメージ時間の方が速くなり、空間的変化条件では実歩行時間の方が速くなる結果となった。これらのことから、両条件における課題特性には、脳内の情報処理過程において機能的差異を有する可能性が明らかとなった。

また、microstate segmentation 法の結果について、歩行イメージ課題では時間空間的変化条件すべてにおいて、補足運動野と楔前部に優位な代表的神経活動パターンを示す領域としての microstate segmentation を認めた。補足運動野は、認知制御²⁸⁾ や運動イメージ時⁶⁾¹⁴⁾¹⁵⁾ および運動準備時²⁹⁾ に働く領域として報告されており、さらに歩行の時間的変化に対する調整にも関与するとされている³⁰⁾。一方、楔前部は、特定の場所をめざして移動するうえでのナビゲーションに関連³¹⁾ し、脳内で身体をイメージした際に活動する領域であり、頭頂連合野として補足運動野などにも神経接続も強く³²⁾³³⁾、頭頂-前頭ネットワーク (parieto-frontal network)³⁴⁾ の構成領域ともされる。これらのことから、歩行イメージ時の脳機能活動は、注意・認知的制御を基盤に、運動準備としての内的な時間的空間的思考過程を反映しているものと考えられた。また、時間的変化時は FSG で前頭眼野、SSG で上頭頂小葉がそれぞれ優位に高い神経活動性を認めた。前頭眼野は、注意制御に関して頭頂葉などの他の領域にトップダウン処理を介して影響を及ぼす³⁵⁾ とされており、また上頭頂小葉は四肢運動と空間情報の意識化を担う領域とされている³⁶⁾ ことから、速い時間変化

表2 microstate segmentation 解析により求められた各条件の神経活動部位および MNI 座標 (n=8)

課題条件	総 microstate 数	MNI coordinates			脳葉	領域	Brodmann area
		x	y	z			
歩行イメージ							
NSG	5	-5	55	-25	左前頭葉	眼窩前頭野	11
		20(-20)	-65	65	両頭頂葉	上頭頂小葉	7
		10(-10)	45	50	両前頭葉	前頭眼野	8
		4(-4)	22	60	両前頭葉	補足運動野・運動前野	6
		-30	-85	40	左頭頂葉	楔前部	19
FSG	4	-30	-85	40	左頭頂葉	楔前部	19
		5	40	55	右前頭葉	前頭眼野	8
		5(-5)	29	61	両前頭葉	補足運動野・運動前野	6
		10	-60	70	右頭頂葉	楔前部	7
SSG	4	-40	-65	50	左頭頂葉	上頭頂小葉	7
		10	-60	70	右頭頂葉	楔前部	7
		-30	-85	40	左頭頂葉	楔前部	19
		9(-9)	-28	69	両前頭葉	補足運動野・運動前野	6
NTG-R	4	5(-5)	-36	72	両前頭葉	補足運動野・運動前野	6
		5(-5)	40	55	両前頭葉	前頭眼野	8
		5(-5)	-65	65	両頭頂葉	楔前部	7
		-27	-70	55	左頭頂葉	上頭頂小葉	7
NTG-L	5	9(-9)	-30	54	両前頭葉	補足運動野・運動前野	6
		-35	55	20	左前頭葉	前頭極	10
		-18	-57	65	左頭頂葉	上頭頂小葉	7
		-15	50	45	左前頭葉	前頭眼野	8
		-9	-59	60	左頭頂葉	楔前部	7

NSG：快適速度直線歩行 FSG：速い速度直線歩行 SSG：遅い速度直線歩行
 NTG-R：快適速度右回り方向転換 NTG-L：快適速度左回り方向転換

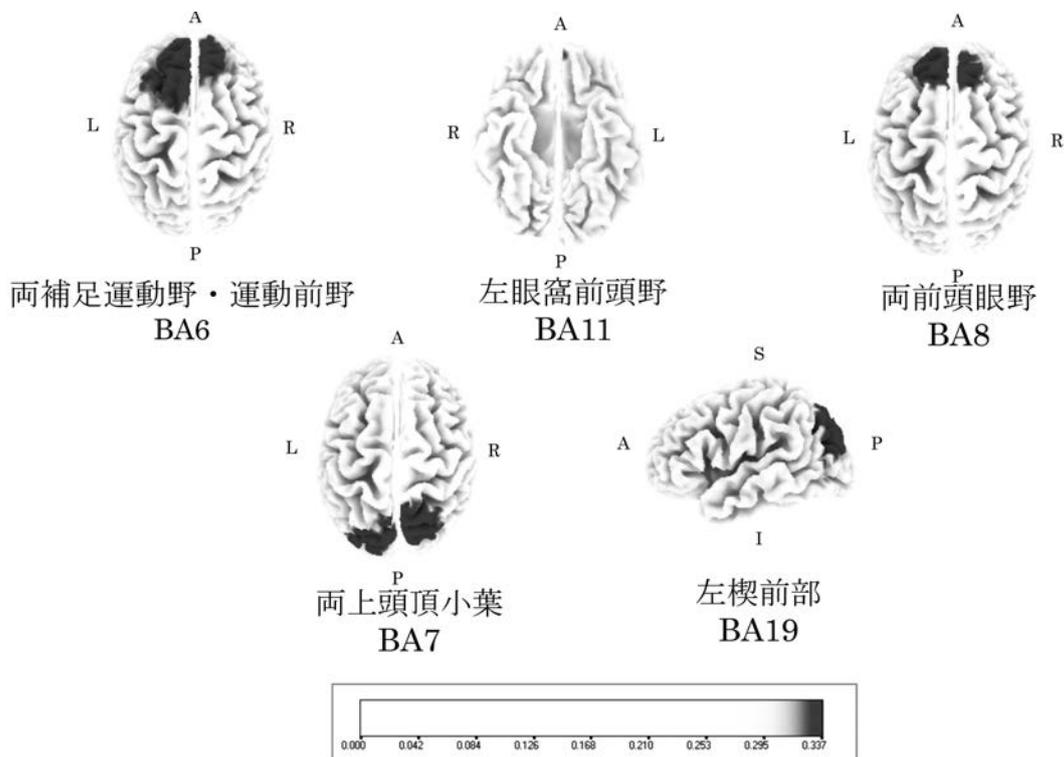


図 5-a 快適速度直線歩行 (NSG) の神経活動領域

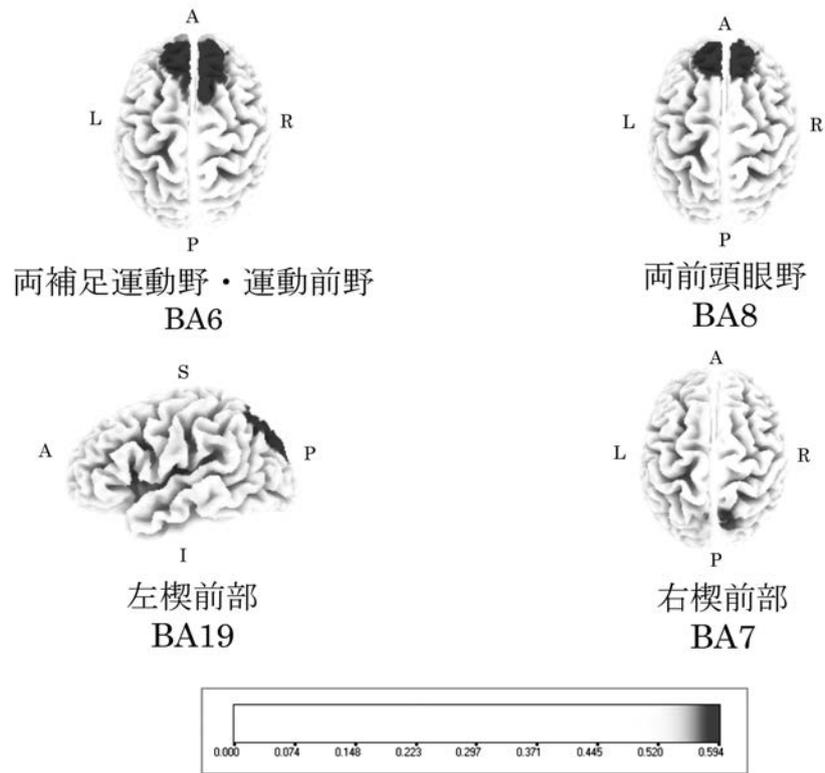


図 5-b 速い速度直線歩行 (FSG) の神経活動領域

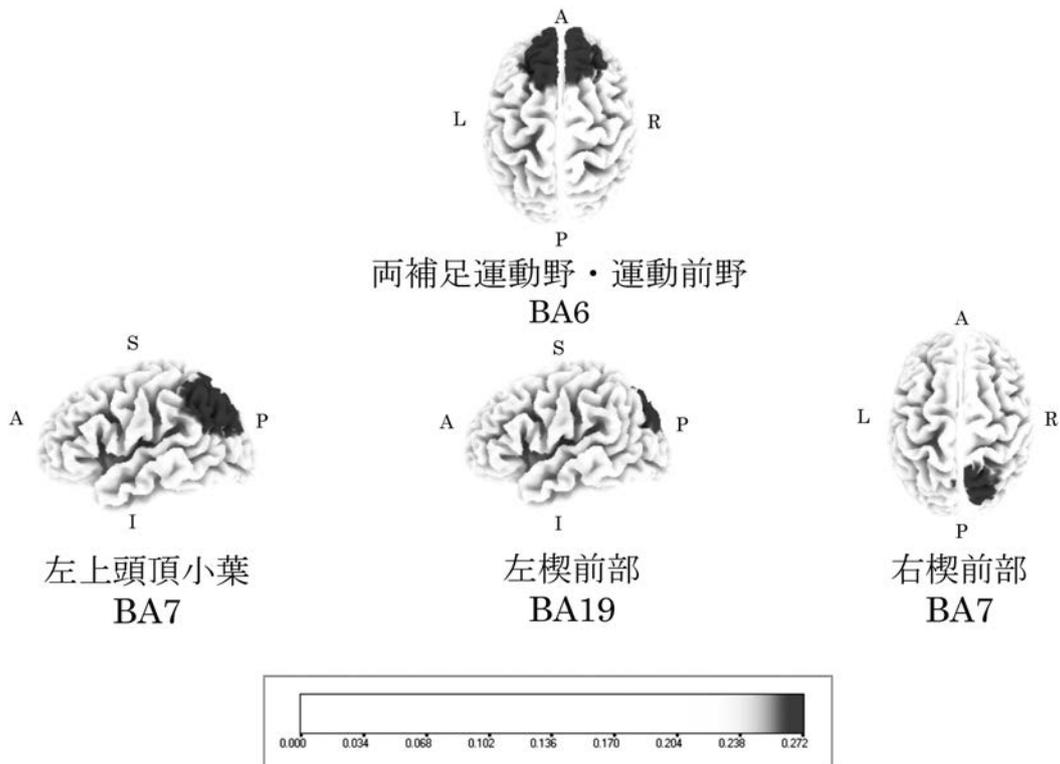


図 5-c 遅い速度直線歩行 (SSG) の神経活動領域

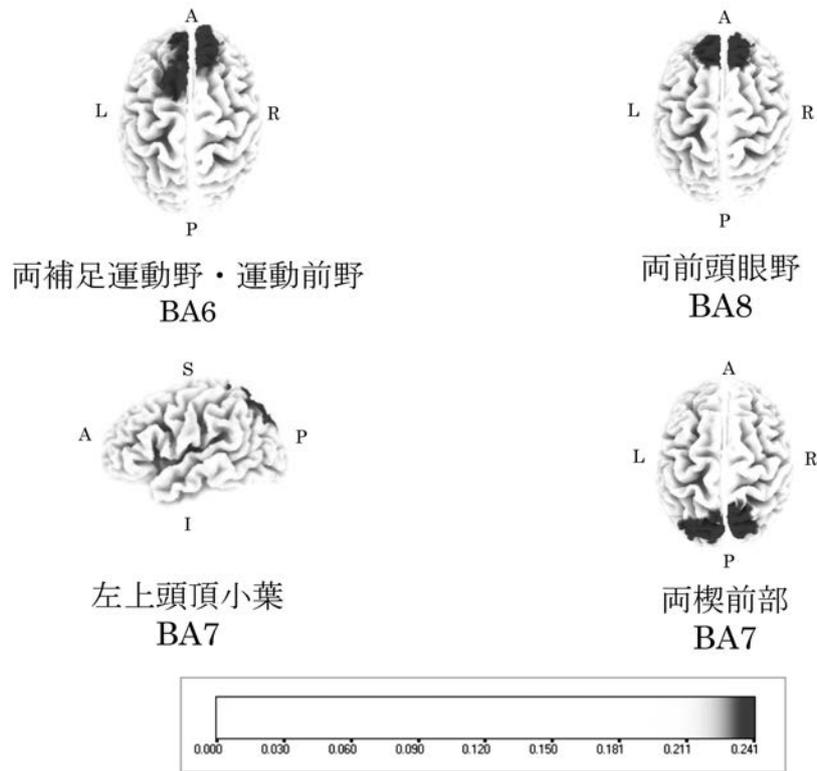


図 5-d 右回り方向転換時 (NTG-R) の神経活動領域

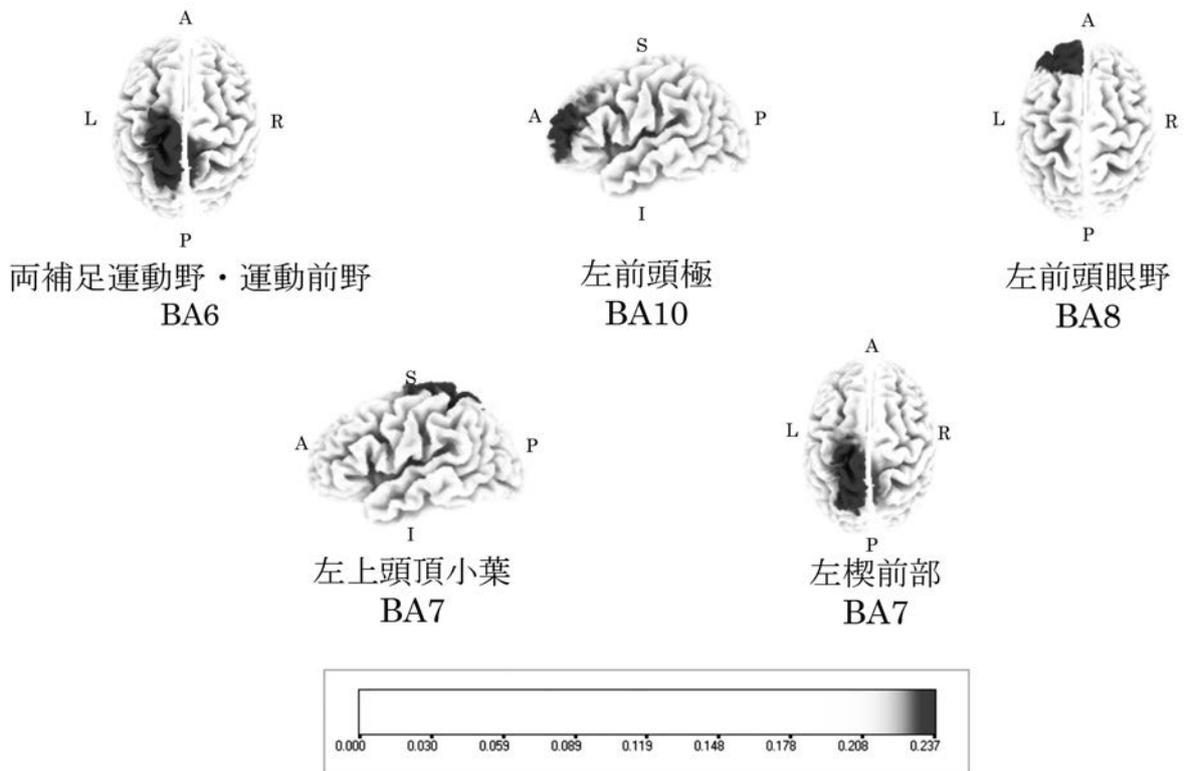


図 5-e 左回り方向転換時 (NTG-L) の神経活動領域

各イメージ課題で microstate segmentation 法により抽出された神経活動領域。対象者 8 名の脳波データを平均化し、各イメージ課題に分けた後、k-means clustering をベースとし任意のクラスターでクラスタリングし抽出された神経活動領域をそれぞれ示す。sLORETA では、脳画像は前後、左右および上下から出力される。図の脳画像は任意の方向をそれぞれ示した。神経活動値 ($\mu A/mm^2$) が高くなる程、濃度が高くなる。

は、注意や認知処理機能を賦活した課題と捉えることができ、変化する風景や内感覚情報を前頭葉からトップダウンに制御していることが考えられた。一方、遅い時間変化は、脳内で身体の位置や空間に対する意識化が高まったものと考えられた。空間的変化時は、前頭眼野や前頭極に加え上頭頂小葉の優位に高い神経活動性を認めた。歩行イメージ時の方向転換は、指定されたところへ自己が移動するイメージである mental navigation と呼ばれる心的移動課題であると考えられる。mental navigation 課題では頭頂葉の関与が報告されており⁴⁾、方向転換などの空間的なイメージ課題は、その課題特性と上頭頂小葉に神経活動を認めたことから、一人称的な mental navigation の特徴を有している可能性が考えられた。fMRI により歩行イメージを測定した先行研究では、補足運動野、楔前部、海馬¹⁴⁾³⁷⁾、背側運動前野、前帯状回¹⁴⁾¹⁵⁾、上頭頂小葉¹⁵⁾、下頭頂小葉、島、後頭葉³⁷⁾などの活動が報告されており、本研究と共通した領域もあるが、異なった領域もある。これは先行研究の対象者ごとに速度やイメージ方法が異なっていることなどから様々な領域が活動することが考えられる。先行研究と測定機器や解析方法が異なっているため、一概に比較することは困難であるが、本研究では神経活動領域のクラスター分析から活動パターンを抽出できたことで、先行研究を集約した、各課題間における活動特性を同定できたことは意義のあることと考えられる。

運動イメージは、低コストであり能動的な練習であることから脳卒中後患者の機能改善に有益であると報告されている³⁸⁾が、歩行リハビリテーションとしての運動イメージの有用性については明確な結論に至っていない¹⁰⁾。これは歩行イメージ練習では様々な方法があり、イメージの時間的空間的変化を考慮していない可能性があったためと考えられる。本研究により、歩行イメージが通常歩行や時間的空間的変化によって優位となる脳領域を変化させることを示唆したことから、歩行イメージを最適化された介入手法として用いる際には、時間的側面と空間的側面の特性を考慮していく必要性が示された。

結 論

本研究では、歩行イメージにおいて、時間的空間的変化に関連する脳内神経活動特性が明らかとなった。歩行イメージが通常歩行や時間的空間的変化によって優位となる脳領域を変化させることを示唆したことから、歩行イメージ練習においては、時間的空間的変化も含めたアプローチの必要性が示された。

研究の限界

本研究の限界として、イメージ時の脳波を測定している先行研究に比べて対象者数が少ないことが挙げられ

る。しかし、本研究結果は、各課題でイメージ時に働くと考えられる補足運動野¹⁾などが共通して抽出されたことから一般化可能性は高いものと考えられた。また、本研究では、各歩行条件の代表的な脳活動領域の同定を行ったが、優位に高い神経活動を認めた領域に関する機能的連関性やネットワーク解析などの詳細は解明に至っていない。そのため、抽出された脳内神経活動領域間の機能的および有向的連関性についても詳細に検証することで、運動イメージの有用性を明らかにする必要があると思われた。また、歩行イメージにおいては時間空間的変化での各個人間での難易度の調査ができていないことや、時間的変化条件と空間的変化条件の解析データ数に違いがあることなど、今後計測する際の課題になると考えられた。

利益相反

本研究において、開示すべき利益相反はない。

文 献

- 1) 森岡 周：イメージの科学—リハビリテーションへの応用に向けて—。三輪書店、東京、2012、pp. 102-103.
- 2) Hall CR, Martin HA: Measuring movement imagery abilities: A revision of the Movement Imagery Questionnaire. *Journal of Mental Imagery*. 1997; 21: 143-154.
- 3) 兒玉隆之：Mental rotation 課題時における脳内神経活動の空間的解析—LORETA 解析を用いた検討—。理学療法科学。2010; 25: 721-727.
- 4) Keehner M, Guerin SA, *et al.*: Modulation of neural activity by angle of rotation during imagined spatial transformations. *NeuroImage*. 2006; 33: 391-398.
- 5) Naito E: Controllability of motor imagery and transformation of visual imagery. *Percept Mot Skills*. 1994; 78: 479-478.
- 6) Gerardin E, Sirigu A, *et al.*: Partially overlapping neural networks for real and imagined hand movements. *Cereb Cortex*. 2000; 10: 1093-1104.
- 7) Solodkin A, Hlustik P, *et al.*: Fine modulation in network activation during motor execution and motor imagery. *Cereb Cortex*. 2004; 14: 1246-1255.
- 8) Braun S, Kleynen M, *et al.*: The effects of mental practice in neurological rehabilitation; a systematic review and meta-analysis. *Front Hum Neurosci*. 2013; 7: 1-23.
- 9) Guerra ZF, Lucchetti ALG, *et al.*: Motor Imagery Training After Stroke: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *J Neurol Phys Ther*. 2017; 41: 205-214.
- 10) Silva S, Borges LR, *et al.*: Motor imagery for gait rehabilitation after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020; 9: CD013019.
- 11) Nakano H, Murata S, *et al.*: Temporal characteristics of imagined and actual walking in frail older adults. *Aging Clin Exp Res*. 2018; 30: 1453-1457.
- 12) Malouin F, Richards CL: Mental practice for relearning locomotor skills. *Phys Ther*. 2010; 90: 240-251.
- 13) Chen IH, Yang YR, *et al.*: Novel gait training alters functional brain connectivity during walking in chronic stroke patients: a randomized control pilot trial. *J Neuroeng Rehabil*. 2019; 16: 1-14.

- 14) Iseki K, Hanakawa T, *et al.*: Neural mechanisms involved in mental imagery and observation of gait. *Neuroimage*. 2008; 41: 1021-1031.
- 15) Bakker M, De Lange FP, *et al.*: Cerebral correlates of motor imagery of normal and precision gait. *Neuroimage*. 2008; 41: 998-1010.
- 16) 瀬尾明彦, 砂川久弥, 他: 睡眠時間が翌日終日の認知・運動機能に与える影響. *ITヘルスケア*. 2008; 3: 96-105.
- 17) 岡村法宜: 健常者の脳波測定時に出現する θ 波—学生実習データの有効活用—. *愛媛県立医療技術大学紀要*. 2010; 7: 21-27.
- 18) 長谷川望: 日本語版運動心像質問紙改訂版 (JMIQ-R) の作成. *イメージ心理学研究*. 2004; 2: 25-34.
- 19) Monsma EV, Short SE, *et al.*: Psychometric Properties of the Revised Movement Imagery Questionnaire (MIQ-R). *Journal of Imagery Research in Sport and Physical Activity*. 2009; 4: 1-12.
- 20) Geiger M, Bonnyaud C, *et al.*: Evaluating the Effect of Cognitive Dysfunction on Mental Imagery in Patients with Stroke Using Temporal Congruence and the Imagined 'Timed Up and Go' Test (iTUG). *PLoS One*. 2017; 12: 1-13.
- 21) Bridenbaugh SA, Beauchet O, *et al.*: Association between dual task-related decrease in walking speed and real versus imagined Timed Up and Go test performance. *Aging Clin Exp Res*. 2013; 25: 283-289.
- 22) Lehmann D, Ozaki H, *et al.*: EEG alpha map series: Brain micro-states by space oriented adaptive segmentation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol*. 1987; 67: 271-288.
- 23) Kodama T, Nakano H, *et al.*: The association between brain activity and motor imagery during motor illusion induction by vibratory stimulation. *Restor Neurol Neurosci*. 2017; 35: 683-692.
- 24) Yoshimura M, Pascual-Marqui RD, *et al.*: Hyperactivation of the Frontal Control Network Revealed by Symptom Provocation in Obsessive-Compulsive Disorder Using EEG Microstate and sLORETA Analyses. *Neuropsychobiology*. 2018; 77: 176-185.
- 25) Gwin JT, Gramann K, *et al.*: Electrocranial activity is coupled to gait cycle phase during treadmill walking. *NeuroImage*. 2011; 54: 1289-1296.
- 26) 梅野和也, 中村浩一: 運動イメージ想起能力とパフォーマンスの変化との関係—JMIQ-Rを用いて—. *理学療法科学*. 2016; 31: 221-225.
- 27) 梅野和也, 中村浩一, 他: 運動イメージ想起能力とメンタルプラクティスの効果との関係—属性の異なる運動イメージ評価法を用いた研究—. *理学療法科学*. 2018; 33: 313-317.
- 28) 杉本 光, 月浦 崇: 社会的文脈における記憶と内側前頭前皮質の役割. *BRAIN and NERVE*. 2018; 70: 753-761.
- 29) Jacobs JV, Fujiwara K, *et al.*: Changes in the activity of the cerebral cortex relate to postural response modification when warned of a perturbation. *Clin Neurophysiol*. 2008; 119: 1431-1442.
- 30) Kurz MJ, Wilson TW, *et al.*: Stride-time variability and sensorimotor cortical activation during walking. *NeuroImage*. 2012; 59: 1602-1607.
- 31) Sato N, Sakata H, *et al.*: Navigation-associated medial parietal neurons in monkeys. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2006; 103: 17001-17006.
- 32) Marconi B, Genovesio A, *et al.*: Eye-hand coordination during reaching. I. Anatomical relationships between parietal and frontal cortex. *Cereb Cortex*. 2001; 11: 513-527.
- 33) Gamberini M, Passarelli L, *et al.*: Cortical connections of the visuomotor parietooccipital area V6Ad of the macaque monkey. *J Comp Neurol*. 2009; 513: 622-642.
- 34) Guillot A, Collet C: *The Neurophysiological Foundations of Mental and Motor Imagery*. Oxford University Press, New York, 2010, pp. 18-19.
- 35) 船橋新太郎: 実行機能と前頭連合野の関与. *心理学評論*. 2015; 58: 55-71.
- 36) 前田太郎, 館 暲: 視覚性到達課題における両眼視と上肢位置感覚の統合. *計測自動制御学会論文集*. 1993; 29: 201-210.
- 37) Jahn K, Deutschlander A, *et al.*: Brain activation patterns during imagined stance and locomotion in functional magnetic resonance imaging. *Neuroimage*. 2004; 22: 1722-1731.
- 38) Barclay RE, Stevenson TI, *et al.*: Mental practice for treating upper extremity deficits in individuals with hemiparesis after stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2020; 5: CD005950.

〈Abstract〉**The Effects of Temporal and Spatial Changes in Motor Imagery of Walking on Brain Neural Activity: Using the Microstate Segmentation Method**

Kazuhei NISHIMOTO, PT, MSc, Tomohiro UEDA, PT, MSc, Takayuki KODAMA, PT, PhD
Graduate School of Health Science, Kyoto Tachibana University

Kazuhei NISHIMOTO, PT, MSc
Department of Rehabilitation, JCHO Hoshigaoka Medical Center

Objective: The purpose of this study was to investigate the neural activity in the brain during the temporal and spatial changes of a gait image by EEG analysis.

Methods: We examined the characteristics of neural activity in the brains of eight healthy young subjects under the conditions of temporal and spatial changes of a walking image by EEG microstate segmentation method.

Results: The supplementary motor area and the anterior segment of the wedge were commonly activated during the temporal and spatial changes in the gait image. The frontal eye area and the superior parietal lobule were predominantly activated during the temporal change, and the frontal eye area, frontal pole, and superior parietal lobule were predominantly activated during the spatial change.

Conclusion: It was suggested that different brain regions were activated when the gait image was changed spatially and temporally. These results suggest that the temporal and spatial characteristics of the gait image need to be considered when it is used as an optimized intervention method.

Key Words: gait imagery, microstate segmentation method, EEG, brain neural activity

研究論文 (原著)

間質性肺疾患患者における入院関連能力低下の発生率と臨床的アウトカムへの影響*

— 2施設共同前向き観察研究 —

高橋 佑太^{1) #} 秋保 光利²⁾ 今井 亮介³⁾ 次富 亮輔^{3) 4)} 青野 ひろみ⁵⁾
白石 英晶⁶⁾ 田中 秀輝²⁾ 宮原 拓哉²⁾ 岩田 優助²⁾

要旨

【目的】 間質性肺疾患は呼吸困難による活動制限を招くが、入院に伴う入院関連能力低下 (Hospital-acquired disability ; 以下, HAD) の発生率や臨床的アウトカムへの影響は明らかでない。【方法】 研究参加2施設による前向き観察研究を実施した。対象は間質性肺疾患を背景とした呼吸不全による入院患者のうち、リハビリテーションを受けた患者とした。退院時 Barthel index 合計点数が入院前と比べて5点以上低下した場合をHADと定義し、HADが在院日数に与える影響を検討するために、重回帰分析を行った。【結果】 対象者66例 (年齢77歳, 男性47例) のうち、32例 (48%) にHADが発生した。またHADは在院日数の独立した規定因子として抽出された ($\beta = 0.34$, 95%信頼区間 = 3.86 - 25.52)。【結論】 間質性肺疾患患者では高率にHADが生じ、在院日数を含む臨床的アウトカムに影響を与えることが示唆された。

キーワード 間質性肺疾患, 入院関連能力低下, 在院日数

緒言

間質性肺疾患 (Interstitial lung disease ; 以下, ILD) は、肺胞隔壁を病変の主座として炎症をきたす多様な病態を含む疾患の総称である¹⁾。病理学的には、肺胞壁の肥厚や線維化によって特徴づけられ、肺活量低下やガス交換障害による労作時呼吸困難は Quality of Life (以下,

QOL) を著しく低下させる²⁾。治療の選択肢は限られており、病態が進行するにつれて、運動耐容能の低下や日常生活動作 (Activities of daily living ; 以下, ADL) の制限を呈する³⁾。

呼吸リハビリテーションはILD患者の労作時呼吸困難や運動耐容能を改善させることが報告されており、健康関連QOLを維持するための治療の選択肢になり得る⁴⁾。しかし、呼吸リハビリテーションの効果は、安定期のILD患者でのみ報告されており、病態が増悪し集学的管理が必要な入院期ILD患者に関する報告はきわめて少ない。入院ILD患者はしばしば重篤な呼吸不全に陥り、臨床的には酸素化や呼吸困難の増悪によってリハビリテーションの進行に難渋するとともに、ステロイドによる治療は骨格筋の萎縮を助長する⁵⁾。これらのことから、ILD患者では入院に伴う運動機能およびADL能力低下を生じるリスクは高いと考えられる。

入院に伴うADL能力低下は入院関連能力低下 (Hospital-acquired disability ; 以下, HAD) と呼ばれ、多くの先行研究から、入院患者の20～40%程度⁶⁻⁸⁾、近年のメタアナリシスでは30%⁹⁾ に生じることが知られている。また、先行研究ではHADは高齢入院患者の施設入所率や予後の規定因子であると報告されている^{10) 11)}。

* Prevalence and Clinical Impact of Hospital-acquired Disability in Patients with Interstitial Lung Disease: A Two-center Prospective Observational Study

1) 聖路加国際病院リハビリテーション科
(〒104-8560 東京都中央区明石町9-1)
Yuta Takahashi, PT, MSc: Department of Rehabilitation, St. Luke's International Hospital

2) 三井記念病院リハビリテーション部
Mitsutoshi Akiho, PT, PhD, Hideki Tanaka, PT, Takuya Miyahara, PT, Yusuke Iwata, PT, MSc: Department of Rehabilitation, Mitsui Memorial Hospital

3) 聖路加国際病院呼吸器内科
Ryosuke Imai, MD, Ryosuke Tsugitomi, MD: Department of Respiratory Medicine, St. Luke's International Hospital

4) がん研究会有明病院呼吸器内科
Ryosuke Tsugitomi, MD: Department of Respiratory Medicine, The Cancer Institute Hospital of JFCR

5) 東京警察病院呼吸器科
Hiromi Aono, MD: Department of Respiratory Medicine, Tokyo Metropolitan Police Hospital

6) 三井記念病院呼吸器内科
Hideaki Shiraishi, MD: Department of Respiratory Medicine, Mitsui Memorial Hospital

E-mail: yutat0708@gmail.com
(受付日 2021年5月8日/受理日 2021年9月1日)
[J-STAGEでの早期公開日 2021年10月30日]

一方で、ILD患者におけるHAD発生の頻度やその臨床的アウトカムへの影響は明らかでない。そこで、本研究では呼吸リハビリテーションを受けた入院期のILD患者におけるHADの発生率とHADが臨床的アウトカムに与える影響を明らかにすることとした。

方 法

1. 対象および倫理的配慮

本研究は研究参加2施設による前向き観察研究である。対象は2018年6月～2020年12月の間に呼吸不全で呼吸器内科に入院した患者のうち、過去にILDと診断されている、もしくは入院時の胸部高分解能computed tomographyにて医師がILDと診断し、入院期呼吸リハビリテーションを受けた18歳以上の患者とした。除外基準は、死亡患者、検査や治療または在宅酸素療法導入目的の予定入院患者、測定や評価の実施が困難な骨関節疾患、脳血管疾患および認知機能低下を有する患者とした。

なお、本研究の実施にあたって、対象者にはリハビリテーション開始時に医師または理学療法士から書面および口頭にて本研究の目的と内容を十分に説明し、書面による同意を得た。また本研究は、聖路加国際病院および三井記念病院の倫理審査委員会の承認（承認番号：18-R010およびC-82）を得て実施された。

2. データ収集

背景因子、既往歴、ILDの病型、入院時血液検査所見、入院中使用薬剤、入院時呼吸管理機器に関するデータは両施設の診療録から調査した。運動機能およびADL能力の評価はリハビリテーション開始時および退院時に理学療法士が実施した。リハビリテーション開始病日、介入期間および座位、立位、歩行の開始病日は理学療法士によって実施された場合のみを調査した。主要評価項目は在院日数、副次的評価項目は自宅退院の可否とした。おもな暴露因子はHAD発生の有無とした。

3. データの定義

1) HAD

退院時のBarthel index（以下、BI）合計点数¹²⁾が、入院前と比べて5点以上低下した場合をHAD発生と定義した⁸⁾¹¹⁾¹³⁾。

2) 背景因子

ILDの病型は特発性肺線維症/通常型間質性肺炎(idiopathic pulmonary fibrosis/usual interstitial pneumonia; IPF/UIP)、特発性間質性肺炎(idiopathic interstitial pneumonias; IIPs)、膠原病関連間質性肺疾患(connective tissue disease-ILD; CTD-ILD)、薬剤性間質性肺炎およびその他に分類した。

3) 血液検査所見、治療内容

血液検査所見のうち、酸素化の指標には動脈血ガス分析による動脈血酸素分圧(PaO₂)/吸入気酸素濃度(FiO₂)比を用い、低流量酸素デバイス使用時のFiO₂は鼻カニューラ1L/分で0.24、2L/分で0.28、3L/分で0.32、4L/分で0.36、5L/分で0.4、酸素マスク5～6L/分で0.4、6～7L/分で0.5、7～8L/分で0.6、リザーバー付き酸素マスク6Lで0.6、7Lで0.7、8Lで0.8、9～10Lで0.9とした¹⁴⁾。治療内容として入院中のステロイドパルス療法の有無を調査した。入院時呼吸管理機器は、侵襲的人工呼吸(Invasive positive pressure ventilation; 以下、IPPV)、非侵襲的人工呼吸(Noninvasive positive pressure ventilation; 以下、NPPV)、高流量経鼻酸素療法(High-flow nasal cannula; 以下、HFNC)およびその他に分類した。

4) 身体機能

四肢筋力はMedial research council sum score（以下、MRCSS）¹⁵⁾をリハビリテーション開始時および退院時に評価した。MRCSSは両側の肩関節外転、肘関節屈曲、手関節背屈、股関節屈曲、膝関節伸展、足関節背屈の筋力をそれぞれ徒手筋力検査法に準じて0～5の6段階で評価し、その合計値(0～60点)を算出した。

5) ADL能力

BIおよびFunctional status score for the ICU（以下、FSS-ICU）¹⁶⁾をリハビリテーション開始時および退院時に評価した。また、入院前のBIは症状増悪前の状況を患者本人または家族から聴取にて評価した。BIは食事、椅子とベッド間の移乗、整容、トイレ歩行、入浴、移動、階段昇降、更衣、排便自制、排尿自製の10項目から構成され、自立度に応じて0、5、10、15点に点数化し、合計点数(0～100点)を算出した。FSS-ICUは寝返り、起き上がり、座位、起立、歩行の5項目から構成され、自立度に応じて0～7点の8段階で点数化し、合計点数(0～35点)を算出した。

6) 健康関連QOL

COPD assessment test（以下、CAT）¹⁷⁾を退院時に評価した。CATは咳、喀痰、呼吸困難、労作時呼吸困難、日常生活、外出への自信、睡眠、活力の8項目をそれぞれ0～5点の6段階で点数化し、合計点数(0～40点)を算出した。CATはIPF患者においても、その妥当性が報告されている¹⁸⁾。

4. 呼吸リハビリテーションプログラム

呼吸リハビリテーションは、医師による指示のもとに理学療法士によって開始され、退院までの間継続された。プログラムは、コンディショニング、呼吸法指導、排痰支援、生活動作練習、四肢筋力トレーニングおよび有酸素運動を主体として実施され、その際の実施基準お

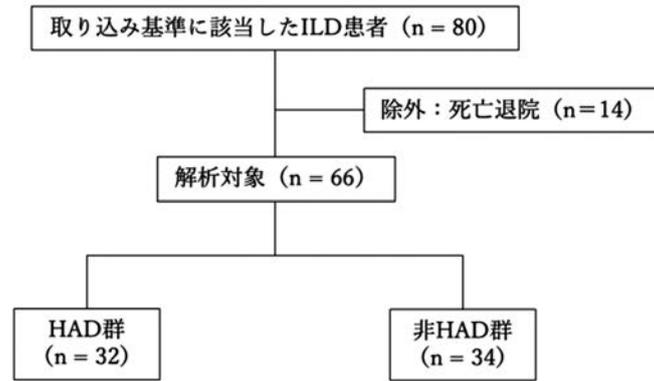


図1 解析対象患者の取り込みフロー

よび中止基準は呼吸リハビリテーションマニュアル¹⁹⁾に基づいて判断された。特に高度の運動誘発性低酸素血症や呼吸困難を呈する症例では、ベッド上での低負荷な運動を適用した。労作時のSpO₂低下に対しては、医師の指示にしたがって、適宜必要な酸素投与量および酸素投与デバイスの変更を行い、SpO₂ ≥ 88%を目安として酸素投与量を調整した。また個々の患者の重症度や病期に応じて労作時SpO₂低下の許容範囲は医師と理学療法士で個別に検討した。

5. 統計解析

連続変数は中央値（四分位範囲）、カテゴリー変数は症例数（%）で表記した。対象者はHAD発生の有無によって、HAD群と非HAD群に群分けし、両群間の比較にはMann-WhitneyのU検定と χ^2 検定を用いた。在院日数の規定因子の検討には、HAD、年齢、性別および重症度を反映する指標（入院時呼吸管理機器、入院時Krebs von den Lungen-6、入院時PaO₂/FiO₂比）を独立変数とした重回帰分析を行った。すべての解析において、統計学的有意水準は5%とした。統計ソフトにはSPSS（Version 24.0 for Microsoft Windows；SPSS, Chicago, IL）を使用した。

結 果

1. 解析対象

2018年6月～2020年12月の間にILDを背景とした呼吸不全にて入院した連続80例のうち、死亡退院した14例を解析対象から除外し、66例（年齢中央値77歳、男性47例）を解析対象とした。解析対象者の取り込みフローを図1に示す。

2. HAD発生率と2群間の比較

解析対象者66例のうち、32例（48%）にHADが発生した。入院経過中に生じた新規の合併症はHAD群で

縦隔気腫1例、肺以外の感染症2例、非HAD群で縦隔気腫1例、肺以外の感染症1例で両群間に有意差を認めなかった（ $P = 0.663$ ）。HAD群と非HAD群の背景因子および臨床経過を表1に示す。HAD群は非HAD群と比べて、有意に入院時のIPPV、NPPVおよびHFNCの使用率が高く（ $P = 0.032$ ）、リハビリテーション開始時BI、FSS-ICU、MRCSSが低く（それぞれ、 $P = 0.004$, 0.008 , 0.003 ）、座位、立位、歩行開始病日が遅かった（それぞれ、 $P = 0.002$, 0.014 , 0.004 ）。一方で、年齢や入院前BIには有意差を認めなかった。また、退院時においても、HAD群は非HAD群と比べて、有意にBI、FSS-ICU、MRCSSが低く（それぞれ、 $P < 0.001$, $P = 0.005$, 0.020 ）、CATは有意に高かった（ $P = 0.011$ ）。さらに、主要ならびに副次的評価項目に関して、HAD群は非HAD群と比べて、有意に在院日数が長く（中央値25日 vs. 16日、 $P = 0.017$ ）、自宅退院率が低かった（中央値68.8% vs. 100%、 $P < 0.001$ ）。

加えて、HAD群32例のうち、BIが100～85点の間で低下した症例は19例（59.3%）、入院前BI ≥ 85から退院時85未満に低下した症例は10例（31.3%）、入院前BI < 85からさらに低下した症例は3例（9.4%）であった。

3. HADと臨床的アウトカムとの関連

在院日数を従属変数、HAD、年齢、性別および入院時呼吸管理機器を独立変数とした重回帰分析の結果、HAD（ $\beta = 0.34$, 95%信頼区間 = 3.86 - 25.52, $P = 0.009$ ）および性別（ $\beta = -0.26$, 95%信頼区間 = -23.50 - 0.85, $P = 0.036$ ）が独立した規定因子として抽出され、モデルの決定係数は0.158（ $P = 0.006$ ）であった（表2）。また、重症度を反映する指標として、入院時呼吸管理機器を入院時Krebs von den Lungen-6または入院時PaO₂/FiO₂比に置き換えた重回帰モデルにおいても、HADと性別またはHADのみが有意な規定因子として抽出された。

表 1 対象者の背景因子と臨床経過

	HAD 群 (n = 32)	非 HAD 群 (n = 34)	P	
年齢	78 (72-84)	77 (69-83)	0.253	
男性	22 (68.8)	24 (70.6)	0.871	
BMI	20.9 (17.7-24.4)	22.3 (19.0-24.4)	0.397	
入院前 BI	100 (90-100)	100 (70-100)	0.375	
入院前 LTOT 使用	5 (15.6)	5 (14.7)	0.958	
病型	IPF/UIP	15 (46.9)	15 (44.1)	0.359
	IIPs	6 (18.8)	5 (14.7)	
	CTD-ILD	9 (28.1)	9 (26.5)	
	薬剤性	0 (0)	4 (11.8)	
	その他	2 (6.3)	1 (2.9)	
入院時呼吸管理機器	IPPV	1 (3.1)	0 (0)	0.032
	NPPV	3 (9.4)	0 (0)	
	HFNC	3 (9.4)	0 (0)	
	酸素マスク	4 (12.5)	3 (8.8)	
	鼻カニューラ	21 (65.6)	31 (91.2)	
入院の原因	感染症	15 (46.9)	14 (41.2)	0.349
	ILD 急性増悪	16 (50.0)	14 (41.2)	
	気胸	1 (3.1)	2 (5.9)	
	その他	0 (0)	4 (11.7)	
	既往歴	ILD	26 (81.3)	
	CTD	10 (31.3)	10 (29.4)	0.871
	心疾患	8 (25.0)	16 (47.1)	0.063
	脳血管疾患	6 (18.8)	3 (8.8)	0.240
	骨関節疾患	10 (31.3)	11 (32.4)	0.923
ステロイドパルス施行	19 (59.3)	16 (47.1)	0.316	
CRP	6.4 (1.6-11.7)	5.0 (1.2-15.8)	0.635	
KL-6	1,217 (486-1,661)	888 (661-1,767)	0.954	
P/F 比 [#]	246 (134-348)	313 (213-355)	0.176	
リハビリ開始病日	2 (1-3)	1 (1-2)	0.010	
リハビリ開始時 BI	55 (29-73)	83 (50-90)	0.004	
リハビリ開始時 FSS-ICU	28 (17-34)	34 (27-35)	0.008	
リハビリ開始時 MRCSS	48 (44-60)	59 (52-60)	0.003	
座位開始病日	3 (2-5)	1 (1-2)	0.002	
立位開始病日	3 (2-5)	1 (1-3)	0.014	
歩行開始病日	4 (2-9)	2 (1-3)	0.004	
退院時 BI	85 (60-90)	100 (96-100)	<0.001	
退院時 FSS-ICU	33 (30-35)	35 (32-35)	0.005	
退院時 MRCSS	52 (47-60)	58 (52-60)	0.020	
退院時 CAT	22 (16-25)	12 (5-21)	0.011	
新規 LTOT 導入	9 (28.1)	5 (14.7)	0.120	
在院日数	25 (15-42)	16 (11-26)	0.017	
自宅退院	22 (68.8)	34 (100)	<0.001	

数値は中央値（四分位範囲）または症例数（割合）を表示。HAD：hospital acquired disability, BMI：body mass index, BI：barthel index, LTOT：long term oxygen therapy, IPF/UIP：idiopathic pulmonary fibrosis/usual interstitial pneumonia, IIPs：idiopathic interstitial pneumonias, CTD-ILD：connective tissue disease-interstitial lung disease, IPPV：invasive positive pressure ventilation, NPPV：noninvasive positive pressure ventilation, HFNC：high-flow nasal cannula, CRP：C-reactive protein, KL-6：Krebs von den Lungen-6, P/F 比：PaO₂/FiO₂ 比, FSS-ICU：Functional status score for the ICU, MRCSS：medial research council sum score, CAT：COPD assessment test
[#]：HAD 群で 8 例, 非 HAD 群で 12 例の欠損値あり

表2 重回帰分析による在院日数の規定因子の検討

	非標準化係数	標準化係数 β (95% 信頼区間)	P
HAD	14.70	0.34 (3.86-25.52)	0.009
年齢	0.40	0.17 (-0.14-0.94)	0.146
性別 (男性)	-12.18	-0.26 (-23.50--0.85)	0.036
入院時呼吸管理機器	-5.86	-0.08 (-23.75-12.03)	0.515

HAD: hospital acquired disability

考 察

1. 結果の要約

本研究は、我々の知る限り入院ILD患者のHAD発生率とその臨床的アウトカムへの影響を報告したはじめての研究である。本研究の結果、呼吸リハビリテーションを受けた入院期ILD患者のHAD発生率は48%であった。また、HAD群では、有意に在院日数が長期化し、自宅退院率が低いことが示された。さらに、HAD発生は、年齢や呼吸不全の重症度を反映する入院時呼吸療法機器とは独立して、在院日数の規定因子であった。これらの結果は、疾患の治療と併行して、運動機能やADLを低下させないための取り組みの必要性を示唆するものであった。

2. 先行研究との比較

先行研究において、高齢入院患者のHAD発生率は30%程度と報告されている⁹⁾。また、HADの発生率は高齢であるほど高値になり、85歳以上では50%以上の発生率になることが報告されている⁷⁾。本研究の対象者の年齢は、HAD発生率30%程度の先行研究と同等であることから、本研究のHAD発生率は年齢に比して高値であると考えられる。その原因として、先行研究では人工呼吸管理を要した症例や集中治療室に入室した症例を除外しており⁶⁻⁸⁾、本研究と比べて、疾患の重症度が低かった可能性がある。急性疾患による入院患者のHAD発生には、疾患自体の重症度が影響することは知られているが²⁰⁾、HADに関する先行研究の多くは特定の疾患に限らず、高齢入院患者全般を対象にしているため、対象者の重症度の指標には、Acute physiology and chronic health evaluation IIスコアをはじめとした包括的スコアが採用されている⁶⁾⁷⁾⁹⁾。一方で、本研究では対象をILD患者に限定していることから、疾患特異的な変数を重症度の指標として採用しており、重症度を先行研究と直接比較することは困難である。本研究のHAD群と非HAD群で重症度を反映する入院時呼吸管理機器を比較すると、HAD群でIPPV、NPPVおよびHFNCの使用率が有意に高く、呼吸不全の重症度が高いほど、HADが高率に発生することがわかる。これと同時に、HAD

群はリハビリテーション開始時のBI、FSS-ICUおよび離床開始病日が不良であることから、入院時の呼吸不全が重度な患者ほどADL獲得や離床が遅延し、急性期治療後も十分な機能的回復が得られなかった結果、HAD発生を招いたと推測された。これらに加えて、ILD入院患者の特徴として、IPF増悪の場合の院内死亡率は50%にも上り²¹⁾、その他の疾患に比べて治療抵抗性であること、ステロイドパルス療法が骨格筋の萎縮を惹起することで⁵⁾、HADの発生率が高まった可能性も考えられる。ステロイドパルスの実施率には2群間で有意差を認めなかったことから、本研究においてステロイド使用がHAD発生率を高めたとする根拠はないが、治療そのものがHAD発生率を高める可能性も考慮すべきと考えられる。

3. 機序—HADの臨床的アウトカムへの影響—

本研究において、HAD発生は在院日数延長のリスク因子となり得ることが考えられた。これは、急性期治療後に入院前のADL能力に回復しないことによって、リハビリテーションに要する期間が延長することや転院もしくは自宅退院に向けた社会調整に時間を要することが影響した結果、在院日数が長期化するものと推察された。先行研究においても、HADは在院日数と関連することが報告されているが⁸⁾¹³⁾、本研究の在院日数は先行研究と比べて著しく長期であった。これは諸外国と異なり、本邦の急性期病院がADL低下などを理由に長期入院を容認する医療体制を取っていることが一因と考えられる。Palleschiら¹³⁾は、在院日数の長期化は機能回復の阻害因子と報告しており、我々とは反対の視点で在院日数を捉えていることがわかる。本研究ではHADと在院日数の因果関係は明らかでないが、在院日数の長期化が機能回復と機能低下のいずれにつながるかは各症例の臨床経過によると考えられる。さらに、先行研究では、HADは療養施設への入所率を高める要因であると報告されており¹⁰⁾、本研究においても、HAD群では有意に自宅退院率が低下していたことから、長期の入院を経ても、自宅退院困難な状態に陥っていたことが推察された。しかし、HAD群の退院時BI中央値は85点であり、先行研究にて85点はADL自立相当と報告されている

ことから²²⁾、HAD群の退院時ADLが自宅退院困難な水準であったかは明らかでない。またHAD群の内訳をみると、BIが100～85点の間でHADを生じた症例がHAD群の約60%を占めていた。さらに、退院時FSS-ICUやMRCSSはHAD群で有意に低値なものの、その中央値はそれぞれ33点、52点と比較的高値であったことから、基本動作やそれを行うための四肢筋力は自宅退院も可能と推測される水準であった。その一方で、呼吸器症状やそれが日常生活に及ぼす影響を聴取するCATではHAD群が有意に高値を示し、その中央値も非HAD群と比べて大幅に高い。一般的に、呼吸器疾患患者の日常生活自立度は動作の可否だけでなく、呼吸器症状の程度によっても大きく左右されることから、本研究においても、動作の自立度と呼吸器症状の両者が影響した結果として、HAD群の自宅退院率が低下したものと考えられた。

4. 臨床的意義

本研究の結果から、入院ILD患者の約半数はなんらかの能力低下をきたすことが示され、リハビリテーションの果たす役割が大きいことが明らかになった。近年、ILDは呼吸リハビリテーションの主たる対象疾患として認識され、ガイドラインにも安定期の介入の必要性が述べられるようになったが¹⁹⁾、急性期のILD患者に対するリハビリテーションは未確立であり、今後確立していくための一助になると考えられる。また、HADが生じた結果、在院日数が延長することは、患者個人の負担だけでなく、医療経済的にも解決すべき課題である。本研究の結果は、標準的なリハビリテーション実施下での知見であることから、追加の介入方法として慢性閉塞性肺疾患患者を対象に臨床研究が行われている骨格筋電気刺激やベッド上のサイクリング²³⁾などの導入を人的、経済的負担も踏まえて検討するための基礎的な情報になり得ると考えられた。

5. 本研究の限界

本研究には、いくつかの限界がある。まず、サンプルサイズが小さいため、ILDの各病型別の解析は困難であった。IPF急性増悪患者を対象を限定してADLの推移を報告した先行研究では、増悪4週間後時点で79%の患者が入院前と比べてBI \geq 5点以上の低下を認めたと報告しており²⁴⁾、病型や増悪因子の違いによってADLへの影響が異なる可能性がある。また、非HAD群に自宅退院できなかった症例が存在しなかったため、自宅退院の可否に関する多変量解析の実施が困難であった。自宅退院の可否には社会的要因など多くの要素が影響することから、HAD発生と自宅退院困難との関連の解釈には注意が必要である。さらに、HAD発生率にかかわる

因子として、入院前の疾患の重症度に関するデータが不足している。入院前からのADL低下は入院中のHAD発生に強く影響することが知られており²⁰⁾、入院前から呼吸器症状が重度な症例を対象とした場合には、HAD発生率はさらに高まる可能性が考えられる。

結 論

入院ILD患者では、標準的な呼吸リハビリテーションを受けていても、高い割合でHADが発生することが明らかとなった。さらに、HADの発生は在院日数や自宅退院率といった臨床的アウトカムを悪化させる可能性があることから、HAD発生を予防する積極的な取り組みが必要であると考えられた。

利益相反

開示すべき利益相反はない。

謝辞：臨床業務でご協力いただいた皆様（岡村大介氏、加藤葉々実氏、鈴木紗智子氏、脇 悠人氏）に心より感謝いたします。また、論文執筆にあたり、ご助言をいただきました順天堂大学理学療法学科の齊藤正和先生に感謝を申し上げます。

文 献

- 1) Travis WD, Costabel U, *et al.*: An official American thoracic society/European respiratory society statement: Update of the international multidisciplinary classification of the idiopathic interstitial pneumonias. *Am J Respir Crit Care Med.* 2013; 188: 733-748.
- 2) Bajwah S, Ross JR, *et al.*: Interventions to improve symptoms and quality of life of patients with fibrotic interstitial lung disease: a systematic review of the literature. *Thorax.* 2013; 68: 867-879.
- 3) Axelsson GT, Putman RK, *et al.*: Interstitial lung abnormalities and self-reported health and functional status. *Thorax.* 2018; 73: 884-886.
- 4) Holland AE, Hill CJ, *et al.*: Short term improvement in exercise capacity and symptoms following exercise training in interstitial lung disease. *Thorax.* 2008; 63: 549-554.
- 5) Dekhuijzen PN, Decramer M: Steroid-induced myopathy and its significance to respiratory disease: a known disease rediscovered. *Eur Respir J.* 1992; 5: 997-1003.
- 6) Zelada MA, Salinas R, *et al.*: Reduction of functional deterioration during hospitalization in an acute geriatric unit. *Arch Gerontol Geriatr.* 2009; 48: 35-39.
- 7) Covinski KE, Palmer RM, *et al.*: Loss of independence in activities of daily living in older adults hospitalized with medical illnesses: increased vulnerability with age. *J Am Geriatr Soc.* 2003; 51: 451-458.
- 8) Ziesberg A, Shadmi E, *et al.*: Hospital-associated functional decline: the role of hospitalization processes beyond individual risk factors. *J Am Geriatr Soc.* 2015; 63: 55-62.
- 9) Loyd C, Markland AD, *et al.*: Prevalence of Hospital-Associated Disability in Older Adults: A Meta-analysis. *J Am Med Dir Assoc.* 2020; 21: 455-461.

- 10) Fortinsky RH, Covinsky KE, *et al.*: Effects of functional status changes before and during hospitalization on nursing home admission of older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1999; 54: M521-M526.
- 11) Sleiman I, Rozzini R, *et al.*: Functional trajectories during hospitalization: A prognostic sign for elderly patients. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2009; 64: 659-663.
- 12) Mahoney FI, Barthel DW: Functional evaluation: the Barthel Index. *Md State Med J.* 1965; 14: 61-65.
- 13) Pallechi L, Alfieri WA, *et al.*: Functional recovery of elderly patients hospitalized in geriatric and general medicine units. The PROgetto DIMissioni in GERiatria Study. *J Am Geriatr Soc.* 2011; 59: 193-199.
- 14) 一般社団法人日本呼吸器学会ホームページ 酸素療法マニュアル (酸素療法ガイドライン改訂版). https://www.jrs.or.jp/modules/guidelines/index.php?content_id=98 (2021年8月30日引用)
- 15) Hermans G, Clerckx B, *et al.*: Interobserver agreement of Medical Research Council sum-score and handgrip strength in the intensive care unit. *Muscle Nerve.* 2012; 45: 18-25.
- 16) Thrush A, Rozek M, *et al.*: The clinical utility of the functional status score for the intensive care unit (FSS-ICU) at a long-term acute care hospital: a prospective cohort study. *Phys Ther.* 2012; 92: 1536-1545.
- 17) Tsuda T, Suematsu R, *et al.*: Development of the Japanese version of the COPD Assessment Test. *Respir Investig.* 2012; 50: 34-39.
- 18) Grufstedt HK, Shaker SB, *et al.*: Validation of the COPD Assessment Test (CAT) in patients with idiopathic pulmonary fibrosis. *Eur Clin Respir J.* 2018; 5: 1530028
- 19) 植木 純, 神津 玲, 他: 呼吸リハビリテーションに関するステートメント. *日呼吸ケアリハ会誌.* 2018; 27: 95-114.
- 20) McCusker, Kakuma R, *et al.*: Predictors of functional decline in hospitalized elderly patients: a systematic review. *J Gerontol A Biol Sci Md Sci.* 2002; 57: M569-M577.
- 21) Song JW, Hong S-B, *et al.*: Acute exacerbation of idiopathic pulmonary fibrosis: incidence, risk factors and outcome. *Eur Respir J.* 2011; 37: 356-363.
- 22) Granger CV, Dewis LS, *et al.*: Stroke rehabilitation: analysis of repeated Barthel index measures. *Arch Phys Med Rehabil.* 1979; 60: 14-17.
- 23) Prieur G, Combret Y, *et al.*: Functional Electrical Stimulation Changes Muscle Oxygenation in Patients with Chronic Obstructive Pulmonary Disease During Moderate-Intensity Exercise: A Secondary Analysis. *COPD.* 2019; 16: 30-36.
- 24) Koyama K, Sakamoto S, *et al.*: The Activities of Daily Living after an Acute Exacerbation of Idiopathic Pulmonary Fibrosis. *Intern Med.* 2017; 56: 2837-2843.

〈Abstract〉

Prevalence and Clinical Impact of Hospital-acquired Disability in Patients with Interstitial Lung Disease: A Two-center Prospective Observational Study

Yuta TAKAHASHI, PT, MSc

Department of Rehabilitation, St. Luke's International Hospital

Mitsutoshi AKIHO, PT, PhD, Hideki TANAKA, PT, Takuya MIYAHARA, PT, Yusuke IWATA, PT, MSc

Department of Rehabilitation, Mitsui Memorial Hospital

Ryosuke IMAI, MD, Ryosuke TSUGITOMI, MD

Department of Respiratory Medicine, St. Luke's International Hospital

Ryosuke TSUGITOMI, MD

Department of Respiratory Medicine, The Cancer Institute Hospital of JFCR

Hiromi AONO, MD

Department of Respiratory Medicine, Tokyo Metropolitan Police Hospital

Hideaki SHIRAISHI, MD

Department of Respiratory Medicine, Mitsui Memorial Hospital

Objectives: Patients with interstitial lung disease are known to show functional decline due to dyspnea on exertion. However, the incidence of hospital-acquired disability (HAD) associated with hospitalization and its impact on clinical outcomes remains unclear.

Methods: A prospective observational study was conducted by two study participating hospitals. Patients were hospitalized for respiratory failure who had been diagnosed with interstitial lung disease before, or who had been diagnosed with interstitial lung disease by a physician on high-resolution computed tomography at admission and underwent rehabilitation between June 2018 and December 2020. HAD was defined as a decrease of more than 5 points in the total Barthel index score at discharge compared to that before admission. Multiple regression analysis was performed to examine the influence of HAD on the length of hospital stay.

Results: Of 66 patients analyzed (median age 77 years, 47 males), 32 (48%) had HAD. In multiple regression analysis, HAD was identified as an independent determinant of the length of hospital stay ($\beta = 0.34$, 95% confidence interval = 3.86–25.52).

Conclusion: We found that HAD occurred at a high rate in patients with interstitial lung disease and affected clinical outcomes, including the length of hospital stay.

Key Words: Interstitial lung disease, Hospital-acquired disability, Length of hospital stay

研究論文 (原著)

被殻出血および視床出血患者の急性期 Computed Tomography 画像から深層残差ネットワークにより 発症3ヵ月後の歩行自立を予測する* —後ろ向きコホート研究—

中口拓真^{1) #} 石本泰星²⁾ 宮川祐希¹⁾ 西村 淳¹⁾ 近藤義剛¹⁾

要旨

【目的】被殻・視床出血患者の急性期 CT 画像から、発症3ヵ月後の歩行自立を予測すること。【方法】回復期リハビリテーション病棟に入院していた被殻・視床出血患者134名を対象とした。CT 画像は発症後12時間以内に撮影されたものを使用し、深層残差ネットワークにより発症3ヵ月後の歩行自立を予測した。予測精度としてC統計量、感度、特異度、F値、Matthews Correlation Coefficient (以下、MCC) を算出した。【結果】予測精度 [平均値 (95%CI)] は、C統計量0.89 (0.70 - 0.94)、感度0.91 (0.76 - 0.95)、特異度0.83 (0.69 - 0.88)、F値0.87 (0.80 - 0.92)、MCC 0.82 (0.76 - 0.89) であった。【結論】被殻・視床出血患者の急性期 CT を用いて、発症3ヵ月後の歩行自立を予測できる可能性がある。

キーワード 脳卒中, 歩行, 機械学習, 深層残差ネットワーク, 予後予測

はじめに

本邦での脳卒中後のリハビリテーションは回復期リハビリテーション病棟 (以下、回復期病棟) で行われることが多く、回復期病棟では脳卒中患者の割合が多い¹⁾。回復期病棟は限られた期間内で集中的リハビリテーションを実施し、自宅や社会へ戻ることを目的とした病棟である。近年、回復期病棟では在院日数や Functional Independence Measure (以下、FIM) 利得から計算した実績指数の基準が厳正化し、少ない入院日数で高い FIM を求められるようになった。早期退院をめざすうえで、考慮すべき点のひとつに、患者の歩行能力がある。患者の歩行自立の有無により、退院先での生活様式や家屋環境の調整、退院後の介護サービスの設定が異なる。その

ため、回復期病棟へ入棟した後、早期に中長期的な歩行能力を予測した目標を設定することは、早期退院を目指すうえで重要となる。

脳卒中後の歩行や運動能力には、尾状核²⁾、被殻後外側³⁾、放射冠後部および内包⁴⁾ が関連している。淡蒼球は、小脳と接続し歩行のようなオートマチックな運動において小脳の興奮性効果とのバランスを取りながら抑制的に働いている⁵⁾。また、脚橋被蓋核、小脳、線条体、補足運動野、運動前野を連絡する経路は、歩行の開始や運動リズム、または姿勢筋緊張の調節に関与する⁶⁾。そして、脳病変の大きさは脳卒中患者の機能回復に影響する⁷⁾。これらの先行研究を考慮すると、歩行には様々な脳領域が関与しており、各脳領域とその損傷程度を合わせて評価することが必要となる。しかし、これらの脳領域や損傷部位、損傷率から予後予測を行うには、正確に情報を読み取る必要があり豊富な経験を要する。また、損傷部位を解析するために用いられている単一光子放射断層撮影法 (Single Photon Emission Computed Tomography ; SPECT) は、一般的に臨床現場では用いられていない。そのため、簡易な方法による予後予測を実施する必要がある。

脳卒中患者の歩行自立の予測に関して、The Time to

* Prediction of Walking Independence 3 Months after Onset by Deep Residual Network from Acute Computed Tomography Images in Patients with Capsular and Thalamic Hemorrhage: A Retrospective Cohort Study

1) 社会医療法人三車会 貴志川リハビリテーション病院 (〒640-0401 和歌山県紀の川市貴志川町丸栖 1423-3) Takuma Nakaguchi, PT, Yuki Miyagawa, PT, Atsushi Nishimura, PT, Yoshitake Kondo, PT: Department of Rehabilitation, Kishigawa Rehabilitation Hospital

2) 赤ひげクリニック Taisei Ishimoto, PT: Akahige Clinic

E-mail: nakaguchi.pt@gmail.com (受付日 2021年6月2日/受理日 2021年9月2日) [J-STAGEでの早期公開日 2021年11月10日]

Walking Independently after STroke (以下, TWIST) アルゴリズムが報告されている⁸⁾。TWIST は、発症 1 週間後の Trunk Control Test (以下, TCT) と股関節伸筋筋力検査 (Medical Research Council for hip extension; 以下, MRC) から発症 12 週間後の歩行自立を高い精度で予測している。しかし, TWIST では、対象者数が 48 名と少なく, TCT 37 点以下, MRC 3 以上で歩行自立となった者は 3 名のみであり, その予測精度には偏りが大きい。また, インフォームド・コンセントが困難なコミュニケーション障害がある者を除外基準として設けている。コミュニケーション障害は, TCT や MRC の検査や研究に対するインフォームド・コンセントを行ううえでの弊害となるため, 除外基準としては妥当である。しかし, 脳卒中患者においては発症後にコミュニケーション障害を有する者は多く存在することから, それらを考慮した予後予測指標が必要である。

近年, 人工知能に関連した分野である機械学習が注目されている。機械学習は, 画像や動画などを数値データに変換し, 解析することで予後予測や診断の補助を目的とした医学研究で数多く報告されている⁹⁻¹¹⁾。Ehteshami ら¹²⁾ は, 乳がん患者 129 名の病理画像診断において, ディープラーニングという機械学習手法により作成した予測モデルと豊富な経験をもつ病理医 11 名による診断精度を比較した。その結果, 診断精度は同等であったが, 診断に要した時間は, 病理医が 30 時間であったのに対し, 機械学習による予測モデルは 2 時間であり, 機械学習による予測モデルの方が効率は高いことを報告した。そのため, 脳画像による歩行機能予測においても, 機械学習を用いることで, 客観的かつ効率的に予後予測ができる可能性がある。

Nawabi ら¹³⁾ は, 急性期の脳出血患者の Computed Tomography (以下, CT) 画像から, 平均 14 日後の modified Rankin Scale (以下, mRS) を, 機械学習のアルゴリズムを使用して予測した。その結果, C 統計量 0.8, 感度 0.74, 特異度 0.76 であったと報告している。しかし, 中長期的な予後について報告した研究は存在しない。

急性期から中長期的な歩行自立を予測することは, リハビリテーションを提供するうえで, 治療選択や退院後の生活環境の設定に有益な情報を付与するものと考えられる。そこで, 本研究では, 発症頻度および運動障害と感覚障害, 高次脳機能障害を引き起こし歩行障害となる可能性が高い被殻出血患者と視床出血患者を対象に, 急性期の CT 画像から機械学習により発症 3 ヶ月後の歩行自立を試験的に予測することを目的とした。

対象と方法

1. 対象

対象は, 2018 年 12 月～2021 年 4 月 30 日に貴志川リハビリテーション病院の回復期病棟を退院した初発の被殻出血および視床出血患者とした。そのうち, 18 歳以下, 脳腫瘍, 進行性の神経学的疾患, 発症前から歩行が困難であった者, 血腫除去術を行った者を除外した 134 名を対象とした。本研究は, 貴志川リハビリテーション病院の倫理委員会の承認 (承認番号: 5) を得ている。

2. 調査・測定

対象者の属性として, 年齢, 性別, Body Mass Index (BMI), チャールソン併存疾患指数 (Charlson Comorbidity Index; CCI), 出血側 (右脳, もしくは左脳), 発症から回復期病棟退院までの日数, 回復期病棟での 1 日あたりのリハビリテーション単位数, 抗血小板薬の有無, 抗血液凝固薬の有無を診療録から調査した。また, 発症後 12 時間以内の脳の CT 画像から, 血腫量と脳室内出血の有無を調査した。血腫量の算出は, 電子診療録上で行い, 血腫の最大の長径 (cm) × 長径に直行する短径 (cm) × スライス厚 (cm) × 1/2 の計算式を用いて算出した。日常生活自立度の指標として, 回復期病棟入棟時と退院時の FIM の運動スコアと認知スコアを調査した。また, 歩行自立は, 発症 3 ヶ月後の FIM 運動スコアの移動項目が歩行で 6 点以上の者を歩行自立群, 5 点以下のものを歩行非自立群と定義した。

認知機能の評価として, レーヴン色彩マトリックス検査 (Raven's Colored Progressive Matrices; 以下, RCPM) スコアを調査した。高次脳機能障害については, 半側空間無視の有無, 運動性失語症の有無, 感覚性失語症の有無を調査した。半側空間無視は, 行動性無視検査 (Behavioural Inattention Test; BIT) の通常検査で 131 点以下の者とした。運動性失語症の有無, 感覚性失語症の有無については診療録から調査した。

3. CT 画像と前処理

被殻出血患者の CT 画像から損傷領域と損傷の程度を分析した先行研究¹⁴⁾と同様に側脳室レベル (脳梁膨大レベル, 脳梁体部レベル) と松果体レベルの CT 画像を用いた。CT 画像は発症後 12 時間以内に撮影されたものとした。CT 画像は, 本研究の対象施設以外の急性期病院で撮影したものであるため, 撮影機器により画像の解像度が異なる可能性がある。そのため, 解析前の前処理として, 診療録から取り出した CT 画像を縦横 512 ピクセルのグレースケールのデジタル画像に縮小した。デジタル画像には, 肉眼では確認できないノイズが存在する。CT 画像のデータを解析用コンピュータに移動させ

る際にも、わずかにノイズが生じる可能性がある。そのため、CT 画像をガウシアンフィルターで平滑化、ノイズの除去を実施した。これらの前処理を行うことで、CT 画像撮影機器の種類や解像度の違いを理論上、取り除くことができる。

グレースケールのデジタル画像は、1 ピクセルが 0 ~ 255 までの 256 パターンで表現される。縦横 512 ピクセルのグレースケール画像の場合は、合計 262,144 ピクセルであり、1 枚のデジタル画像であっても膨大な情報量を有している。そのため、CT 画像をすべて数値データに変換した。CT 画像の前処理には、OpenCV version 3.4 (インテル社製) を使用した。

5. 機械学習

歩行自立予測のためのディープラーニングフレームワークは、深層残差ネットワーク (Deep Residual Network; 以下, ResNet) とした。ディープラーニングフレームワークとは、ディープラーニングに必要なプログラムを組み合わせることで演算処理を円滑にするためのソフトウェアである。ResNet は、画像認識の分野において、もっとも高い精度を有する機械学習のアルゴリズムのひとつであり、脳画像と機械学習の分野において多く使用されている¹⁵⁻¹⁸⁾。

ResNet とは、ニューラルネットワーク (Neural Network; 以下, NN) という生物の神経系をモデルとした数理モデルを発展させたものである。NN は、シナプスの結合により、ネットワークを形成した人工ニューロンが、問題解決能力をもつような予測モデル全般をさす。NN の作成には、本研究のような CT 画像と FIM のように教師となるデータが存在する教師あり学習と、教師データが存在しない教師なし学習がある。教師あり学習の場合は、教師データをより深く学習することで、予測モデルの精度が向上する。一般的に、ディープラーニングと呼ばれる数理モデルは、人工ニューロンの構造が 4 層以上のものである。本研究で用いた ResNet は、NN の中でも画像認識の分野においてもっとも深く学習させることのできる解析手法であり、通常の NN では深く学習させることができないような問題であっても、深く学習させることが可能である。ResNet は、152 層以上もの深い学習を実施できる。しかし、深く学習させすぎるとは、教師データのみで精度がよくなり、テストデータでは高い精度を担保できず、汎化性能が落ちる場合がある。そのため、本研究では ResNet の中では浅い、18 層の ResNet を用いて予測モデルを作成した。ResNet のような機械学習の特徴は、自律的にアウトカムの特徴量を抽出することである。つまり、歩行自立していた患者の CT 画像と歩行非自立であった患者の CT 画像の特徴を自律的に抽出することができる。そのため、損傷部

位や病巣のみを取り出して解析対象とした場合、機械学習の強みを低下させる可能性がある。本研究では損傷部位や病巣のみを解析対象とせず、前処理をした CT 画像全体を ResNet の入力層に投入した。

ResNet の構造は、畳み込み層、バッチ正規化、Rectified Linear Unit (以下, ReLu) 関数の組み合わせとした。また、学習させる際に算出された残差 (Residual) は Shortcut connection を通して学習させた。残差 (Residual) を Shortcut connection を通して、学習させることが ResNet とその他の NN との違いであり、ResNet という名前の由来でもある。畳み込み層とは、前処理した CT 画像全体を圧縮することで、データの特徴を抽出する演算手法である。バッチ正規化は、入力された値を正規化することで、学習時の複雑な演算をより円滑に行い、学習速度と精度を向上させる。バッチ正規化を行うためのバッチサイズは 32 とした。バッチサイズとは、ResNet の演算時にパラメーター (重み) の更新を行う間隔のことであり、バッチの設定は演算を高速化することができる。バッチサイズは経験的に 2 の乗数に設定されることが多く、大きいバッチサイズの設定は汎用性能が低下することが人工知能に関する国際会議で報告¹⁹⁾されているため、本研究では、先行研究¹¹⁾でも使用された小さいバッチサイズである 32 と設定した。ReLu 関数とは、ロジスティック回帰などに用いられるシグモイド関数より、結果の精度を高くすることができる手法であり、ResNet などの NN では、一般的に用いられる関数である。損失関数はクロスエントロピーとした。損失関数とは、機械学習における予測値と実測値の誤差を最小化させるために用いる関数であり、なかでも、クロスエントロピーは、もっとも予測値と実測値の誤差を小さくすることができる手法である。

ResNet の出力層は、歩行自立の有無の 2 値化 (歩行非自立: 0, 歩行自立: 1) とした。最適化手法は Adaptive moment estimation (以下, Adam)²⁰⁾ とした。Adam とは、ResNet のような演算量の多い解析手法で、効率的に演算をすすめることが可能であり、演算時のパラメーターの更新をする際に、より適切な更新ができる²⁰⁾。機械学習には、PyTorch version 1.6 (Facebook 社製) を使用した。機械学習のフローチャートを図 1、ResNet の構造を図 2 に示す。

6. 交差検証

予測モデルの交差検証は、独立したテストデータと学習用データ、検証用データを使用した k-fold cross validation で行った。まず、134 名の対象者のうち、34 名を無作為に抽出し、テストデータとした。次に、その他の 100 名のデータを無作為に 5 分割にした。そのうち 4 個のサブセットで学習データ、残りの 1 個のサブセットを

検証用データとするという作業をすべての組み合わせに対して行った。また、2 番目の検証用データを使用し、ベイズ最適化を実施した。ベイズ最適化とは、不確かさを利用して次に探索を行うべき値を探していく最適化アルゴリズムである。つまり、学習用データで得られた事前確率を確認し、2 番目の検証用データを使用して、機

械学習の演算を微調整する手法である。ベイズ最適化手法は、すべてオートマチックに実施した。データから無作為に分割する際には、ランダムシード値を固定し、コンピュータ上で乱数を発生させることにより分割した。

7. 統計解析

すべての対象者属性データについて、正規性を確認し、正規性が確認できた場合は、平均値と標準偏差を、正規性が確認できない場合は、中央値と四分位範囲を求めた。次に、歩行自立群と歩行非自立群において、連続変数については、正規性が確認できた場合は、対応のない t 検定を実施し、正規性が確認できない場合は、マンホイットニーの U 検定を実施した。また、カテゴリカルデータは、 χ 二乗検定を実施した。

次に、k-fold cross validation で作成された 5 つの予測モデルについて、テストデータを使用した受信者動作特性曲線 (Receiver Operating Characteristic curve ; 以下、ROC 曲線) を作成した。

予測モデルの評価については、ROC 曲線の曲線下面積として表される C 統計量、混同行列による感度、特異度、陽性・陰性適中率、F 値、Matthews Correlation Coefficient (以下、MCC) とした。これらの精度は、5 つの予測モデルによるテストデータの平均値と 95% 信頼区間を採用した。F 値とは、感度と適合率 (Precision) の調和平均であり、0 ~ 1 の数値で表され、1 に近いほど予測モデルの分類性能が高いことを示す。MCC とは、予測値と実測値が完璧にマッチすると +1、完全に不一致であると -1、ランダムな予測であると 0 となる。MCC は、F 値のように感度と適合率のみではなく、混同行列全体

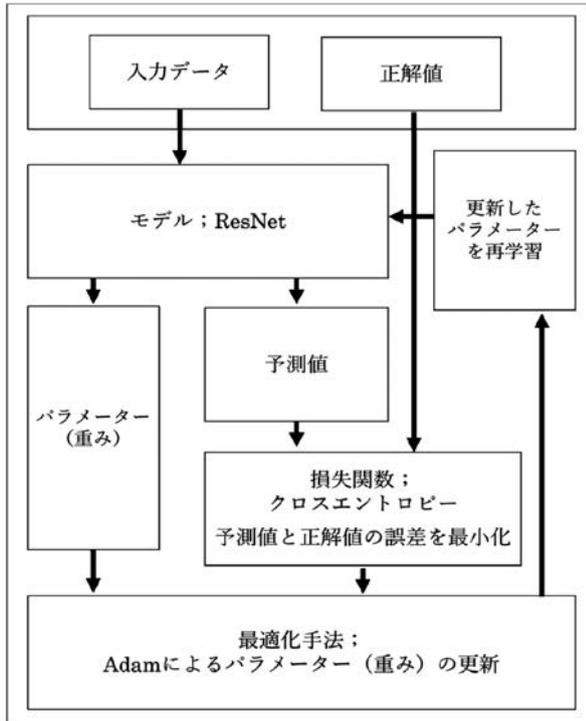


図 1 機械学習のフローチャート
ResNet : Residual Network
Adam : Adaptive moment estimation

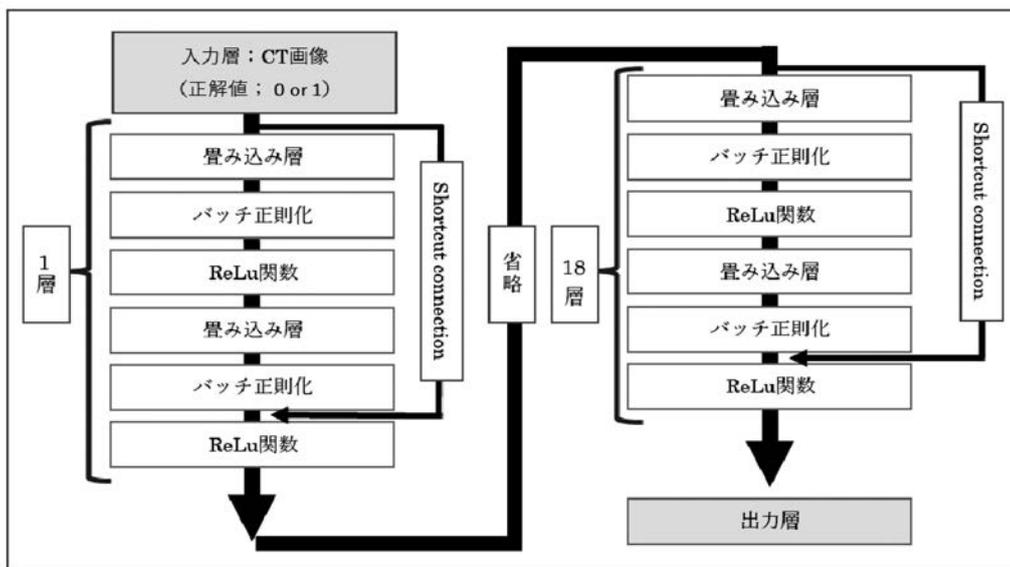


図 2 ResNet の構造
CT : Computed Tomography
ResNet : Residual Network
ReLU : Rectified Linear Unit

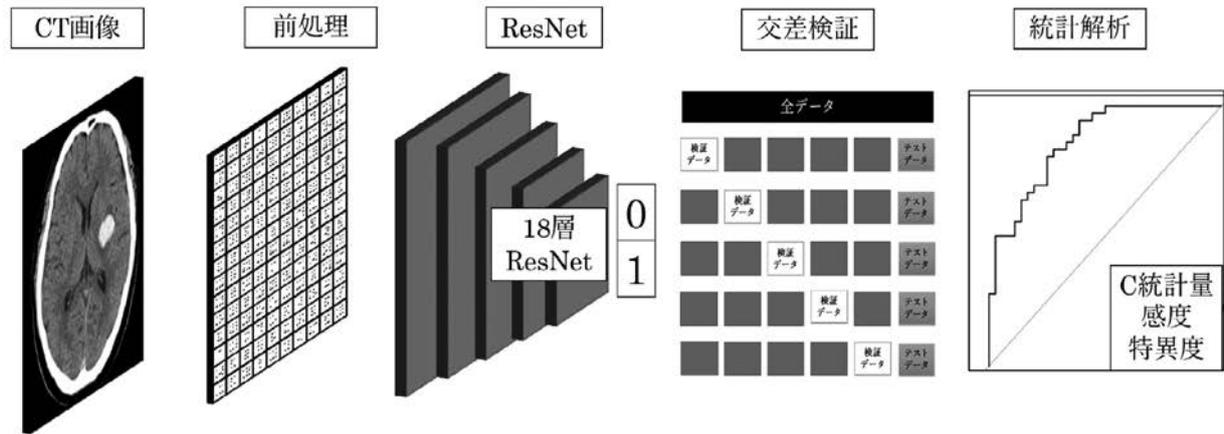


図3 本研究における主要解析手順
CT : Computed Tomography
ResNet : Residual Network

表1 対象者属性 (n = 134)

項目	歩行自立 (n = 87)	歩行非自立 (n = 47)	p 値
年齢 [歳]	74.9 (7.6)	83.4 (10.1)	<0.01
性別, 女性 [n]	34 (39.1)	23 (48.9)	0.34
BMI [kg/m ²]	21.5 (19.3 - 23.5)	22.8 (18.2 - 24.0)	0.51
CCI [点]	1 (1 - 3)	1 (1 - 3)	0.83
出血側, 右 [n]	39 (44.8)	28 (59.6)	0.67
発症から回復期病棟退院までの日数 [日]	53.4 (20.8)	89.6 (26.2)	<0.01
リハビリ実施単位 [単位]	7.42 (1.8)	7.89 (2.1)	0.91
抗血液凝固薬の有無 [n]	5 (5.7)	4 (8.6)	0.27
抗血小板薬の有無 [n]	12 (13.8)	9 (19.1)	0.28
血腫量 [ml]	11.6 (5.6)	27.4 (19.9)	<0.01
脳室内出血の有無 [n]	5 (5.7)	11 (23.4)	<0.01
入院時 FIM 運動スコア [点]	46.2 (21.7)	37 (14.3)	<0.01
入院時 FIM 認知スコア	25.9 (8.8)	18.9 (10.9)	<0.01
退院時 FIM 運動スコア	76.9 (21.1)	56.8 (17.5)	<0.01
退院時 FIM 認知スコア	27.2 (7.4)	20.5 (9.8)	<0.01
RCPM [n (%) / 点]	検査困難 4 (4.6) / 24.5 (5.7)	検査困難 12 (25.5) / 16.2(7.7)	0.02
半側空間無視の有無 [n]	7 (8.0)	18 (38.3)	<0.01
運動性失語症の有無 [n]	14 (16.1)	14 (29.8)	<0.01
感覚性失語症の有無 [n]	12 (13.8)	13 (27.7)	<0.01

n(%), もしくは, 平均値 (標準偏差), 中央値 (四分位範囲)

BMI : Body Mass Index

CCI : Charlson Comorbidity Index

FIM : Functional Independence Measure

RCPM : Raven's Colored Progressive Matrices

の精度を考慮した指標である。つまり, MCC は, 感度も特異度も考慮した場合の精度の指標であり, 予測モデルによる分類能がどの程度であるかを示す。統計学的解析には, 統計ソフト R 4.02 を使用し, 統計学的有意水準は 5% とした。本研究のデータ解析手順は複雑であるため, 主要解析手順を図 3 に示す。

結 果

対象者の属性と群間比較を表 1 に示す。対象者属性のうち, 年齢, 発症から回復期病棟退院までの日数, 血腫量, 脳室内出血の有無, 入院時 FIM 運動スコア, 入院時 FIM 認知スコア, 退院時 FIM 運動スコア, 退院時

表 2 テストデータによる歩行自立の予測精度

C 統計量	0.89 (0.70 - 0.94)
感度	0.91 (0.76 - 0.95)
特異度	0.83 (0.69 - 0.88)
陽性適中率	0.89 (0.77 - 0.91)
陰性適中率	0.90 (0.78 - 0.94)
F 値	0.87 (0.80 - 0.92)
MCC	0.82 (0.76 - 0.89)

平均値 (95% 信頼区間)

MCC : Matthews Correlation Coefficient

FIM 認知スコア, RCPM, 半側空間無視の有無, 運動性失語の有無, 感覚性失語の有無で統計学的に有意な差があった。

テストデータの予測精度 [平均値 (95% 信頼区間)] は, C 統計量 0.89 (0.70 - 0.94), 感度 0.91 (0.76 - 0.95), 特異度 0.83 (0.69 - 0.88), 陽性適中率 0.89 (0.77 - 0.91), 陰性適中率 0.90 (0.78 - 0.94), F 値 0.87 (0.80 - 0.92), MCC 0.82 (0.76 - 0.89) であった (表 2)。

考 察

被殻出血および視床出血患者の発症 12 時間以内の CT 画像から, ResNet により発症 3 ヶ月後の歩行自立を予測した。その結果, 発症 3 ヶ月後の歩行自立を予測可能であることが示唆された。予測精度に関しても, C 統計量 0.89, 感度 0.91, 特異度 0.83 と高い識別精度であった。また, F 値と MCC もそれぞれ 0.87, 0.82 と高値であり, 予測モデルの識別精度が高いことを示した。

ResNet のような機械学習と脳画像を用いた研究では, 疾患を予測するものが多く存在する²¹⁻²³⁾。本研究は, 被殻出血および視床出血患者から機械学習により, 中長期的な歩行機能を予測した最初の報告である。これまでの脳画像を用いて運動機能を予測した先行研究では, 拡散テンソル画像 (Diffusion Tensor Imaging; 以下, DTI) を用いて, 皮質脊髄路の損傷度合いを評価したものが報告されている²⁴⁾²⁵⁾。しかし, 歩行自立は Fugl-Mayer Assessment (以下, FMA) のようなアウトカムと異なり, 単純に麻痺の回復度合いだけではなく, 空間無視や注意機能低下, または失行など高次脳機能障害による影響を受ける。DTI を用いた先行研究では, 神経線維の損傷度合いを評価するに留まり, 高次脳機能障害の影響は考慮されていない。また, 脳卒中後における運動機能の予測には発症初期の FMA が用いられる²⁶⁾²⁷⁾。しかし, 本邦においては, 急性期病院からの情報提供書に FMA が記載されていることは少なく, 回復期病棟での運動機能の予測は経験則によるものが多い。これらに対し, CT 画像などの脳画像は, 脳出血を診断する際に必ず撮

影するものであり, 患者の大多数は急性期病院から回復期病院への情報提供がある。そのため, 急性期病院での情報から予後予測が可能になる。本研究における予測精度は, 脳出血後の CT 画像から 14 日後の mRS を予測した先行研究¹³⁾ の予測精度 (C 統計量 0.8) と同等であった。また, 本研究における予測モデルは, CT 画像のみで予後予測が可能であるため, 失語などコミュニケーション障害を有する患者においても予後予測が可能である。

一方で, TWIST⁸⁾ のように発症後 1 週間の動作能力や筋力から予後予測を行う手法の方が臨床場面に適している場合がある。しかし, 失語や失行などの高次脳機能障害やコミュニケーション障害により, 検査ができない場合や正確な動作能力と筋力の計測が困難な場面も多く経験する。このような場合は, 本研究で行った CT 画像を用いた機械学習による予後予測に利点があると考えられる。

対象者属性データでは, 年齢, 血腫量, 脳室内出血の有無, 入院時 FIM 運動スコア, 入院時 FIM 認知スコア, RCPM, 半側空間無視の有無, 運動性失語の有無, 感覚性失語の有無には統計学的な有意差を認めた。これまでの解析方法とは異なり, CT 画像全体を解析している点から, 様々な脳出血に伴う症状や機能低下を捉えている可能性がある。一般的に, 認知機能検査は, Mini-Mental State Examination (以下, MMSE) を実施することが多い。本研究では, 失語症を有する患者も対象としたことから言語性の項目が多い MMSE を実施できない症例が多く存在する。そのため, 失語症を有する対象の認知機能検査として用いられることが多い RCPM を認知機能のアウトカムとした。しかし MMSE ほどではないものの, RCPM においても言語機能の影響を受ける項目も存在することから高い妥当性が担保されているとは言いがたく, 結果は慎重に解釈すべきであろう。しかし, 脳画像からアルツハイマー病や統合失調症を機械学習により予測した報告²⁸⁾²⁹⁾ が存在し, 脳画像を用いた機械学習による予測は, 運動能力以外に認知機能や高次脳機能障害も捉えている可能性が高い。これは認知機能検査や高次脳機能障害の検査が不要であるという解釈ではなく, 脳画像には認知機能や高次脳機能を含んだ多くの情報が内包されており, 機械学習による予後予測は, これらの情報も考慮した結果であると考えられる。したがって, CT 画像を用いた機械学習による歩行自立予測には運動機能のみではなく, 高次脳機能障害の存在も影響を与えているものと予想する。しかし, その他の認知機能や高次脳機能障害の検査, または FMA や歩行能力など運動麻痺や身体機能の重症度を変数として取り入れることで, 予後予測精度がさらに向上するかは不明であるため今後の検討課題である。本研究では ResNet の入力層において, 側脳室レベルと松果体レベルの 2 変数の CT 画

像を用いて解析を行った。対象者は初発の被殻出血、および視床出血患者であり、発症前に歩行が困難であった者を除外していることから、脳幹部や小脳など、その他の部位のCT画像の影響は小さいと考える。また本研究におけるサンプルサイズの妥当性については、脳出血患者のCT画像を用いた機械学習によりmRSを予測した研究¹³⁾における解析対象者が151名であり、本研究での解析対象者数と大きな差はない。また、交差検証ではResNetによる予測モデル作成時にテストデータを使用しておらず、予測モデルの精度を確認するためだけに使用した。このことから、予測精度を保守的に算出しており、過剰適合についても大きな問題はないと考える。しかし、脳画像などのデジタル画像データを使用した先行研究¹⁶⁾¹⁷⁾では、本研究と比較して大規模なサンプルサイズである。よってサンプルサイズを増加させることは、本研究の結果の一般可能性を高めるものと予想する。

回復期病棟では、最大9単位のリハビリテーションを実施できる。本研究では、1日平均7.42 - 7.89単位の理学療法を含む積極的なりハビリテーションを実施しており、この介入効果を大きく受けていることが考えられる。そのため、回復期病棟で積極的にリハビリテーションを実施した入院中の被殻出血および視床出血患者に適応できるものであり、地域包括病棟や自宅退院をした患者には適応できない。しかし、本邦では脳出血を発症した後に急性期病院から地域包括病棟への転院や自宅退院する者は、比較的歩行能力が保たれている場合が多いため、歩行自立を予測する必要性は高くないと考える。

本研究ではいくつかの限界がある。1つめは、機械学習を使用した解析であるため、回帰分析の予測式のように、解析してすぐに使用できない点である。これは、アプリケーションとして電子診療録に実装することで使用が可能になると考える。2つめは、詳細な高次脳機能障害のアウトカムを調査していない点である。失語症の有無や半側空間無視の有無だけではなく、その重症度やウェクスラー成人知能検査、コース立方体組み合わせテストのような知能検査、または失行症など高次脳機能検査は数多く存在する。今後は、より詳細な高次脳機能のアウトカムを取り入れる必要がある。3つめは予測モデルを使用することによる臨床現場での価値を評価できていないことである。退院時の歩行自立予測をすることが在院日数の短縮や家屋環境の準備へ与える影響を調査する必要がある。

今後の展望として、ResNetなどのニューラルネットワークは、歩行自立の有無のような線形に近い変数のみでなく、より複雑な事象を分類することも可能である。たとえば、血腫量が多い場合や、非常に高い年齢であっても歩行自立に至った症例、重度の高次脳機能障害を有するものの歩行が自立した症例であり、これらの複雑な

要因を解決するためには、血腫量や年齢による層別化を実施することや、詳細な高次脳機能評価を取り入れて解析する必要がある。今後は、サンプルサイズを増加させつつ、層別化した予測モデルや歩行見守り、または転倒リスクを含めた多クラスの予測も行う必要がある。

結 論

本研究では、被殻出血および視床出血患者の急性期CT画像を用いて、発症3ヵ月後の歩行自立を試験的に予測した。その結果、高い精度で予測が可能であることが示唆された。しかし、高次脳機能検査について詳細な検査が乏しいことや、予測モデルによる価値を検証しておらず、結果の解釈には注意が必要である。

利益相反

本研究における開示すべき利益相反はない。

謝辞：本研究の実施にあたり、ご協力いただいた貴志川リハビリテーション病院のスタッフの皆さまに深謝いたします。

文 献

- 1) 宮井一郎：全国実態調査からみる2020年度診療報酬改定。回復期リハビリテーション協会機関誌。2020; 19: 18-27.
- 2) Kyoung B, Joon S, *et al.*: Clinical recovery from stroke lesions and related outcomes. *J Clin Neurosci.* 2017; 37: 79-82.
- 3) Lisa DA, Sandra E, *et al.*: Association between gait asymmetry and brain lesion location in stroke patients. *Stroke.* 2009; 40: 537-544.
- 4) Chen C, Tang F, *et al.*: Brain lesion size and location: effects on motor recovery and functional outcome in stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000; 81: 447-452.
- 5) Marco I, Giovanni M, *et al.*: Loss of fractal gait harmony in Parkinson's Disease. *Clin Neurophysiol.* 2016; 127: 1540-1546.
- 6) Moran G, Peter T, *et al.*: Dopamine depletion impairs gait automaticity by altering cortico-striatal and cerebellar processing in Parkinson's disease. *Neuroimage.* 2017; 15: 207-220.
- 7) Katarzyna K, Andrzej W, *et al.*: Associations between gait patterns, brain lesion factors and functional recovery in stroke patients. *Gait Posture.* 2012; 35: 214-217.
- 8) Smith M, Barber P, *et al.*: The TWIST Algorithm Predicts Time to Walking Independently After Stroke. *Neurorehabil Neural Repair.* 2017; 31: 955-964.
- 9) Teo Y, Lim I, *et al.*: Predicting Clinical Outcomes in Acute Ischemic Stroke Patients Undergoing Endovascular Thrombectomy with Machine Learning: A Systematic Review and Meta-analysis. *Clin Neuroradiol.* 2021; Online ahead of print. <https://link.springer.com/article/10.1007%2Fs00062-020-00990-3>.
- 10) Wang W, Kiik M, *et al.*: A systematic review of machine learning models for predicting outcomes of stroke with structured data. *PLoS One.* 2020; 12: e0234722.
- 11) Murray N, Unberath M, *et al.*: Artificial intelligence to diagnose ischemic stroke and identify large vessel

- occlusions: a systematic review. *J Neurointerv Surg.* 2020; 12: 156-164.
- 12) Ehteshami B, Veta M, *et al.*: Diagnostic Assessment of Deep Learning Algorithms for Detection of Lymph Node Metastases in Women With Breast Cancer. *Jama.* 2017; 338: 2199-2210.
 - 13) Nawabi J, Knieso H, *et al.*: Imaging-Based Outcome Prediction of Acute Intracerebral Hemorrhage. *Transl Stroke Res.* 2021; 6: 891-898.
 - 14) 澤島佑規, 矢部広樹, 他: 被殻出血患者における各脳領域の損傷度による歩行自立度の予後予測. *理学療法学.* 2018; 45: 218-226.
 - 15) Yang C, Guo X, *et al.*: Automatic Brain Tumor Segmentation Method Based on Modified Convolutional Neural Network. *Annu Int Conf IEEE Eng Med Biol Soc.* 2019; 41: 998-1001.
 - 16) Lu S, Wang S, *et al.*: Detecting pathological brain via ResNet and randomized neural networks. *Heliyon.* 2020; 6: e05625.
 - 17) Zeineldin R, Karar M, *et al.*: DeepSeg: deep neural network framework for automatic brain tumor segmentation using magnetic resonance FLAIR images. *Int J Comput Assist Radiol Surg.* 2020; 15: 909-920.
 - 18) Korfiatis P, Kline T, *et al.*: Residual Deep Convolutional Neural Network Predicts MGMT Methylation Status. *J Digit Imaging.* 2017; 30: 622-628.
 - 19) International Conference on Learning Representations homepage: On Large-Batch Training for Deep Learning: Generalization Gap and Sharp Minima. <https://openreview.net/forum?id=H1oyRlYgg>. (2021年5月4日引用)
 - 20) International Conference on Learning Representations homepage: Adam: A Method for Stochastic Optimization. <https://arxiv.org/pdf/1412.6980.pdf>. (2021年5月4日引用)
 - 21) Cuocolo B, Cipullo M, *et al.*: Machine learning applications in prostate cancer magnetic resonance imaging. *Eur Radiol Exp.* 2019; 7: 35.
 - 22) Nindrea R, Aryandono T, *et al.*: Diagnostic Accuracy of Different Machine Learning Algorithms for Breast Cancer Risk Calculation: a Meta-Analysis. *Asian Pac J Cancer Prev.* 2018; 27: 1747-1752.
 - 23) Syed Muhammad, Muhammad M, *et al.*: Medical Image Analysis Using Convolutional Neural Networks: A Review. *J Med Syst.* 2018; 8: 226.
 - 24) Cassidy J, Tran G, *et al.*: Neuroimaging Identifies Patients Most Likely to Respond to a Restorative Stroke Therapy. *Stroke.* 2018; 49: 433-438.
 - 25) Jayatam G, Stagg C, *et al.*: Relationships between functional and structural corticospinal tract integrity and walking post stroke. *Clin Neurophysiol.* 2012; 123: 2422-2428.
 - 26) Smith M, Byblow W, *et al.*: Proportional Recovery From Lower Limb Motor Impairment After Stroke. *Stroke.* 2017; 48: 1400-1403.
 - 27) Vliet R, Selles R, *et al.*: Predicting Upper Limb Motor Impairment Recovery after Stroke: A Mixture Model. *Ann Neurol.* 2020; 87: 383-393.
 - 28) Nakagawa T, Ishida M, *et al.*: Prediction of conversion to Alzheimer's disease using deep survival analysis of MRI images. *Brain Commun.* 2020; 2: 057.
 - 29) Yassin W, Nakatani H, *et al.*: Machine-learning classification using neuroimaging data in schizophrenia, autism, ultra-high risk and first-episode psychosis. *Transl Psychiatry.* 2020; 10: 278.

〈Abstract〉**Prediction of Walking Independence 3 Months after Onset by Deep Residual Network from Acute Computed Tomography Images in Patients with Capsular and Thalamic Hemorrhage: A Retrospective Cohort Study**

Takuma NAKAGUCHI, PT, Yuki MIYAGAWA, PT, Atsushi NISHIMURA, PT, Yoshitake KONDO, PT
Department of Rehabilitation, Kishigawa Rehabilitation Hospital

Taisei ISHIMOTO, PT
Akahige Clinic

Objective: To predict walking independence in patients with capsular and thalamic hemorrhage three months after symptom onset using acute phase computed tomography (CT) images.

Methods: A total of 134 patients with capsular and thalamic hemorrhage, who were admitted to a rehabilitation ward, were included in the study. CT images were taken within 12 hours after symptom onset, and a deep residual network was used to predict walking independence three months after symptom onset. The C statistic, sensitivity, specificity, F value, and Matthews Correlation Coefficient (MCC) were calculated to determine prediction accuracy.

Results: The prediction accuracy [mean value (95% CI)] calculated from the C statistic, sensitivity, specificity, F value, and MCC was 0.89 (0.70 – 0.94), 0.91 (0.76 – 0.95), 0.83 (0.69 – 0.88), 0.87 (0.80 – 0.92), and 0.82 (0.76 – 0.89), respectively.

Conclusion: Acute phase CT image findings of patients with capsular and thalamic hemorrhage can be used to predict walking independence three months after symptom onset.

Key Words: Stroke, Gait, Machine learning, Deep Residual Network, Prediction

症例研究

心臓移植患者に対する回復期外来心臓リハビリテーションの補助としての神経筋電気刺激療法の効果*

—シングルケースデザインを用いた検討—

瀬古博正^{1) #} 加藤倫卓²⁾ 小野慎太郎¹⁾
海野真弓¹⁾ 表俊也¹⁾ 表信吾¹⁾

要旨

【目的】心臓移植（以下、心移植）患者の外来心臓リハビリテーション（以下、心リハ）に神経筋電気刺激療法（以下、NMES）を加え、身体機能改善に相乗効果があるかを検証した。【方法】症例は40歳代男性。心移植後から心リハを開始した。研究デザインはA（基礎水準期）-B（介入期）-A（基礎水準期）とし、各期間を8週間とした。測定点は0週目、8週目、16週目、24週目とした。週1回の心リハに加えて、介入期のみ下肢に対するNMESを50分/日、週5回実施した。【結果】嫌気性代謝閾値は（16.7, 20.6, 22.8, 17.9）mL/kg/min、下肢筋力は（0.69, 0.70, 0.76, 0.74）%BW、通常歩行速度は（1.17, 1.36, 1.41, 1.37）m/sと変化した（それぞれ0週目、8週目、16週目、24週目）。【結論】心移植患者の心リハにNMESを加えることで、身体機能の改善に寄与する可能性が考えられた。

キーワード 心臓移植、外来心臓リハビリテーション、神経筋電気刺激療法

はじめに

日本における心移植件数は、2010年の改定臓器移植法が施行されて以来、漸増し続けており、その総数は改定前と比較して数倍となっている¹⁾。日本心臓移植研究会の報告によると、本邦における移植者の平均年齢は38.9歳とされており¹⁾、若年者が多いことから移植後は早期に就学や社会復帰を果たすことが目標のひとつとなる。

しかし、心移植術の適応は、New York Heart Association functional classification (NYHA) 分類Ⅲ度以上かつ、最高酸素摂取量 (peak $\dot{V}O_2$) が14 mL/kg/min以下を満たしていることなどが条件となっており、移植

以前から運動耐容能は極度に低下している¹⁾²⁾。また、重度の心機能の低下から待機期間中に補助人工心臓を使用している例も多く、待機が長期にわたると慢性心不全に伴う骨格筋の代謝異常に加えて、身体の変容を起し、重度の運動機能低下や運動時の易疲労性を起こす症例も少なくない²⁾。これらのことより、心移植後は運動機能や運動耐容能が低下している場合が多く³⁾⁴⁾、早期社会復帰の観点から、心リハによる包括的かつ継続的な介入が必要と考えられる。先行研究によると、移植後における心臓リハビリテーションは運動耐容能や下肢筋力の改善に有効であるとされている⁵⁾、心移植後は免疫抑制による易感染性状態であり、心移植後の感染症の多くは1年以内に発症していることや、免疫抑制療法が強化されている6ヵ月以内に感染症を発症する頻度が高いとされていることから、頻回かつ集団での運動療法プログラムへの参加や積極的な屋外での運動は、感染リスクを高める可能性があり難しいことがある⁶⁾。

心移植患者は、長期にわたる心不全状態の経過から運動耐容能が低下している場合が多く、その規定因子のひとつとして骨格筋機能の低下が挙げられる⁷⁾、近年、

* Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation as an Assistance to Outpatient Cardiac Rehabilitation in a Heart Transplant Patient: Single-case Data Analysis

1) 医療法人社団静岡循環器クリニック おもて循環器科 (〒420-0867 静岡県静岡市葵区馬場町110) Hiromasa Seko, PT, Shintaro Ono, PT, Mayumi Unno, Ns, Toshiya Omote, MD, Shingo Omote, MD: Omote-juunkankika Cardiovascular Clinic

2) 常葉大学健康科学部静岡理学療法学科 Michitaka Kato, PT, PhD: Department of shizuoka Physical Therapy, Faculty of Health Science, Tokoha University

E-mail: hiromasa6012@gmail.com (受付日 2021年3月8日/受理日 2021年7月1日) [J-STAGEでの早期公開日 2021年8月27日]

心疾患患者の下肢筋力を改善する方法として、NMESが着目されている⁸⁾⁹⁾。先行研究によると、NMES単体の効果としてデコンディショニングが進行した心不全患者の骨格筋肥大、筋力や運動耐容能の改善、さらには健康関連QOLの改善なども報告されている¹⁰⁻¹³⁾。これらのことから、NMESは心移植患者の筋力や運動耐容能の改善に関して、心リハビリプログラムの補助的な役割を果たす可能性があると考えられる。

本研究の目的は、心移植患者に対する心リハビリプログラムに補助的にNMESを加えた際の、身体運動機能に対する効果を検討することと、心移植患者に対するNMESの実現可能性について検証することである。

対 象

47歳男性、職業は空調設備関係。現病歴として高校生のときに心電図異常を指摘された。2009年に肥大型心筋症と診断され、心不全の治療が開始された。その後、心機能は徐々に低下し、2015年に補助人工心臓の植え込みが行われ心移植待機となった。2017年には、大動脈弁閉鎖不全のため大動脈弁形成術を受け、2019年2月に移植待機期間4年を経て心移植術を受けた。同年4月より運動耐容能の改善および早期社会復帰を目的に当院の心リハが開始となった。表1に心移植術後における心リハ開始時の患者特性を示す。内服薬はタクロリムス水和物、ミコフェノール酸モフェチル、プレドニゾンコハク酸エステルナトリウム、バルガンシクロビル塩酸塩、アスピリン、エナラプリルマレイン酸塩、アムロジピンジシル酸塩であった。

方 法

1. 研究デザインおよび実施内容

研究モデルはA-B-Aデザインとし、基礎水準期(Pre期)8週間、介入期(NMES期)8週間、基礎水準期(Post期)8週間とし、測定点は0週目、8週目、16週目、24週目とし、心身機能測定は心リハ実施日に合わせてリハビリテーションプログラムの実施前に評価を行った(図1)。なお、心肺運動負荷試験は0週目の評価のみ開始1週間前に実施し、以後の評価は各期間終了の翌週に心リハと別日を設けて行った。

Pre期では週1回の頻度で心リハを行った。その内容は、まず準備体操を5分間行った後、自転車エルゴメーターを使用した有酸素運動を、心肺運動負荷試験の結果を基に嫌気性代謝閾値(以下、AT)の負荷を参考に、自覚的運動強度の指標であるBorg scale 11~13の範囲となるよう検証を行ったうえで30分間実施した。また、レジスタンストレーニングを、筋疲労がBorg scale 13となる負荷量で、上肢2種目(ゴムバンドを使用し胸を開く運動と上肢の前方突き出し運動を実施)と下肢

表1 患者特性

体組成	
身長 (cm)	171.4
体重 (kg)	53.3
BMI (kg/m ²)	18.1
SMI (kg/m ²)	6.68
生化学検査	
Hb (mg/dL)	10
HbA1c (%)	6.2
HDL-C (mg/dL)	80.8
LDL-C (mg/dL)	94
BNP (pg/dL)	62.9
eGFR (ml/min/1.73m ²)	87.3
心臓超音波検査	
LVDd (mm)	36.1
LVPWd (mm)	10.7
LVDs (mm)	16.5
LVEF (%)	54.31
E/e'	6.79
LAD (mm)	34.8

BMI; body mass index, SMI; skeletal muscle index, Hb; hemoglobin, HbA1c; hemoglobin A1c, HDL-C; high density lipoprotein cholesterol, LDL-C; low density lipoprotein cholesterol, BNP; brain natriuretic peptide, eGFR; estimated glomerular filtration rate, LVDd; left ventricular end-diastolic dimension, LVPWd; left ventricular posterior wall dimension, LVDs; left ventricular ends systolic dimension, LVEF; left ventricular ejection fraction, E; mitral flow velocity, e'; mitral annulus velocity, LAD; left atrial dimension.

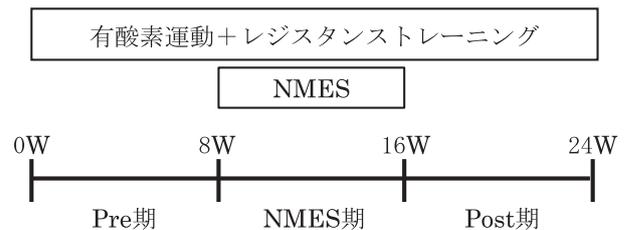


図1 研究計画の概略

NMES; neuromuscular electrical stimulation, W; week, Pre期; 基礎水準期, NMES期; 介入期, Post期; 基礎水準期

2種目(スクワット運動と踵上げ運動を実施)を各10回、2セット実施した。なお、筋力向上に伴う負荷量の漸増方法に関して、同負荷でBorg scaleが筋疲労11以下となった段階で、上肢レジスタンストレーニングはゴムバンドの強度の漸増を、スクワット運動は上肢支持をなくすことで負荷量の漸増を、踵上げ運動に関しては両脚から片脚支持に変更することで負荷量を漸増することとした。また、上肢レジスタンストレーニングは胸骨正中切

開後であることを考慮し、術後8週間以上経過していることを確認し、医師の許可を得て実施した。

最後に、整理体操を5分間行い、計60分の運動療法プログラムとした。心移植後では糖尿病および高血圧症やメタボリックシンドロームなど、免疫抑制療法に伴う合併症管理が重要であり²⁾、その管理として、心臓リハビリテーションに通院するごとに感染症や心不全症状悪化の有無、血圧、脈拍、体重、内服薬の服用状況を確認した。その際に不眠や過食による体調変化が見られた際は、その是正のための生活指導を医師および看護師を含めた多職種で行った。運動療法はテレメトリ式心電送信機を装着し、心電図監視装置（フクダ電子、RH1000）で心電図の確認を行いながら実施した。

NMES期ではPre期で実施した心リハプログラムに加え、在宅でのNMESを実施した。NMESは、低周波治療器（伊藤超短波、イトーESPURGE）と導子（アクセルガード社、低周波導子パルスM50×50mm）を使用し、通電部位は両側大腿四頭筋と下腿三頭筋とした。周波数は先行研究をもとに50Hz、パルス幅は0.2msecとした¹⁴⁾。オンオフ時間はそれぞれ5秒ずつ、電流（mA）は目視で筋収縮を伴い、かつ本人の不快に感じない範囲（下肢筋疲労Borg scale 13）として対象者本人が調節することとした¹⁰⁾¹¹⁾¹⁵⁾。実施する時間帯は任意の時間帯に行い、通電時間は各部位50分間/日、頻度は週5回とし、未実施日が連続とならないよう2日または3日に1度の休息をとるよう説明した。治療姿勢は安静座位とし、治療時間中に移動を伴わない活動は許容した。以上の項目について写真付きパンフレットを用いて説明し、外来ごとに使用方法および機器設定を確認し、実施状況は自己記入式カレンダーを用いて確認した。

なお、Post期ではPre期と同様に心リハプログラムのみを実施し、これらの運動指導および使用機器の説明は熟練の理学療法士3名が行った。

2. 評価測定項目

運動耐容能と有酸素代謝能の指標は、呼気ガス代謝モニター（インターリハ、Cpex-1）を用いて心肺運動負荷試験を行いpeak $\dot{V}O_2$ 、AT、呼吸商（respiratory quotient）を評価した。下肢運動機能の指標は4m通常歩行速度とTimed up and go test（以下、TUG）を測定し、筋力の指標は、ハンドヘルドダイナモメーター（アニマ、ミュータスF-1）を用いて最大努力下での等尺性膝伸展筋力を測定し、測定値を体重で除した値を採用した。下肢骨格筋量の指標は、膝蓋骨上縁から上方15cmの大腿周径を測定し、加えて下腿周径は下腿最大膨隆部の値を採用した。Quality of Life (QOL)はMinnesota Living with Heart Failure Questionnaire（以下、MLHFQ）を評価した。これらの指標に関して、心肺運動負荷試験

は0週目の評価のみ開始1週間前に実施し、以後の心肺運動負荷試験の評価は各期間終了の翌週に心リハと別日を設けて行った。その他測定項目は、0～24週目まで8週ごとにそれぞれの測定点で測定した。なお、評価者に関して心肺運動負荷試験は医師1名が担当し、その他の心身機能評価は検者間の差が出ないように予め評価方法の共有を紙面上で行い、測定は各測定点で熟練の理学療法士3名が行った。

3. アドヒアランスおよび安全性の確認

実現可能性を評価するために、自宅でのNMESのアドヒアランスと安全性の確認を行った。アドヒアランスは、自己記入式カレンダーを用いて実施状況を確認した。安全性の確認は、初回時および1ヵ月時にNMESの前、中、後の血圧、心拍数、呼吸数、心電図を評価し、NMES中の血行動態の確認を行った。また、NMES接触部位の状況（電極貼付部位の皮膚や刺激部位の筋肉の状態）を外来ごと（1回/週）に確認した。

4. 倫理的配慮

本研究は常葉大学の倫理委員会の承認（研静18-19）を得ている。

結 果

対象は、Pre期、NMES期、そしてPost期のすべての研究期間にかけて心リハを1回/週実施し、NMES期においてのみ在宅で5回/週のNMESを実施した。NMESは2～3日に1度の頻度で休息をとっていた。また、導子貼り付け部位の過度な筋肉痛や皮膚の火傷は認めず、バイタルサインの著明な変動、感染症などの有害事象は認めなかった。

各指標の経時的変化を表2および図2に示す。ATは0～8週目、8～16週目でそれぞれ3.9および2.2 mL/kg/min増加した一方で、16～24週目にかけては4.9 mL/kg/min低下した（図2-A）。peak $\dot{V}O_2$ は0～8週目にかけて3.7 mL/kg/min増加し、8～16週目、そして16～24週目にかけてそれぞれ2.0および1.6 mL/kg/minの増加を認めた（図2-A）。等尺性膝伸展筋力は0～8週目と8～16週目にかけて、それぞれ0.01と0.06%BWの増加を認めたが、16～24週目では0.02%BW低下した（図2-B）。膝蓋上縁15cmの大腿周径は0～8週目と8～16週目にかけて、それぞれ5.0と1.7cmの増加を認めたが、一方で16～24週目にかけて1.5cm減少した。下腿周径においても同様に0～8週目と8～16週目にかけて、それぞれ0.4と1.5cmの増加を認めたが、一方で16～24週目にかけて0.7cm減少した（図2-C）。4m通常歩行速度は0～8週目と8～16週目にかけて、それぞれ0.19 m/sと0.05 m/sの改善を認めたが、16～

表 2 評価結果

	0W	8W	16W	24W
AT $\dot{V}O_2$ (mL/kg/min)	16.7	20.6	22.8	17.9
peak $\dot{V}O_2$ (mL/kg/min)	22.7	26.4	28.4	30
peak R	1.22	1.26	1.27	1.35
等尺性膝伸筋力 (%BW)	0.69	0.7	0.76	0.74
大腿周径 (cm)	35.4	41.1	42.8	41
下腿周径 (cm)	32	32.4	33.9	33.2
4 m 通常歩行速度 (m/s)	1.17	1.36	1.41	1.37
TUG (sec)	5.31	4.81	4.56	4.62
MLHFQ (点)	16	5	7	8

CPX ; cardiopulmonary exercise testing, AT $\dot{V}O_2$; anaerobic threshold oxygen uptake, peak $\dot{V}O_2$; peak oxygen uptake, peak R ; peak respiratory exchange ratio, TUG ; timed up and go test, QOL ; quality of life, MLHFQ ; minnesota living with heart failure questionnaire

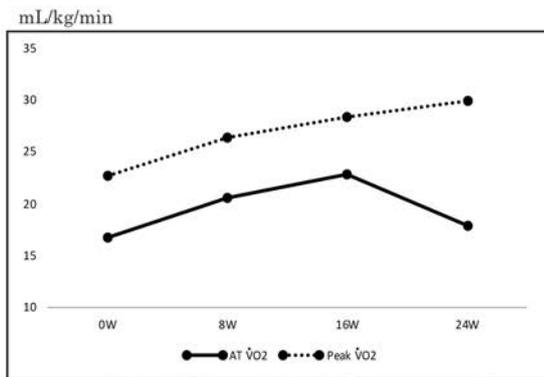


図 2-A 最高酸素摂取量, 嫌気性代謝閾値の経時的変化

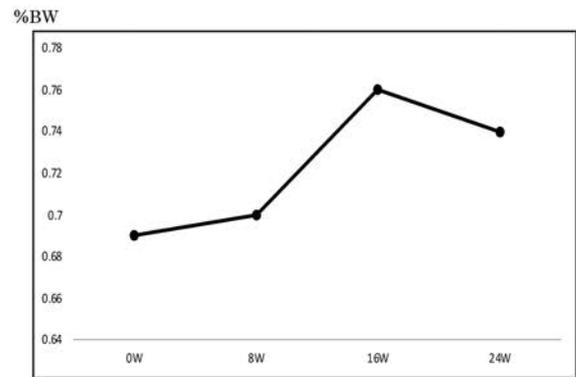


図 2-B 等尺性膝伸筋力の経時的変化

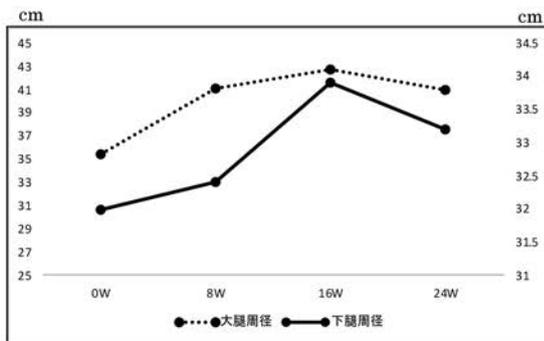


図 2-C 大腿および下腿周径の経時的変化

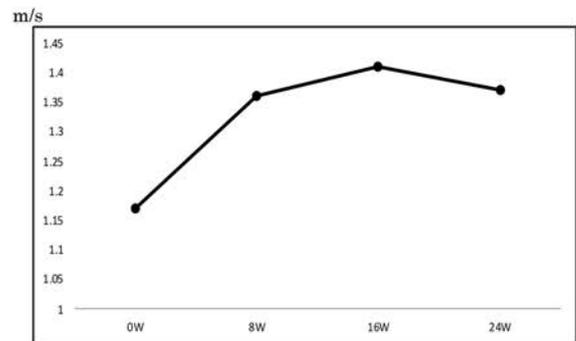


図 2-D 4 m 通常歩行速度の経時的変化

図 2 最高酸素摂取量, 嫌気性代謝閾値, 下肢筋力, 骨格筋量の経時的変化
AT $\dot{V}O_2$; anaerobic threshold oxygen uptake, peak $\dot{V}O_2$; peak oxygen uptake

24 週目にかけて 0.04 m/s 低下した。TUG は 0 ~ 8 週目と 8 ~ 16 週目にかけて, それぞれ 0.50 sec と 0.25 sec の改善を認めたが, 16 ~ 24 週目にかけて 0.06 sec 低下した。QOL の指標である MLHFQ は 0 ~ 8 週目にかけて 11 点の改善を認めたが, 8 ~ 16 週目と 16 ~ 24 週目にかけて大きな変化は示さなかった。

考 察

本症例は 40 歳代と若年であるが, 心移植までの待機期間が長く, 長期間心不全状態を呈したことで, 心移植

後もデコンディショニングが残存していた。先行研究によると, 移植後は術前の慢性心不全の影響や, 長期にわたる待機期間中のデコンディショニングの進行から, 術後 1 年以上経過しても健常男性と比較した予測運動耐容能は 62% 程度であるとされている³⁾。このため, 移植後には復職の早期実現をめざして, 継続した心臓リハビリテーションが必要であると考えられた。しかし, 頻回な心リハへの参加が困難であったため, 心リハプログラムの補助的な治療法として在宅での NMES を実施した。その結果, 有酸素代謝能の指標である AT, 筋力の指標

である等尺性膝伸展筋力、骨格筋量の指標である大腿および下腿周径、そして下肢運動機能の指標である歩行速度においてNMES期でそれぞれ増加し、その後の基礎水準期であるPost期には低下を示した。このことから、心移植患者に対する回復期心リハビリプログラムの補助としてのNMESは、安全に実施が可能であり、特に有酸素代謝能、筋力、骨格筋量および下肢運動機能の増加に寄与した可能性があると考えられた。

1. 有酸素代謝能の増加について

本研究において有酸素代謝能の指標であるATは、NMES期である8～16週目にかけて10.7%改善した。先行研究によると、有酸素運動の単一の効果として下肢末梢血流量の増加が報告されており¹⁶⁾、さらに有酸素運動とNMESの組合せで8～12週間の運動療法プログラムを行うことによりATが11～26%改善したとの報告がある¹⁷⁾¹⁸⁾。このことから、本症例においても有酸素運動とNMESの併用により先行研究と同等のATの増加があったと考えられる。

NMESにおける末梢動脈への急性効果として、30分間の右前腕へのNMESは、上腕動脈の血流依存性血管拡張の指標であるFlow-mediated dilatation (以下、FMD)を増加させることが報告されている¹⁹⁾。また、心不全患者に対する下肢筋への6週間のNMESにおいても、FMDの有意な増加を認めており²⁰⁾、NMESは骨格筋内の末梢血管において血管拡張作用に関係する内皮型一酸化窒素合成酵素を活性化させ、血流依存性血管拡張反応を増加させることが急性および慢性効果として考えられている。加えてNMESはミオシン重鎖アイソフォームの活性化により筋肥大が生じさせると報告されており、この変化は速筋線維より遅筋線維で有意に増加するとされている²¹⁾²²⁾。さらにミトコンドリア活性が増加することも報告されており²³⁾、これらのことから本症例においても運動中の末梢骨格筋への血流量の増加や、骨格筋での酸素抽出能力の改善が有酸素代謝能の増加に寄与した可能性が考えられる。一方で、ATは16～24週目にかけて21.4%低下しており、NMESの脱トレーニングの影響が考えられた。

2. 等尺性最大膝伸展筋力、骨格筋量の改善について

本研究において、等尺性膝伸展筋力と骨格筋量の指標である下腿周径は、NMES期の8～16週目にかけて8.6%と4.6%それぞれ増加し、これは基礎水準期であるPre期の増加率に比べて大きい値であった。一方で、16～24週目にかけて、それぞれ2.6%と2.1%の低下を認め、NMESの効果と脱トレーニングの影響が認められた。NMESによる筋力および骨格筋量の増加に関する報告は多く、先行研究では、NMESの筋力増強効果は随意

運動と同等の効果が得られるとの報告がある²⁴⁾²⁵⁾。また入院期の心不全患者を対象に50 Hzの周波数でNMESを加えたことで下肢筋力が著明な増加を示したとの報告がある¹⁵⁾。加えて、NMESによる筋肥大は8週間後に認められることも報告されており¹⁰⁾、本症例における変化と一致している。NMESは、骨格筋タンパクの合成に関与する哺乳類ラパマイシン標的タンパク質(mTOR)をリン酸化して活性化させるだけでなく、骨格筋タンパクの分解に関与するフォークヘッドボックスタンパク質O1 (FOXO1)のmRNAを低下させることが報告されている²⁶⁾。これらによって、骨格筋タンパクおよび骨格筋量が増加し、さらに筋力も増加したと考えられた。

3. 下肢機能の改善について

本研究において下肢運動機能の指標である4m通常歩行速度は、0～8週目と8～16週目にかけて、それぞれ16.2%と3.7%改善したが、16～24週目にかけて2.8%低下した。TUGも同様に0～8週目と8～16週目にかけて、それぞれ9.4%と5.2%改善したが、16～24週目にかけて1.3%低下した。このことより、NMESは下肢運動機能の改善にも効果があったと考えられる。先行研究ではNMESの導入により歩行速度はNMES実施前より5%程度有意に増加したとの報告がある²⁷⁾。また、歩行速度は等尺性最大膝伸展筋力と正の相関関係にあるとの報告がある²⁸⁾²⁹⁾。これらのことから、本研究においてもNMESによる膝伸展筋力の改善が通常歩行速度の向上に寄与した可能性があり、歩行能力を含む動的バランスを評価するTUGにおいても改善を示した可能性がある。

4. 心移植後の心拍応答について

先行研究によると心臓移植後の心拍出量は末梢血管抵抗低下、骨格筋のポンプ作用および液性因子による心拍調節の影響を受けるとされており、運動に対する変時不全がより顕著に現れる特徴がある³⁰⁾。本対象においても心移植から9ヵ月後の心肺運動負荷試験において心拍応答の変時不全を認めた。特にウォーミングアップから定常状態への移行が遅延し、また、peak時からrecoveryへと移行した後も心拍数は負荷終了2分後まで上昇を続けた。このことから有酸素運動は運動前後でウォーミングアップおよびクールダウンの時間を3分間行った後に実施した。

5. 研究の限界

本研究はシングルケースによるA-B-Aデザインであり、一般的にA-B-Aデザインは、それぞれの期において頻回の測定を実施することが望ましいが、今回は測定

点が少ないことが挙げられる。また、本研究はシングルケーススタディであることから結果が普遍性に欠けることが挙げられるため、今後、症例を増やしてNMESの効果を検討する必要がある。

結 論

心移植患者に対して回復期心リハに加えて、在宅でのNMESを実施したところ、実施のアドヒアランスは高く、有害事象は生じなかった。NMESは、心移植患者の有酸素代謝能、下肢筋力、下肢筋量、そして下肢運動機能の改善に寄与する可能性が考えられた。

利益相反

本研究を実施するにあたり、開示すべき利益相反はない。

謝辞：本論文を作成するにあたり、ご助言、ご指導を賜りました、おもて循環器科の木村雅彦先生、ならびに仁科知子看護師に感謝いたします。

文 献

- 日本心臓移植研究会ホームページ 日本における心臓移植 (2020年度). <http://www.jsht.jp/registry/japan/> (2021年1月18日引用)
- 磯部光章：心臓移植に関する提言 (2016年版). https://www.j-circ.or.jp/old/guideline/pdf/JCS2016_isobe_h.pdf (2021年1月18日引用)
- Kao AC, Van Trigt 3rd P, *et al.*: Central and peripheral limitations to upright exercise in untrained cardiac transplant recipients. *Circulation*. 1994; 89: 2605-2615.
- 三浦平寛：心臓移植と心臓リハビリテーション. *Jpn J Rehabil Med*. 2019; 56: 990-995.
- Anderson L, Nguyen TT, *et al.*: Exercise-based cardiac rehabilitation in heart transplant recipients (Review). *Cochrane Database Syst Rev*. 2017; 4: CD012264.
- 井口篤志：心臓移植後の感染症 概論. *移植*. 2018; 53: 1-7.
- 神谷健太郎：慢性心不全に対する運動療法の最前線. *理学療法科学*. 2016; 43: 342-348.
- Kucio C, Stastny P, *et al.*: Exercise-Based Cardiac Rehabilitation with and Without Neuromuscular Electrical Stimulation and its Effect on Exercise Tolerance and Life Quality of Persons with Chronic Heart Failure. *J Hum Kinet*. 2018; 31: 151-164.
- Neves LMT, Cahalin LP, *et al.*: Effect of chronic neuromuscular electrical stimulation on primary cardiopulmonary exercise test variables in heart failure patients: A systematic review and meta-analysis. *IJC Metabolic & Endocrine*. 2014; 5: 28-35.
- Gondin J, Guette M, *et al.*: Electromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture. *Med Sci Sports Exerc*. 2005; 37: 1291-1299.
- Sullivan MJ, Duscha BD, *et al.*: Altered expression of myosin heavy chain in human skeletal muscle in chronic heart failure. *Med Sci Sports Exerc*. 1997; 29: 860-866.
- Lee SY, Im SH, *et al.*: The effects of neuromuscular electrical stimulation on cardiopulmonary function in healthy adults. *Ann Rehabil Med*. 2012; 36: 849-856.
- Neto MG, Oliveira FA, *et al.*: Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation on Physiologic and Functional Measurements in Patients With Heart Failure: A SYSTEMATIC REVIEW WITH META-ANALYSIS. *J Cardiopulm Rehabil Prev*. 2016; 36: 157-166.
- Glaviano NR, Saliba S: Can the Use of Neuromuscular Electrical Stimulation Be Improved to Optimize Quadriceps Strengthening? *Sports Health*. 2016; 8: 79-85.
- Quittan M, Wiesinger GF, *et al.*: Improvement of thigh muscles by neuromuscular electrical stimulation in patients with refractory heart failure: a single-blind, randomized, controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil*. 2001; 80: 206-224.
- Hambrecht R, Fiehn E, *et al.*: Regular physical exercise corrects endothelial dysfunction and improves exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Circulation*. 1998; 98: 2709-2715.
- Soska V, Dobsak P, *et al.*: Exercise training combined with electromyostimulation in the rehabilitation of patients with chronic heart failure: A randomized trial. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub*. 2014; 158: 98-106.
- 見供 翔, 竹井 仁, 他：健常者に対する有酸素性運動と低周波電気刺激を併用した運動が運動耐容能及び筋力に及ぼす影響. *日本保健科学学会誌*. 2013; 16: 66-73.
- 大岩正太郎, 岩本えりか, 他：急性の電気刺激が血流依存性の血管調節機能に与える影響. *理学療法科学*. 2017; 32: 249-254.
- Deftereos S, Giannopoulos G, *et al.*: Comparison of muscle functional electrical stimulation to conventional bicycle exercise on endothelium and functional status indices in patients with heart failure. *Am J Cardiol*. 2010; 106: 1621-1625.
- Gondin J, Brocca L, *et al.*: Neuromuscular electrical stimulation training induces atypical adaptations of the human skeletal muscle phenotype: a functional and proteomic analysis. *J Appl Physiol*(1985). 2011; 110: 433-450.
- 檜森弘一, 館林大介, 他：神経筋電気刺激誘引性の筋肥大における負荷強度と力積の役割. *日本基礎理学療法学*. 2017; 20: 37-43.
- 土肥敏樹, 三井利夫, 他：電気刺激による骨格筋 (速筋型) の遅筋型への変換とその心臓補助および心筋形成術への応用. *人工臓器*. 1989; 18: 1490-1497.
- Kubiak RJ, Whitman KM, *et al.*: Changes in quadriceps femoris muscle strength using isometric exercise versus electrical stimulation. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1987; 8: 537-541.
- Langeard A, Bigot L, *et al.*: Does neuromuscular electrical stimulation training of the lower limb have functional effects on the elderly?: A systematic review. *Exp Gerontol*. 2017; 91: 88-98.
- Dirks ML, Hansen D, *et al.*: Neuromuscular electrical stimulation prevents muscle wasting in critically ill comatose patients. *Clin Sci (Lond)*. 2015; 128: 357-365.
- Kern H, Barberi L, *et al.*: Electrical stimulation counteracts muscle decline in seniors. *Front Aging Neurosci*. 2014; 24: 189.
- 大淵修一, 新井武志, 他：超音波測定による大腿前面筋厚と膝伸展筋力の関係. *理学療法科学*. 2009; 24: 185-190.
- 中江秀幸, 村田 伸, 他：健常女性における歩行パラメータと身体機能との関連性. *ヘルスプロモーション理学療法研究*. 2016; 6: 9-15.
- 牧田 茂, 安 隆則, 他：心血管疾患におけるリハビリテーションに関するガイドライン (2021年版). 2021, pp. 75-79.

〈Abstract〉

Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation as an Assistance to Outpatient Cardiac Rehabilitation in a Heart Transplant Patient: Single-case Data Analysis

Hiromasa SEKO, PT, Shintaro ONO, PT, Mayumi UNNO, Ns, Toshiya OMOTE, MD,
Shingo OMOTE, MD

Omote-jyunkankika Cardiovascular Clinic

Michitaka KATO, PT, PhD

Department of shizuoka Physical Therapy, Faculty of Health Science, Tokoha University

Objective: We examined whether neuromuscular electrical stimulation (NMES) in outpatient cardiac rehabilitation (CR) assists physical function and performance in a heart transplant patient.

Method: A 40-year-old patient underwent heart transplantation due to hypertrophic cardiomyopathy followed by outpatient CR after discharge. The study design was A (basic level period)–B (intervention period)–A (basic level period), and each period was of 8 weeks. The patient underwent outpatient CR once weekly for the entire study period. NMES was performed on the thighs and lower legs for 50 min/day, 5 times/week at home only during the intervention period. The objective variables in this study were exercise capacity, muscle strength, and usual walking speeds. The measurement points were the 0th week (M1), 8th week (M2), 16th week (M3), and 24th week (M4).

Results: Changes in oxygen consumption at anaerobic threshold (AT) were 16.7 mL/min/kg, 20.6 mL/min/kg, 22.8 mL/min/kg, and 17.9 mL/min/kg, and lower limb muscle strength was 0.69%, 0.70%, 0.76%, and 0.74 % body weight; the usual walking speeds were 1.17 m/s, 1.36 m/s, 1.41 m/s, and 1.37 m/s (M1, M2, M3, and M4, respectively).

Conclusion: NMES may have synergistic effects on outpatient CR in patients following transplantation.

Key Words: Heart transplant, Outpatient cardiac rehabilitation, Neuromuscular electrical stimulation

短 報

急性期脳梗塞患者の病棟内歩行自立判定に関連する要因の検討*

— Berg Balance Scale, Moss Attention Rating Scale,
Stop Walking When Talking test による多変量解析—

井上 桂 輔^{1) #} 沼 沢 祥 行^{2) 3)} 山 本 一 樹⁴⁾ 須 藤 聡¹⁾
箱 守 正 樹¹⁾ 豊 田 和 典¹⁾ 富 満 弘 之⁵⁾ 関 屋 舜⁶⁾

要旨

【目的】急性期脳梗塞患者の注意障害を定量的に示して歩行自立判定を検討したものは見あたらない。本研究では、BBSに加えてMARSおよびSWWTを用いて、急性期脳梗塞患者の病棟内歩行自立判定に関連する要因を明らかにすることを目的とした。【方法】発症から2週間以内の急性期脳梗塞患者の病棟内歩行自立判定におけるROC曲線から算出したBBSのカットオフ値による判別と、多重ロジスティック回帰分析から算出した判別スコアによる判別の精度を比較した。【結果】多重ロジスティック回帰分析ではBBS, MARS, SWWTが採択され、判別スコアを用いた方がBBS単独での判別よりも精度が高かった。【結論】急性期脳梗塞患者の歩行練習開始時点における病棟内歩行自立判別はBBSだけでなく、MARS, SWWTを用いることで精度が高まる可能性がある。

キーワード Berg Balance Scale, Moss Attention Rating Scale, Stop Walking When Talking test, 急性期脳梗塞, 歩行自立

緒 言

脳卒中患者の急性期リハビリテーションでは廃用症候群を予防するために、十分なリスク管理のもとにできる限り発症後早期から立位、歩行、セルフケア訓練などを行うことが強く推奨されている¹⁾。しかし、急性期病棟入院中の転倒率は14~25%とされており^{2) 3)}、軽症例

においても発症後2週間以内の転倒が多いとされている^{2) 3)}。転倒すると骨折や疼痛による離床の遅れだけでなく、転倒後症候群の発生にもつながる⁴⁾。廃用症候群を予防し、かつ急性期リハビリテーションを安全に進めるためには、転倒リスクを勘案して歩行自立を判定することが重要であるが、これまでにその判定方法について明確な基準はない。

脳卒中患者の歩行自立判定方法については、これまでに理学療法士、主治医、看護師などの協議による定性的な判定によるものが多く⁵⁾、急性期における報告は散見されるのみである^{6) 7)}。Berg Balance Scale (以下、BBS)⁸⁾は脳卒中患者のバランス評価に有用とされ⁹⁾、急性期病棟においては45~48点が歩行自立判別のカットオフ値とされている^{7) 10)}。一方で、BBSのカットオフ値を上回っていても非自立と判定される症例は、井上ら⁶⁾は20症例中4症例に、宮地ら¹¹⁾は3症例中3症例で観察されたと報告している。これまでに歩行自立判定のために、注意障害の評価や、歩行中の注意機能・認知機能を定性的に評価するStop Walking When Talking test (以下、SWWT)¹²⁾をBBSと併用する必要性が報告されている^{6) 11) 13) 14)}。SWWTは簡便に実施でき、脳卒中患

* Factors Associated with Walking Independence during Hospitalization in Patients with Acute Ischemic Stroke: Multivariate Analysis of the Berg Balance Scale, Moss Attention Rating Scale, and Stop Walking When Talking Test

1) JA とりで総合医療センターリハビリテーション部 (〒302-0022 茨城県取手市本郷2-1-1) Keisuke Inoue, PT, Satoshi Sutou, PT, Masaki Hakomori, PT, Kazunori Toyoda, PT: Department of Rehabilitation, JA Toride Medical Center
2) 新東京病院内科 Yoshiyuki Numasawa, MD, PhD: Department of Internal Medicine, New Tokyo Hospital
3) あおぞら診療所 Yoshiyuki Numasawa, MD, PhD: Aozora Clinic
4) 都立広尾病院リハビリテーション科 Kazuki Yamamoto, PT: Department of Rehabilitation, Tokyo Metropolitan Hiroo Hospital
5) JA とりで総合医療センター脳神経内科 Hiroyuki Tomimitsu, MD, PhD: Department of Neurology, JA Toride Medical Center
6) 昭和大学 Noboru Sekiya, PT, PhD: Showa University
E-mail: inocchinocchi_k@yahoo.co.jp (受付日 2020年11月10日/受理日 2021年8月3日) [J-STAGEでの早期公開日 2021年9月30日]

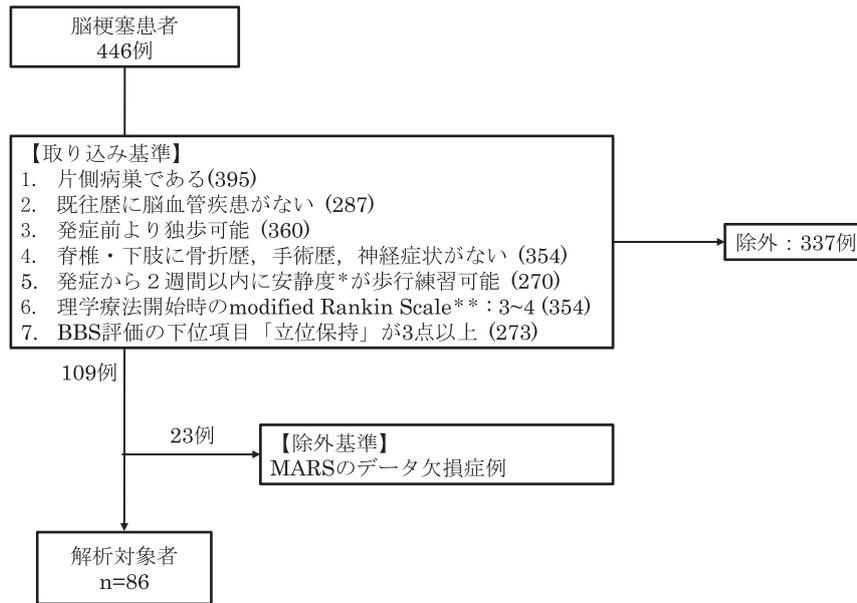


図1 対象患者の推移

取り込み基準および除外基準を満たした86名を対象とした。

*安静度はベッド上安静, ギャッチアップ座位可能, 車椅子乗車可能, 歩行練習可能の4段階, ** modified Rankin Scale (mRS) において5:寝たきり症例, 0-2:日常生活に介助が必要ないとされる症例を除外した。取り込み基準の各項目における括弧内は内訳人数を示す(重複あり)。

者の転倒を予測できる¹²⁾。しかし, 定量的な注意障害の評価を併用して歩行自立判定を検討した研究は見あたらない。

脳卒中急性期における注意障害の発生率は72~80%と高い¹⁵⁾¹⁶⁾。注意障害の行動観察評価は, 机上評価と比較して日常生活動作場面での注意障害を反映しやすいとされており¹⁷⁾, Rating Scale of Attentional Behavior (以下, RSAB)¹⁸⁾ や Behavioral Assessment of Attention Disturbance (以下, BAAD)¹⁷⁾, Moss Attention Rating Scale (以下, MARS)¹⁹⁾ 等がある。各行動観察評価の特徴として, RSABは作業療法士(以下, OT)間および, 言語聴覚士(以下, ST)間で検者間信頼性が高く¹⁸⁾, BAADは理学療法士(以下, PT), OT, ST, 家族で検者間信頼性が高いが, 原則としてOTによる1週間の評価期間が必要である²⁰⁾。MARSはPT間の検者間信頼性が高く, 必要な評価期間が2日であり²¹⁾, 急性期病棟で有用性が示唆されている²²⁾。臨床場面での歩行能力評価はPTに依頼されることが多く, また, 急性期に早期離床を進めるためには早急に歩行自立を判定する必要があるため, BBSにMARSを併用することは有用である可能性がある。

本研究の目的は, 急性期脳梗塞患者の歩行練習開始時点における病棟内歩行自立判定に関連する要因について, BBS, 注意障害の行動観察評価であるMARSおよび歩行中の二重課題であるSWWTを含む多変量解析を用いて検討することである。

対象と方法

1. 対象

2014年1月1日~2016年3月31日までにJAとりで総合医療センターでリハビリテーションの依頼があった急性期脳梗塞患者446症例を後方視的に調査し, 図1の取り込み基準と除外基準を満たす86症例を対象とした。

2. 評価方法

BBSの評価はPT介入後に安静度が「歩行練習可能」(図1)となった時点で行われた。MARSの評価はBBSの評価日を含む連続した2日間で実施され, SWWTの評価はMARSの評価期間中に実施された。MARSはWhyte *et al.*¹⁹⁾により2008年に報告され, 2012年に澤村ら²¹⁾により日本語版MARSが報告された。22項目を5段階で評定し, 全項目の合計得点が高いほど注意機能が良好であることを示す。MARSは頭部外傷症例を対象とした研究²¹⁾²²⁾に加え, 脳梗塞症例を対象とした研究にも用いられている²³⁾。

年齢, 性別, 病巣部位, 病巣側, 入院前Barthel Index (以下, BI), 入院時National Institutes of Health Stroke Scale (以下, NIHSS), 発症からBBS実施までの日数, BBS実施時の下肢Brunnstrom Recovery Stage (以下, 下肢BRS), BBS, MARS, SWWTを診療録から調査した。入院時NIHSSは脳神経内科医により評価され, 入院前BI, 下肢BRS, BBS, MARS, SWWTは各症例

表1 病棟内歩行自立判定における自立群と非自立群の属性と検定結果

	全体 (n=86)	自立群 (n = 61)	非自立群 (n = 25)	p 値
年齢 (歳)*	68.9 ± 12.1	66.4 ± 12.4	75.2 ± 9.0	0.003 ¹⁾
性別 (男性 / 女性 : 人)	59/27	40/21	19/6	0.34 ²⁾
病巣部位 (テント上, 脳幹, 小脳 : 人)	64, 21, 1	44, 16, 1	20, 5, 0	NE†
病巣側 (右 / 左 : 人)	41/45	29/32	12/13	0.97 ²⁾
入院前 BI (点)*	99.7 ± 1.9	99.8 ± 1.3	99.4 ± 3.0	0.509 ¹⁾
NIHSS (点)*	3.7 ± 4.1	2.9 ± 3.0	5.6 ± 5.6	0.007 ¹⁾
発症から BBS 実施までの日数 (日)*	6.9 ± 3.0	6.5 ± 2.6	8.0 ± 3.6	0.087 ¹⁾
下肢 BRS ** (Ⅲ / Ⅳ / Ⅴ / Ⅵ : 人)	Ⅵ [Ⅲ - Ⅵ] (1/ 2 / 14 / 69)	Ⅵ [Ⅴ - Ⅵ] (0/ 0/ 4/ 57)	Ⅴ [Ⅲ - Ⅵ] (1/ 2/ 10/ 12)	<0.001 ¹⁾
BBS (点)*	48.9 ± 9.8	53.1 ± 3.0	38.8 ± 13.0	<0.001 ¹⁾
MARS (点)*	92.9 ± 17.3	99.8 ± 11.2	76.1 ± 18.1	<0.001 ¹⁾
SWWT (陰性 / 陽性 : 人)	66/20	58/3	8/17	<0.001 ²⁾

* 平均 ± 標準偏差, ** 中央値 [範囲], ¹⁾ Mann-Whitney test, ²⁾ χ^2 test, NE: not examined

入院前 BI : 入院前 Barthel Index, NIHSS : 入院時 National Institutes of Health Stroke Scale, 下肢 BRS : 下肢 Brunstrom Recovery Stage, BBS : Berg Balance Scale, MARS : Moss Attention Rating Scale, SWWT : Stop Walking When Talking test, † 病巣部位の比較は, 対象者がいない項目があるため非実施とした.

の担当 PT 1 名で評価された。

歩行自立判定は, 理学療法開始後に安静度が「歩行練習可能」となった時点 (同日主治医が不在で決定できない場合は, 数日以内に決定) で装具や歩行補助具を用いない状態での病棟内歩行について, 主治医, 病棟看護師, PT の協議により行われ, 自立群と非自立群に分類された。また, 急性期病棟入院中における転倒や歩行自立判定変更の有無を診療録から調査した。

3. 統計解析

1) BBS による病棟内歩行自立判別におけるカットオフ値の決定

本研究における BBS のカットオフ値は, 歩行自立判定 (1 : 自立, 0 : 非自立) を目的変数とした Receiver Operating Characteristic (以下, ROC) 曲線で $(1 - \text{感度})^2 + (1 - \text{特異度})^2$ が最小になる値とした⁶⁾⁹⁾。また, カットオフ値による判別精度として感度, 特異度, 陽性的中率, 陰性的中率, 陽性尤度比, 陰性尤度比, 判別の中率を算出した。

2) 多重ロジスティック回帰分析および判別スコアの算出
目的変数としての歩行自立判定 (1 : 自立, 0 : 非自立) に寄与する可能性のある変数を選定するために, 年齢, 入院前 BI, NIHSS, 発症から BBS 実施までの日数, 下肢 BRS, BBS および MARS と歩行自立判定との関係を Mann-Whitney 検定で検討し, 性別, 病巣側および SWWT と歩行自立判定との関係を χ^2 検定で検討した。有意な関係が認められた変数を説明変数とし, 多重共線性を考慮して, 説明変数間の相関係数が 0.7 以上の場合は, 目的変数と相関の高い説明変数を選択して多重ロジスティック

回帰分析 (変数増加法 : 尤度比) を行い, 採択された変数から判別スコアを算出した。判別では $P < 0.5$ を非自立, $P \geq 0.5$ を自立として, 感度, 特異度, 陽性的中率, 陰性的中率, 陽性尤度比, 陰性尤度比, 判別の中率を算出し, BBS 単独での判別結果と比較した。統計解析には Dr.SPSS II for Windows 11.0.1J (SPSS 社) を用い, 有意水準を 5% とした。

4. 倫理的配慮

本研究は JA とりで総合医療センターの倫理審査委員会の承諾 (承認番号 : No.250) を得て実施された。研究の内容を院内掲示および病院のホームページに掲載し, 同意が得られない場合には申し出を依頼した。

結 果

1. 対象

表 1 に対象者の属性を示す。歩行自立判定後, 自立群において病棟内で転倒した症例や非自立へ判定が変更された症例はいなかった。非自立群においても転倒した症例はいなかったが, 症状の改善に伴い, 14 症例が入院中に歩行自立に変化した。

2. BBS による病棟内歩行自立判別の精度

ROC 曲線による判別の結果, Area Under the Curve (AUC) は 89%, カットオフ値は 48 点であり, 判別精度は感度 : 93%, 特異度 : 72%, 陽性的中率 : 89%, 陰性的中率 : 82%, 陽性尤度比 : 3.34, 陰性尤度比 : 0.09, 判別の中率 : 87% であった。

表2 多重ロジスティック回帰分析で用いた説明変数間の相関関係

	年齢	NIHSS	下肢 BRS	BBS	MARS	SWWT
年齢	1.00					
NIHSS	0.34	1.00				
下肢 BRS	-0.15	-0.30**	1.00			
BBS	-0.39**	-0.12	0.46**	1.00		
MARS	-0.33**	-0.24*	0.35**	0.46**	1.00	
SWWT	0.24*	0.29**	-0.43**	-0.51**	-0.43**	1.00

Spearman 相関係数 * p<0.05 ** p<0.01

表3 病棟内歩行自立判定を目的変数とした多重ロジスティック回帰分析

	回帰係数	有意確率	オッズ比	オッズ比の 95%信頼区間	
BBS	0.304	0.010	1.355	1.076	1.706
MARS	0.121	0.001	1.129	1.048	1.216
SWWT	-2.500	0.039	0.082	0.008	0.880
定数	-24.109	0.000	0.000		

Hosmer-Lemeshow の適合度検定：0.983

3. 多重ロジスティック回帰分析による病棟内歩行自立判別の精度

表1に示すように単変量解析により、歩行自立判定と有意な関連 (p<0.05) が認められたのは年齢、NIHSS、下肢 BRS、BBS、MARS、SWWTであった。表2に示すように、これらの説明変数間には多重共線性に影響を及ぼすような強い相関は認められなかった。多重ロジスティック回帰分析の結果、モデル χ^2 検定はp<0.001であり、BBS、MARS、SWWT (0：陰性、1：陽性) が説明変数として採択された (表3)。BBS、MARS、SWWTによる判別スコアは、 $P(y) = 1/(1 + \text{EXP}(-[-24.109 + 0.304 \times \text{BBS} + 0.121 \times \text{MARS} - 2.5 \times \text{SWWT}]))$ で算出され、判別精度は感度：95%、特異度：88%、陽性的中率：95%、陰性的中率：88%、陽性尤度比：7.92、陰性尤度比：0.06、判別的中率：93%であり、すべての指標でBBS単独での判別よりも精度が高かった。

考 察

本研究では、急性期脳梗塞患者の歩行練習開始時点における病棟内歩行自立判定に関連する要因について検討した。その結果、歩行自立判定に関連する因子としてBBS、MARSおよびSWWTが採択され、BBS単独での判別よりも、多変量による判別スコアを用いた判別の方が、自立判定の結果を高い精度で判別した。

1. BBSにMARSとSWWTを併用することの意義

急性期病棟では、廃用症候群予防のために回復期や維

持期と比較して安全性に関する情報が少ないなかで、極力早期に歩行自立判定をする必要がある。

本研究における病棟内歩行自立判定におけるBBSのカットオフ値は48点であった。このカットオフ値は過去の報告⁷⁾¹⁰⁾と矛盾せず、さらにBBSは多重ロジスティック回帰分析結果からも自立判別に重要な要因であることが確認された。また、BBS、MARS、SWWTの3変数による判別スコアは、すべての指標でBBS単独での判別よりも精度が高く、病棟内歩行自立判定を高い精度で判別できた。

判別分析では陽性尤度比は5以上で確定診断に「ある程度有用」、10以上で「有用」とされており²⁴⁾、本研究におけるBBS単独での歩行自立判定の判別精度はこの基準より低いことが示された。このことは、過去の報告⁶⁾¹¹⁾と同様に、BBSがカットオフ値以上であっても非自立となる症例が一定数存在することを示している。これに対して、多変量による判別スコアを用いた判別では陽性尤度比が7.92であり、歩行自立判定を判別する精度が高くなることが示された。これらの結果は、BBS単独での判別は簡便であるが、精度は多変量を用いた判別のほうが高いことを示唆している。

2. 脳梗塞急性期にMARSを用いることの有用性

病棟内歩行自立のためには、環境が複雑に変化する日常生活のなかで、転倒を回避する能力が求められる¹⁴⁾²²⁾。転倒と注意機能の関係について、歩行能力が低い場合には歩行自体に多くの注意を分配する必要がある

り、周囲環境への注意配分が不十分となりやすいと報告されている¹⁴⁾。この点において、MARS は生活場面における注意機能を評価するため、BBS と併用することで、歩行自立判定の判別精度が向上したものと考えられる。

また、MARS は評価に要する期間が他の注意障害の行動観察評価と比較して短く²¹⁾、机上検査で認められるテスト効果（短期間に繰り返し評価することで生じる学習効果²⁵⁾）がなく、患者にとって負担が少なく、さらに道具や特別な機材を使用しない。これらのことは、注意障害の症状が変化しやすく²⁶⁾、短期間に再評価が必要となる急性期における有用性を示唆している。

3. 本研究の限界

本研究では目的変数である歩行練習開始時点における病棟内歩行自立判定を医師、看護師、PT の協議で行った。自立群においては入院期間中に転倒した症例がいなかったことから、判定時点における自立群を選別する協議が適切に機能していたことが確認された。しかしながら、非自立群に分類された症例における病棟内歩行自立判定の妥当性は本研究のデザインからは不明であり、本研究の限界である。

また、MARS を用いた報告²¹⁾²²⁾には対象者の平均年齢が 30～40 歳代の頭部外傷症例が多く、MARS 総得点の信頼性は注意障害が軽度であると高いことが報告されている²¹⁾。本研究における MARS 総得点の平均値は過去の報告²¹⁾²²⁾と比較して高かった一方で、対象者の平均年齢は 60 歳代であり、MARS の信頼性は十分明らかとはいえない。

結 論

急性期脳梗塞患者の歩行練習開始時点における病棟内歩行自立判定は BBS だけでなく、MARS、SWWT を用いることで精度が高まる可能性がある。また、BBS、MARS、SWWT を用いることにより、医師、看護師、PT の協議で定性的に行われていた病棟内歩行自立判定を定量的に実施できる可能性がある。

利益相反

本論文発表において公開すべき利益相反はない。

謝辞：本研究のデータ集積に協力、助言をいただいた JA とりで総合医療センターリハビリテーション部、脳神経内科医師、看護師の皆様へ感謝します。

文 献

- 1) 日本脳卒中学会 脳卒中合同ガイドライン委員会：脳卒中治療ガイドライン 2015. 協和企画、東京、2015、p. 277.
- 2) Tutuarima JA, de Haan RJ, *et al.*: Number of nursing staff and falls: a case-control study on falls by stroke patients

- in acute-care settings. *J Adv Nurs*. 1993; 18: 1101-1105.
- 3) Langhorne P, Stott DJ, *et al.*: Medical complications after stroke: a multicenter study. *Stroke*. 2000; 31: 1223-1229.
- 4) 眞野行生：高齢者の転倒とその対策. 眞野行生（編）、医歯薬出版、東京、1999、pp. 4-5.
- 5) 高橋純平、高見彰淑、他：脳卒中片麻痺患者における歩行自立判定方法ならびに関連要因の検討. *理学療法科学*. 2012; 27(6): 731-736.
- 6) 井上桂輔、山本泰三、他：急性期脳梗塞患者の病棟歩行を自立と判断する要因の検討. *理学療法学*（第 47 回日本理学療法学会大会抄録集）. 2012; 39(suppl 2): 0521.
- 7) 石野洋祐、武田祐貴、他：急性期脳卒中患者における麻痺側伸筋力を用いた歩行自立の判断. *理学療法学*. 2019; 46: 327-333.
- 8) Berg K, Dauphine SW, *et al.*: Measuring balance in the elderly: preliminary development of an instrument. *Physiother Can*. 1989; 41: 304-311.
- 9) 前田慶明、加藤順一、他：入院脳血管障害患者における転倒予測の判断基準に関する検討. *理学療法学*. 2010; 37: 160-166.
- 10) 對馬 均、松嶋好正: Timed Up and Go Test, Berg Balance Scale. *J Clin Rehabil*. 2007; 16: 566-571.
- 11) 宮地知世、野崎寛子、他：脳卒中患者 3 症例を通して Berg Balance Scale の有用性について. *石川県理学療法士学会誌*. 2005; 5: 37-40.
- 12) Lundin-Olsson L, Nyberg L, *et al.*: "Stops walking when talking" as a predictor of falls in elderly people. *Lancet*. 1997; 349: 617.
- 13) Andersson G, Kamwendo K, *et al.*: How to identify potential fallers in a stroke unit: Validity indexes of four test methods. *J Rehabil Med*. 2006; 38: 186-191.
- 14) McCulloch K: Attention and dual-task conditions: physical therapy implications for individuals with acquired brain injury. *J Neurol Phys Ther*. 2007; 31: 104-118.
- 15) Mc Ghie A: Psychological aspects of attention and its disorders. *Hand book of Clinical Neurology*, 3, Amsterdam, 1969, pp. 137-154.
- 16) 高次脳機能障害全国実態調査委員会：高次脳機能障害全国実態調査報告. *高次脳機能研究*. 2011; 31: 19-31.
- 17) 豊倉 穰、菅原 敬、他：家族が家庭で行った注意障害の行動観察評価—BAAD (Behavioral Assessment of Attentional Disturbance) の有用性に関する検討—. *リハビリテーション医学*. 2009; 46: 306-311.
- 18) Ponsford J, Kinsella G, *et al.*: The use of a rating scale of attentional behavior. *Neuropsychol Rehabil*. 1991; 1: 241-257.
- 19) Whyte J, Hart T, *et al.*: The Moss attention rating scale for traumatic brain injury Further exploration of reliability and sensitivity to change. *Arch Phys Med Rehabil*. 2008; 89: 966-973.
- 20) 豊倉 穰：高次脳機能障害の診断とリハビリテーション—注意障害—. *総合リハビリテーション*. 2015; 43: 1011-1020.
- 21) 澤村大輔、生駒一憲、他：Moss Attention Rating Scale 日本語版の信頼性と妥当性の検討. *高次脳機能研究*. 2012; 32: 181-189.
- 22) McCulloch KL, Buxton E, *et al.*: Balance, attention, and dual-task performance during walking after brain injury: associations with falls history. *J Head Trauma Rehabil*. 2010; 25: 155-163.
- 23) Pandey S, Singaravelan RRM: Effect of music therapy on cognitive function and mood in patients with middle cerebral artery stroke. *Int J Health Sci Res*. 2019; 9: 151-157.
- 24) 川畑秀伸、山本和利：新しい検査法の比較—感度・特異度・尤度比—. *治療*. 2002; 84: 2496-2505.

- 25) Lezak MD, Howieson DB, *et al.*: Neuropsychological assessment, 4th ed. Oxford University Press, New York, 2004, pp. 371-384.
- 26) Yoshioka M, Kobayashi Z, *et al.*: Serial changes in Trail Making Test score after minor ischemic stroke. *Journal of Rehabilitation Neurosciences*. 2019; 19: 33-36.

〈Abstract〉

Factors Associated with Walking Independence during Hospitalization in Patients with Acute Ischemic Stroke: Multivariate Analysis of the Berg Balance Scale, Moss Attention Rating Scale, and Stop Walking When Talking Test

Keisuke INOUE, PT, Satoshi SUTOU, PT, Masaki HAKOMORI, PT, Kazunori TOYODA, PT
Department of Rehabilitation, JA Toride Medical Center

Yoshiyuki NUMASAWA, MD, PhD
*Department of Internal Medicine, New Tokyo Hospital
Aozora Clinic*

Kazuki YAMAMOTO, PT
Department of Rehabilitation, Tokyo Metropolitan Hiroo Hospital

Hiroyuki TOMIMITSU, MD, PhD
Department of Neurology, JA Toride Medical Center

Noboru SEKIYA, PT, PhD
Showa University

Objectives: Although accurately evaluating the independence of walking in acute-phase patients with ischemic stroke is important, no quantitative study has been performed on attentional deficit. The purpose of this study was to clarify factors associated with walking independence of patients during hospitalization using the Moss Attention Rating Scale (MARS), Stop Walking When Talking test (SWWT), and Berg Balance Scale (BBS).

Methods: Eighty-six patients with ischemic stroke within two weeks after onset were enrolled. Discriminant accuracy of walking independence was compared between the BBS score and discriminant score calculated by multivariate logistic regression analysis.

Results and Conclusion: The BBS, MARS, and SWWT were selected as determinant factors of walking independence. Discriminant accuracy based on the discriminant score calculated using the BBS, MARS, and SWWT was higher than that based on the BBS alone.

Key Words: Berg Balance Scale, Moss Attention Rating Scale, Stop Walking When Talking test, Acute phase of ischemic stroke, Walking independence

レッドゾーンで新型コロナウイルス感染症患者に対応する理学療法士の心理的ストレスについて*

高橋 哲也^{1)2)#} 森沢 知之¹⁾ 齊藤 正和¹⁾ 澤 龍一¹⁾ 谷口 香¹⁾
北原エリ子²⁾ 西崎 祐史³⁾ 野尻 宗子⁴⁾ 森澤 文登⁵⁾
南野 徹⁵⁾ 藤原 俊之¹⁾⁶⁾ 代田 浩之⁵⁾⁷⁾

要旨

【目的】 レッドゾーン内で新型コロナウイルス感染症患者を診る理学療法士の心理的ストレスを明らかにすること。【方法】 対象は新型コロナウイルス感染症患者にレッドゾーンで理学療法を行っている理学療法士とした。調査はインターネットアンケートシステムを用いたアンケート調査とし、個人の基本情報に加えて、レッドゾーンでの理学療法の内容、感染対策の負担や心理的ストレスなどを調査した。【結果】 分析対象 584 例のうち、レッドゾーン内の理学療法で「ストレスがある」と回答しなかったものはわずか 6 例であった。感染することへの不安だけでなく、周囲からの偏見から差別を受けたなど「社会的ストレス」も少なくなかった。ストレス内容で特に多かったのは、家族や周りへの感染(88.5%)、自分への感染(82.0%)であった。【結論】 新型コロナウイルス感染症患者にレッドゾーンで理学療法を行っているほぼすべての理学療法士でなんらかの心理的ストレスを抱えていた。

キーワード 理学療法士、新型コロナウイルス感染症、レッドゾーン、ストレス

はじめに

新型コロナウイルス感染症(以下、COVID-19)は、2019年11月に中国湖北省武漢市で発生がはじめて確認

され、2021年8月現在も終息をみていない世界的に流行(パンデミック)している感染症である。発熱や咳嗽、頭痛などのいわゆるかぜの臨床症状を呈するインフルエンザ感染症と類似しているが、COVID-19のほうが潜伏期間が長く、無症状患者でもウイルス量が多く感染力が高いことや、発症前もウイルスを排出していること、インフルエンザ感染症に比べて重症度・致死率が高いことなどが特徴である¹⁾。特に、COVID-19は、高齢者腎機能障害、肝疾患、肥満、高脂血症、高血圧、糖尿病などの基礎疾患のある方では重症化するリスクが高く¹⁾、ひとたび集中治療を要する状態になると、運動機能を維持するための運動療法や、呼吸状態の改善を目的とした腹臥位療法などの呼吸理学療法を必要とすることから、理学療法士が汚染区域(レッドゾーン)から対応することも少なくない²⁾³⁾。レッドゾーンでの理学療法は、患者との密接場面(互いに手を伸ばしたら届く距離での会話や発声が行われる)が避けられず、感染リスク等に関連した心理的なストレスは計り知れない。たとえば、自分自身や家族が感染することへの不安、周囲からの差別的な対応、慣れない防護服を装着して行う理学療法の制約、そして自らが感染リスクを負いながら理学療法業務

* Psychological Stress among Frontline Physical Therapists during the Coronavirus (COVID-19) Pandemic in Japan

1) 順天堂大学保健医療学部理学療法学科
(〒113-0033 東京都文京区本郷3-2-12 御茶の水センタービル5階)
Tetsuya Takahashi, PT, PhD, Tomoyuki Morisawa, PT, PhD, Masakazu Saitoh, PT, PhD, Ryuichi Sawa, PT, PhD, Kaori Taniguchi, BA, Toshiyuki Fujiwara, MD, PhD: Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Juntendo University
2) 順天堂大学医学部附属順天堂医院リハビリテーション室
Tetsuya Takahashi, PT, PhD, Eriko Kitahara, PT, PhD: Department of Rehabilitation Medicine, Juntendo University Hospital
3) 順天堂大学医学部医学教育研究室
Yuji Nishizaki, MD, PhD: Department of Medical Education and Research, Juntendo University School of Medicine
4) 順天堂大学革新的医療技術開発研究センター
Shuko Nojiri, PhD: Medical Technology Innovation Center, Juntendo University
5) 順天堂大学大学院医学研究科循環器内科学講座
Fumito Morisawa, MMS, Tohru Minamino, MD, PhD, Hiroyuki Daida, MD, PhD: Department of Cardiovascular Biology and Medicine, Juntendo University Graduate School of Medicine
6) 順天堂大学大学院医学研究科リハビリテーション医学
Toshiyuki Fujiwara, MD, PhD: Department of Rehabilitation Medicine, Juntendo University Graduate School of Medicine
7) 順天堂大学保健医療学部
Hiroyuki Daida, MD, PhD: Faculty of Health Science, Juntendo University
E-mail: te-takahashi@juntendo.ac.jp
(受付日 2021年7月7日/受理日 2021年8月23日)
[J-STAGEでの早期公開日 2021年10月4日]

を行っていることが十分に報われていないストレスなど想像に難くない。また、懇親会や親睦会の禁止、旅行の禁止など行動が制限され、気分転換となる対処行動がとれないこと、相談相手がいないことなど、ストレス対策の不足の実情についてもまったく不明である。

COVID-19 の世界的流行が長引く中、医療最前線の医療従事者のメンタルヘルスケアは大きな関心事となっており、医師や看護師の燃え尽き症候群（バーンアウト）を中心に多くの報告が確認できる⁴⁻⁹⁾。ストレスや特性不安は女性、既婚、子供のいる医療従事者のほうが多く、ストレスや不安のレベルは生活の質に関係することや⁵⁾、COVID-19 との頻繁な接触が心理的負担とバーンアウトに関係すること⁷⁻⁹⁾ 等が報告されている。また、近隣のアジア諸国からの報告として、Sung ら¹⁰⁾ は台湾で COVID-19 の流行中の燃え尽き症候群、不安神経症、ストレス障害の関係を調査し、医師と看護師が燃え尽き症候群を含む高レベルの精神的健康問題を経験していることを報告している。我が国のレッドゾーン内での業務に対するストレスや対策は、医師や看護師などでの調査は行われている¹¹⁾¹²⁾。Matsuo ら¹¹⁾ の研究では、488 人の医療従事者の COVID-19 発生時のバーンアウト率を調査している。全体のバーンアウト率は 31.4% で、看護師の 46.8%、放射線技師の 36.4%、薬剤師の 36.8% がバーンアウトを経験していたと報告している。COVID-19 患者とレッドゾーンで直接接触することは、医師や看護師のストレスや不安、バーンアウト、職務遂行能力と健康状態に影響を及ぼし、医療サービスの質の低下はもとより、医療従事者の生活の質を低下させる可能性がある。

COVID-19 に対する理学療法については、オーストラリアの理学療法士を中心に「Physiotherapy Management for COVID-19 in the Acute Hospital Setting: Recommendations to guide clinical practice (急性期病院における COVID-19 の理学療法管理：臨床に役立つ提言)」という推奨が 2020 年 3 月に発表され、世界中の理学療法士に利用されている¹³⁾。各国言語に翻訳され、我が国でも日本理学療法士協会（日本循環器理学療法学会、日本呼吸理学療法学会、日本糖尿病理学療法学会）と日本集中治療医学会が協力して日本語に翻訳されて臨床応用されている¹⁴⁾。また、様々な臨床的な取り組みについて、症例報告を含む各種報告がされている¹⁵⁻¹⁸⁾。我が国のレッドゾーン内での業務に対するストレスやその対策は、医師や看護師などでの調査は行われている一方で、理学療法士に関連するものはない。レッドゾーン内で業務する理学療法士が存在する以上、レッドゾーン内で働く理学療法士のストレスに対しても、労務管理上も十分な対策と、働き方や職場環境の整備が必要である。

そこで本研究は、全国の集中治療専門医研修施設、特定機能病院および地域支援病院で、COVID-19 陽性者に

直接レッドゾーン内で理学療法を行っている理学療法士を対象に、レッドゾーン内で COVID-19 陽性患者を担当するにあたり感じた心理的ストレスとその周辺因子について調査を行った。

本研究は理学療法士のレッドゾーン内での理学療法業務とレッドゾーン内で働く理学療法士の心理的ストレスについて調査した日本で初の調査報告である。

方 法

1. 対象

対象は全国の医療機関（平成 30 年 3 月現在、病院 8,273 施設）のうち、リハビリテーション科を標榜する医療機関で、日本集中治療医学会の集中治療専門医研修施設、特定機能病院、地域支援病院（合計 487 施設）で、新型コロナウイルス感染症陽性者にレッドゾーンで直接対応している理学療法士とした。

2. 調査方法と内容

本研究は、インターネットアンケートシステムを用いたアンケート調査である。まず、理学療法部門の責任者宛てに研究説明文書を郵送し、理学療法部門の責任者から、COVID-19 陽性者にレッドゾーンで直接対応しているすべての理学療法士に「研究協力のお願い」および「研究説明文書」を供覧していただき回答への協力を依頼した。

アンケートへの参加は任意で、「研究説明文書」を読み、研究への参加に同意する場合は、アンケート回答ページの最初のページにある「同意する」のボタンをクリックすることで、研究に同意を得たと判断した。

アンケートのおもな項目は、個人の基本情報や労働環境の特性に加えて、COVID-19 陽性者への理学療法状況、レッドゾーンで理学療法を行う理学療法士の感染対策の負担や心理的ストレスなどとした（補遺参照）。

アンケートの回答期間は、令和 3 年 3 月 5 日（金）～令和 3 年 3 月 29 日（月）までとした。

3. 分析

各調査項目について選択肢のあるものは、おもに記述統計的分析を実施した。分析には、SAS 統計解析ソフト JMP 14.2 を用いた。件数（実数値）に加えて、総数に対する選択肢の割合は単純集計にて百分率（%）で算出し比較した。

4. 倫理的配慮

対象となる理学療法士に郵送した「研究説明文書」には、本研究の目的および収集されたデータは、対象者の個人情報とは無関係の番号を付して匿名化し、厳正に管理することや、成果の公表を行うこと、自由意志により

表1 新型コロナウイルス感染症 (COVID-19) 陽性者への理学療法状況

項目	人数	割合 (%)
COVID-19 陽性者への理学療法状況		
現在もレッドゾーンで行っている	220	37.7
1～2週間前に行っていた	94	16.1
3週間前～1ヵ月前に行っていた	156	26.7
2～3ヵ月前に行っていた	72	12.3
4～6ヵ月前に行っていた	21	3.6
6ヵ月以上前に行っていた	21	3.6
COVID-19 陽性者への理学療法総日数		
1～7日程度	134	22.9
2～3週間程度	131	22.4
1ヵ月程度	91	15.6
1～6ヵ月	143	24.5
6ヵ月以上	85	14.6
理学療法の内容		
離床	548	93.8
起立, 足踏みなどの基本動作練習	530	90.8
筋力トレーニング	504	86.3
歩行練習	456	78.1
セルフエクササイズ指導	379	64.9
腹臥位を含む体位管理・ポジショニング	342	58.6
呼吸理学療法	237	40.6
遠隔 (リモート) でのトレーニング	78	13.4
その他	46	7.9

研究への不参加・中止を選択できることなどが明記してあり、アンケート回答前に研究への参加同意を確認した。

なお、本研究は順天堂大学保健医療学部研究倫理委員会にて審査のうえ、承認 (受付番号 20-035) を得て行った。

結 果

1. 分析対象

調査期間中、アンケート回答ページに691名のアクセスがあった。そのうち、9名は回答に同意が得られなかった。また、98名がアンケートの回答を完遂しなかった。よって、584名の回答を分析対象とした (有効回答率 84.5%)。

2. 分析対象の基本的属性

584名の分析対象は、男性460例、女性124例であった。平均年齢38.4 (23～61) 歳、理学療法士としての平均経験年数は15.2 (1～39) 年であった。

3. COVID-19 陽性者への理学療法状況

584名の分析対象者のうち、220名が現在もレッドゾー

ンで患者の理学療法を行っている と回答した (表1)。次に、これまでに COVID-19 陽性患者に直接理学療法を行った総日数についての回答は、1～6ヵ月がもっとも多く、143例 (24.5%) であった。次いで、1～7日程度134例 (22.9%)、2～3週間程度131例 (22.4%) と続いた (表1)。1日平均の COVID-19 陽性患者数は、1名がもっとも多く221例 (37.8%) であった。また、1日に10名以上の COVID-19 陽性患者数を診ている理学療法士も14人 (2.4%) 存在した。1人の COVID-19 陽性患者の理学療法平均時間は、40分がもっとも多く、222例 (38.0%) であった。また、1人の COVID-19 陽性患者に1時間以上時間をかけて理学療法を行っているものも82名 (14.0%) 存在した。ちなみに、2時間以上時間をかけている理学療法士も6名 (1.0%) 存在した。

COVID-19 陽性患者に対するレッドゾーンでの理学療法の内容は多岐にわたった (表1)。特に離床、起立・足踏みなどの基本動作練習、筋力トレーニングを実施している理学療法士が多かった。

4. レッドゾーンで理学療法を行う理学療法士の感染対策の負担や心理的ストレスについて

COVID-19 診療にかかる感染対策（手指消毒やPPEの装着など）の通常診療に比した負担については、90%以上の理学療法士が負担と回答していた（表2）。

584名の分析対象者のうち、「COVID-19陽性患者を担当するにあたり、心理的にストレスに感じた点を教えてください」との項目になにも回答しなかった回答者数はわずか6名で、レッドゾーンで理学療法を行う理学療法士のほとんどがなんらかの心理的ストレスを抱えていた（表2）。心理的ストレスを感じた内容で特に多かったのは、「家族や周りへの感染（517例、89.4%）」、「自分への感染（479例、82.9%）」であった。また、「周囲からの偏見についても心理的ストレスに感じている」とした理学療法士も165例（28.5%）存在した。それらのストレスにより、「職場を辞めたい、仕事を休みたいと思ったことがある」と回答した人は86例（14.9%）存在した。そして、ストレス対処方法としてのサポートしてほしいことについては、「危険手当の支給」が一番多かった（419例、72.5%）（表2）。

COVID-19陽性患者の理学療法の担当になった経緯については、246名（42.1%）が「自ら進んで担当となった」と回答した。また、COVID-19関連の業務内容やストレスの相談相手がいるかどうかの問いについては、89.7%が「相談相手あり」と回答し、同僚（401例、68.7%）、上司（343例、58.7%）、家族（275例、47.1%）に相談すると回答したものが多かった（表2）。

最後に、今後COVID-19陽性患者などの重症感染症患者に対する理学療法をさらに推進するために必要なものを聞いたところ、「理学療法のエビデンス構築（422例、72.3%）」、「マンパワー（414例、70.9%）」、「感染症対策を含めた重症患者の理学療法について学ぶ機会を増やす（375例、64.2%）」、「病院経営者のリハビリ部門への信頼（287例、49.1%）」、「リハビリテーション専門職の管理者の理解（212例、36.3%）」、「日本理学療法士協会による啓発活動（179例、30.7%）」、「リハビリテーション科医の理解（146例、25.0%）」の順で回答が多かった。

考 察

本アンケート調査では584名の回答を得ることができた。これは理学療法士のレッドゾーン内での業務についての現時点で最大級の調査である。

1. COVID-19陽性者への理学療法について

584名の分析対象者のうち、220名（37.7%）が現在もレッドゾーンで患者の理学療法を行っているとは回答した。一方、COVID-19陽性者への理学療法総日数は、1

～6ヵ月、1～7日程度、2～3週間程が20～25%とほぼ同率であった。重症病棟の医師や看護師と異なり、理学療法士の働き方は、

- 1) 重症病棟に専従（専らその業務に従事している。原則として、その他の業務ができない）
- 2) 重症病棟に専任（その業務に従事しているが、その他の業務も行っている）
- 3) 重症病棟に患者がいるときだけ担当
- 4) 重症病棟の担当者の休日代替要員

など多岐にわたるため、COVID-19陽性者を受け入れている日本集中治療医学会の集中治療専門医研修施設、特定機能病院および地域支援病院であっても、COVID-19陽性者への理学療法総日数に乖離が生じているものと考えられた。換言すると、半年以上もレッドゾーンで患者の理学療法を行っている85名（14.6%）は、重症病棟専従または専任と考えることができる。

COVID-19陽性患者に対するレッドゾーンでの理学療法の内容は多岐にわたっていたが、離床、起立、足踏みなどの基本動作練習、筋力トレーニングといった、基本的動作の獲得に対する理学療法が多く行われていた。集中治療室での本来の理学療法士の役割の実践が際立っており、理学療法士はレッドゾーンの中でも本来の役割を果たしているといえる。一方、「腹臥位を含む体位管理・ポジショニング（342例、58.6%）」、「呼吸理学療法（237例、40.6%）」という内容も特徴的で、体位管理・ポジショニングは広範囲の身体的接触があり、呼吸理学療法も排痰手技ではエアロゾル発生の可能性があり、不要不急な場合は行わないことが原則とされる¹³⁾¹⁴⁾。また、患者のマスク装着や種類により飛沫や空気があらゆる方向に漏れる可能性があるため、N95マスクの装着はもちろんのこと、呼吸理学療法実施には慎重を期すことになる¹³⁾¹⁴⁾。実際にレッドゾーンでの理学療法は個人防護具を完全装備しなければならず、装着にも時間がかかったり、動きにくかったり、万が一の感染リスクがあるなど、肉体的、精神的な負担は少なくない。このことから、COVID-19診療にかかる感染対策（手指消毒やPPE装着など）は、90%以上の理学療法士が通常診療に比べて、かなり負担と回答していた要因のひとつになっていると考えられる。

2. レッドゾーンで理学療法を行う理学療法士の心理的ストレスについて

レッドゾーン内では人工呼吸器やECMOを装着した重症患者もおり、中等症でもリハビリテーションや介助が必要な高齢の患者もいることから、理学療法そのものの負担もさることながら、感染への不安など心理的なストレスも多く抱えることになる。頻回にレッドゾーンで陽性患者に対応することは精神衛生上問題をきたすこと

表 2 レッドゾーンで理学療法を行う理学療法士の感染対策の負担や心理的ストレスについて

項目	人数	割合 (%)
COVID-19 陽性者への感染対策の負担感		
かなり負担	287	49.1
少し負担	241	41.3
あまり負担には感じない	48	8.2
以前から標準予防策は徹底して行っていたのでまったく負担に感じない	8	1.4
COVID-19 陽性患者を担当するにあたり		
「心理的にストレスに感じた」に回答しなかった回答者数	6	1.0
「心理的にストレスに感じた」になにかしら回答した回答者数	578	99.0
(上記 578 名が) 心理的にストレスに感じた内容 (複数回答可)		
家族や周りへの感染	517	89.4
自分への感染	479	82.9
友人や同僚への感染	381	65.9
患者への感染	376	65.1
周囲からの偏見	165	28.5
個人用防護具に対して不慣れであること	162	28.0
自分の意思に反した担当	29	5.0
そのほか	39	6.7
ストレス対処方法としてのサポート (複数回答可)		
危険手当	419	72.5
仕事量全体の軽減	294	50.9
スタッフの増員	211	36.5
感染予防のための正しい教育, 教育機会の増加, 教育資源へのアクセス	202	34.9
周囲からの感謝や尊敬が示される	149	25.8
カウンセリング	59	10.2
子育て支援	41	7.1
そのほか	45	7.8
COVID-19 陽性患者の担当になった経緯		
自ら進んで	246	42.1
上司の指示	225	28.5
その他 (輪番, 専従・専任, 立場上, 役職者だから, 医師からの招集など)	113	19.3
行動制限・他者との接触制限有無		
あり (行動制限も接触制限もあり)	134	22.9
あり (他者との接触制限のみ)	45	7.7
あり (行動制限のみ)	114	19.5
なし	291	49.8
COVID-19 の業務内容やストレスの相談相手		
あり	524	89.7
なし	60	10.3
ありの場合の相談相手 (複数回答可)		
同僚	401	68.7
上司	343	58.7
健康管理部署	35	6.0
他の病院の理学療法士	76	13.0
家族	275	47.1
友人	87	14.9
そのほか	21	3.6

があるとされるが⁷⁻⁹⁾、今回の調査では、レッドゾーン内での業務の頻度や期間に依らず、レッドゾーンで理学療法を行う理学療法士のほとんどがなんらかの心理的ストレスを抱えており(表2)、COVID-19陽性者への理学療法総日数と心理的なストレスの関係は本調査では見出すことはできなかった。換言すると、たとえ短期間であっても、レッドゾーンで理学療法を行う理学療法士はなんらかの心理的ストレスを抱えることが明らかになった。

日本環境感染学会の「医療機関における新型コロナウイルス感染症への対応ガイド(第3版)¹⁹⁾」によると、完全に個人用防護具を着用して患者もマスクを装着していれば、感染の曝露リスクは低いことが報告されている。そのため、確実な個人用防護具の装着や感染についての正しい知識の習得についても推進していく必要がある一方で、レッドゾーンで働く理学療法士が実際にどれだけCOVID-19に感染したかの実態調査も必要になってくると思われる。第1波のときは、一度レッドゾーンで陽性患者を診ると自宅に帰ることができなかつたり、14日間の観察期間を経ないと職場への復帰がかなわなかったが、最近では適切に個人用防護具を装着していれば、レッドゾーンで理学療法を行っても翌朝からは通常業務に戻っている。レッドゾーンで理学療法を行う理学療法士のストレス対策のためにも、正しい知識に基づく正しい対応や予防策をさらに周知する必要がある。

一方、周囲からの偏見についても心理的ストレスに感じているとした理学療法士も165例(28.3%)存在した。感染することへの不安だけでなく、周囲からの偏見から差別を受けたり、家族との関係が悪化したりすることによる「社会的ストレス」は、仕事に対するモチベーションに影響し、自発的な離職につながる可能性も指摘されている²⁰⁾。事実、それらのストレスにより、「職場を辞めたい、仕事を休みたいと思ったことがある」と回答した人は、86例(14.7%)存在した。精神科医などで構成されるメンタルヘルスケアチームによるカウンセリングは、理学療法士に対しても行われるべきと考えられた。

今後COVID-19陽性患者などの重症感染症患者に対する理学療法をさらに推進するために必要な理由では、「理学療法のエビデンス構築」との回答が7割を超えていた。「マンパワーが必要」という回答も多かった。新型コロナウイルスという世界規模で広がる新たなウイルスへの対応は全世界で検討されており、エビデンスも蓄積されてきている。また、レッドゾーンでの理学療法は個人防護具をフルで装着しなければならず、装着にも時間がかかったり、動きにくかったり、万が一の感染リスクがあるなど、肉体的、精神的な負担は少なくなく、また、個人用防護具はディスプレイであることから、それそのものもコストも無視できない。現在、レッド

ゾーンでの理学療法といっても診療報酬上の例外はなく、診療報酬単価の上昇をめざすうえでもエビデンスの蓄積が重要である。

本研究の限界は、COVID-19陽性患者に対してレッドゾーンで理学療法を行ったすべての理学療法士に対する調査でないことや、584名の分析対象者のうち、6名を除く578名(98.9%)がなんらかの心理的ストレスを訴えていたことから、レッドゾーン内で働く理学療法士の心理的ストレスの影響因子を同定できなかったことである。

結 論

584名の分析対象者のうち、「COVID-19陽性患者を担当するにあたり、心理的にストレスに感じた点を教えてください」との項目になにも回答しなかったものはわずか6例(1%)で、レッドゾーンで理学療法を行う理学療法士の99%がなんらかの心理的ストレスを抱えていた。心理的ストレスを感じた内容で特に多かったのは、「家族や周りへの感染」、「自分への感染」であった。

利 益 相 反

本調査は、令和2年度厚生労働科学研究費補助金(厚生労働科学特別研究事業)による助成を得て行われた(課題番号20CA2047)。また、共著者の森澤文登はファイザー株式会社の社員であるが、本研究は潜在的な利益相反として解釈される可能性のある商業的または金銭的関係がない状態で行われた。

謝辞: アンケート作成過程において貴重なアドバイスをいただいた神戸市立医療センター中央市民病院岩田健太郎氏に深謝します。

文 献

- 1) 忽那賢志: 新型コロナウイルス感染症の基礎知識. 総合健診. 2021; 48: 220-228.
- 2) 北原エリ子, 山崎優太, 他: 理学療法士が支える 当院におけるCOVID-19患者に対する理学療法士の関わり. PAIN RESEARCH. 2020; 35: 218.
- 3) 横山仁志, 堅田紘頌, 他: 重症患者の管理 リハビリテーション. Expert Nurse. 2020; 36: 32-38.
- 4) Amanullah S, Shankar, RR: The Impact of COVID-19 on Physician Burnout Globally: A Review. Healthcare. 2020; 8: 421.
- 5) Celmece N, Menekay M: The Effect of Stress, Anxiety and Burnout Levels of Healthcare Professionals Caring for COVID-19 Patients on Their Quality of Life. Front Psychol. 2020; 11: 597624.
- 6) Correia I, Almeida AE: Organizational Justice, Professional Identification, Empathy, and Meaningful Work During COVID-19 Pandemic: Are They Burnout Protectors in Physicians and Nurses? Front Psychol. 2020; 11: 566139.
- 7) Miguel-Puga JA, Cooper-Bribiesca D, et al.: Burnout, depersonalization, and anxiety contribute to post-

- traumatic stress in frontline health workers at COVID-19 patient care, a follow-up study. *Brain Behav.* 2020, e02007.
- 8) Naldi A, Vallegong F, *et al.*: COVID-19 pandemic-related anxiety, distress and burnout: Prevalence and associated factors in healthcare workers of North-West Italy. *BJPsych Open.* 2021; 7: e27.
 - 9) Tan BYQ, Kanneganti A, *et al.*: Burnout and Associated Factors Among Health Care Workers in Singapore During the COVID-19 Pandemic. *J Am Med Dir Assoc.* 2020; 21: 1751-1758.e5.
 - 10) Sung CW, Chen CH, *et al.*: Burnout in Medical Staffs During a Coronavirus Disease (COVID-19) Pandemic. Available at: <https://ssrn.com/abstract=3594567> (accessed July 7, 2021).
 - 11) Matsuo T, Kobayashi D, *et al.*: Prevalence of Health Care Worker Burnout During the Coronavirus Disease 2019 (COVID-19) Pandemic in Japan. *JAMA Netw Open.* 2020; 3: e2017271.
 - 12) Nishimura Y, Miyoshi T, *et al.*: Burnout of Healthcare Workers amid the COVID-19 Pandemic: A Japanese Cross-Sectional Survey. *Int J Environ Res Public Health.* 2021; 18: 2434.
 - 13) Physiotherapy Management for COVID-19 in the Acute Hospital Setting. Recommendations to guide clinical practice. https://www.wcpt.org/sites/wcpt.org/files/files/wcptnews/images/Physiotherapy_Guideline_COVID-19_FINAL.pdf?fbclid=IwAR2OKmCAzg6TfPqZCVbz8FYtdSbkPEs5ZUVUnaeOjiVu2lDNZKolVEwHr3Q (accessed July 7, 2021).
 - 14) 急性期病院における COVID-19 の理学療法管理：臨床実践のための推奨 (Physiotherapy Management for COVID-19 in the Acute Hospital Setting. Recommendations to guide clinical practice. の邦訳) https://www.jsicm.org/news/upload/Physiotherapy_Guideline_COVID-19_V1_ja.pdf (2021 年 7 月 7 日引用).
 - 15) 成田寿次, 秋山浩一, 他: 新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) 感染患者に対し理学療法を施行した一症例. *理学療法科学.* 2020; 35: 751-755.
 - 16) 伊藤真也, 温品悠一: 体外式膜型人工肺管理下で理学療法を実施した新型コロナウイルス感染症による重症肺炎の 1 症例. *理学療法学.* 2021; 48: 117-123.
 - 17) 本田明広, 岩田健太郎, 他: COVID-19 に対する理学療法士としての挑戦 1 を救い 10 も救うことができたか? 急性期から地域連携まで. *理学療法ジャーナル.* 2020; 54: 819-826.
 - 18) 岩田健太郎, 北原エリ子, 他: 新型コロナウイルス 各現場から, with コロナ時代の理学療法を展望する COVID-19 治療最前線での理学療法 第 2 波, その先に向けて. *理学療法ジャーナル.* 2020; 54: 796-801.
 - 19) 日本環境感染学会「医療機関における新型コロナウイルス感染症への対応ガイド (第 3 版)». http://www.kankyokansen.org/uploads/uploads/files/jsipc/COVID-19_taioguide3.pdf (2021 年 7 月 7 日引用).
 - 20) Chu E, Lee KM, *et al.*: Hospital-Based Health Care Worker Perceptions of Personal Risk Related to COVID-19. *J Am Board Fam Med.* 2021; 34(Suppl): S103-S112.
- 電子付録 (補遺) :**
- 1 補遺 新型コロナウイルス感染症に対応する理学療法士のストレスと働き方に関する研究のアンケート調査内容

〈Abstract〉**Psychological Stress among Frontline Physical Therapists during the Coronavirus (COVID-19) Pandemic in Japan**

Tetsuya TAKAHASHI, PT, PhD, Tomoyuki MORISAWA, PT, PhD, Masakazu SAITOH, PT, PhD,
Ryuichi SAWA, PT, PhD, Kaori TANIGUCHI, BA, Toshiyuki FUJIWARA, MD, PhD
Department of Physical Therapy, Faculty of Health Science, Juntendo University

Tetsuya TAKAHASHI, PT, PhD, Eriko KITAHARA, PT, PhD
Department of Rehabilitation Medicine, Juntendo University Hospital

Yuji NISHIZAKI, MD, PhD
Department of Medical Education and Research, Juntendo University School of Medicine

Shuko NOJIRI, PhD
Medical Technology Innovation Center, Juntendo University

Fumito MORISAWA, MMS, Tohru MINAMINO, MD, PhD, Hiroyuki DAIDA, MD, PhD
Department of Cardiovascular Biology and Medicine, Juntendo University Graduate School of Medicine

Toshiyuki FUJIWARA, MD, PhD
Department of Rehabilitation Medicine, Juntendo University Graduate School of Medicine

Hiroyuki DAIDA, MD, PhD
Faculty of Health Science, Juntendo University

Objective: The purpose of this study was to identify psychological stress among physical therapists who provide physical therapy to patients with novel coronavirus disease (COVID-19) in the containment zone.

Methods: A survey was conducted using an internet-based questionnaire system. In addition to basic personal information, the content of the physical therapy, the burden of infection control, and psychological stress were surveyed.

Results: Of the 584 individuals analyzed, only six physical therapists did not state that they feel “stressed” about physical therapy conducted in the containment zone. In addition to anxiety over the possibility of being infected, social stress – such as being discriminated against due to prejudice from others – were also identified. The most common types of psychological stress were “infection of family members and others” (88.5%) and “infection of oneself” (82.0%).

Conclusion: Almost all physical therapists who provide direct physical therapy in the containment zone to patients with COVID-19 showed signs of psychological stress.

Key Words: Physical therapists, COVID-19, Containment zone, Psychological stress

実践報告

新型コロナウイルス感染症拡大の影響により オンラインで実施した臨床実習の 学生満足度と今後の課題*

中根 征也^{1)2)#} 安田 彩夏³⁾ 松尾 浩希¹⁾ 平川 正彦¹⁾
杉本 圭¹⁾ 檜垣 奨¹⁾ 笹倉 栄人³⁾ 富田 昌夫¹⁾³⁾⁴⁾

要旨

【目的】新型コロナウイルス感染症拡大によって、臨床実習が行えず、オンラインを活用した学内実習を実施した。実施した内容と学生の満足度について報告する。【方法】本学に在籍する2年生69名と4年生64名の学内実習において、オンライン上で実習協力者と学生をつなぎ、医療面接や姿勢動作観察、臨床推論を実施した。また、学生を対象に質問紙による満足度などを調査した。【結果】学年間の質問紙調査の結果を比較すると、2年生と比較して4年生は、満足度・学習意欲・学習効果などの質問において、肯定的な回答が多いことがわかった。【結論】低学年では、医療面接などを通じて、臨床経験の積み重ねが期待できるが、最終学年では理学療法プログラムの経験などが不十分となり、臨床経験の積み重ねは難しい。今後は臨床実習だけでなく、「当事者」を講師として招き、臨床さながらの経験ができる学内演習授業を構築することが課題である。

キーワード COVID-19, オンライン, 臨床実習, 学生満足度, 課題

はじめに

新型コロナウイルス感染症（以下、COVID-19）は、2019年12月に中華人民共和国の武漢市から感染が拡大した。世界保健機関（WHO）は、2020年3月11日にCOVID-19のアウトブレイクを世界的なパンデミックであると判断した。

日本国内では2020年3月上旬から感染者の増加がは

じまり、その後都市部を中心としたクラスター感染が次々と報告され、感染者数が急増した。その結果、4月16日には全国すべての都道府県を対象に緊急事態宣言が発令され、その間、外出の自粛要請、休業要請、公立学校の休業などの取り組みが行われた。

理学療法卒前教育の臨床実習は、理学療法士作業療法士学校養成施設指定規則¹⁾や理学療法士作業療法士養成施設指導ガイドライン²⁾では、1単位を40時間以上の実習をもって構成し、その総単位数を20単位とすることを規定している。COVID-19の感染拡大に伴い臨床実習の実施は困難をきわめ、それは世界中で同様であった。Association of American Medical College (AAMC: 米国医科大学協会)は学生の患者診療に関するガイドラインを公表し、COVID-19流行地域では学生の直接的な患者診療を行わないことを強く推奨した³⁾。このような状況の中、厚生労働省は、COVID-19に伴う医療関係職種などの各学校の対応について、実習施設の変更を検討し、それでもなお実習施設などの代替が困難である場合は、実情を踏まえ実習に代えて演習または学内実習などを実施することで必要な知識および技能を修得すること

* Student Satisfaction and Future Issues in Clinical Practice Conducted Online Due to the Impact of the Spread of New Coronavirus Infection

1) 森ノ宮医療大学

(〒559-8611 大阪府大阪市住之江区南港北1-26-16)

Seiya Nakane, PT, MSc, Hiroki Matsuo, PT, MSc, Masahiko Hirakawa, PT, Kei Sugimoto, PT, MSc, Tsutomu Higaki, PT, Masao Tomita, PT: Morinomiya University Medical Sciences

2) 兵庫教育大学大学院

Seiya Nakane, PT, MSc: Hyogo University of Teacher Education

3) 株式会社ALTURA

Ayaka Yasuda, PT, Eito Sasakura, BA, Masao Tomita, PT: ALTURA, Inc

4) 藤田医科大学

Masao Tomita, PT: Fujita Health University

E-mail: nakane@morinomiya-u.ac.jp

(受付日 2021年3月9日/受理日 2021年7月15日)

[J-STAGEでの早期公開日 2021年9月1日]

表 1 本学科の各実習における教育概要および到達・行動目標

検査測定実習 (2年生)	臨床総合実習 I (4年生)
<p>1. 教育概要 これまでに修得した内容をもとに、対象者への検査・測定を経験し、技術を向上させることを目的とする。また、臨床現場でのリハビリテーションチームの構成や、チーム中での理学療法士の役割を把握することも目的としている。</p> <p>2. 到達目標 理学療法士の臨床業務を把握し、検査・測定の技術を向上させる。</p> <p>3. 行動目標 1) リハビリテーションチームの構成や理学療法部門の位置づけを把握できる。 2) 実習指導者が対象に実施した理学療法の内容を認識できる。 3) 問診・医療面接を経験する。 4) 実習指導者の指導の下、安全に配慮した検査・測定を経験する。</p>	<p>1. 教育概要 これまでに修得した知識と技術、理学療法評価の実践能力をもとに、臨床実習指導者の指導の下、自己で計画した理学療法プログラムの実践を経験することを目的とする。</p> <p>2. 到達目標 対象者の生活機能の理解を通じて、理学療法プログラムを立案し、これを実施する。</p> <p>3. 行動目標 1) 対象者の生活機能を想起できる。 2) 対象者の生活機能を踏まえた理学療法プログラムを想起できる。 3) 安全に配慮した理学療法介入を経験する。 4) 理学療法介入を通じて、対象者が日々変化していることを認識する。 5) 対象者の変化を通じて、理学療法評価の内容を再度検証する。</p>

として差し支えないとした事務連絡を出した⁴⁾。そこで、各医療職養成校は学生の臨床実習の機会を少しでも確保するため、様々な工夫を余儀なくされたはずである。諸外国では、医療系学生の教育手段としてオンライントレーニングは普及しており、学習効果の検討も報告されている⁵⁾⁶⁾。さらに、我が国における医師や保健師の養成校において ICT 教育およびオンライン実習を実施した報告は散見される⁷⁻¹⁰⁾。しかし、理学療法士養成課程におけるオンラインツールを用いた臨床実習報告は見あたらない。本学では、オンラインツールを用いて、実習協力者と学生がオンラインでつながる学内実習を試みた。今後、COVID-19 の流行は長期化すると考えられることや、重症急性呼吸器症候群 (SARS) などの新型感染症が定期的に発生したことを考慮すると、私たちがオンラインで実施した学内実習は共有すべきであると考えられる。各養成校が実践した工夫を共有し、新たな時代に即した臨床実習を考える一助になることを期待し、本学で取り組んだ内容と学生の満足度を報告する。

対象および方法

1. 対象

対象は、検査測定実習を履修した本学理学療法学科 (以下、本学科) に在籍する 2 年生 69 名 (男性: 42 名, 女性: 27 名) と臨床総合実習 I を履修した本学科に在籍する 4 年生 64 名 (男性: 34 名, 女性: 30 名) とした。検査測定実習は 2020 年 8 月 3 ~ 7 日までの 5 日間でオンライン実習を実施した。また、臨床総合実習 I については、2020 年 6 月 1 日より開始の予定であったが、COVID-19 の影響と夏季休暇、臨床総合実習 II の履修なども鑑み、2020 年 7 月 6 ~ 31 日までと 11 月 16 日 ~ 12

月 11 日までの期間でオンライン実習を実施した。なお、本報告の臨床総合実習 I については、7 月 6 ~ 31 日までに実施したオンライン実習について述べる。

質問紙調査においては、森ノ宮医療大学の学術研究倫理審査委員会の承認 (受付番号: 2020-039) を得て実施した。また、対象学生に対して質問紙内容を口頭と書面で説明し、回答への同意を得た。

2. 本学の臨床実習の概要とオンライン実習のおもな取り組み

本学科は、人間性を重視し、協調性をもってリハビリテーションチームの一員として活躍できる理学療法士を育成することを教育理念としている。その教育理念をもって、実習で理学療法対象者と出会い、理学療法に触れるなかで、人間関係のあり方や医療人としての自覚などを身につけるべく臨床実習科目を配置している。今回対象とした実習における教育概要および到達・行動目標を表 1 に示す。

今回のオンライン実習は、オンライン実技、課題解決型学習 (以下、PBL 学習)、実技指導・練習から構成する 3 つのセクションにわけて実施した。

1) オンライン実技

適切な理学療法を実施するためには医療面接や姿勢動作観察を実践することが必要となる。そこで、画面を通して実習協力者の体験談の拝聴、医療面接や姿勢動作観察を実施し、臨床推論に必要な情報を得る目的で同時双方型オンラインシステム Zoom を用いてオンライン実技を実施した。なお、学生には事前に実習協力者の情報を提供し、疾患の症状や術式などの復習、疾患から予測される障害を想起させた。さらに、その内容をグループで



図1 オンライン実技当日の実施風景

表2 実習協力者情報

	実習協力者 A	実習協力者 B	実習協力者 C
性別 / 年齢・診断名	女性 / 50 歳台・脳梗塞 (左片麻痺)	男性 / 70 歳台・肺腺癌 (右上葉)	男性 / 50 歳台・パーキンソン病
ADL レベル	修正自立レベル 歩行 屋内：独歩 屋外：T 字杖, 短下肢装具着用	自立レベル 両肩関節に可動域制限あり	自立レベル 徐々に動作緩慢となっている
各実習協力者 (延べ5名)	臨床総合実習 I / 検査測定実習	臨床総合実習 I / 検査測定実習	臨床総合実習 I
オンライン実技 所要時間	1 人あたり 4 時間		
謝金	本学謝金支給規定に基づき謝金を支給		

共有, 意見交換しオンライン実技の準備とした。その間, 教員は適宜学生とともに考え, 学習を促した。

実習協力者は自宅やスタジオ, 学生は教室に数名ずつに分かれ, 体験談の拝聴, 医療面接, 姿勢動作観察を実施した (図1)。臨床実習において, 学生が効率的に学習を進めるためには, 学習段階に応じて「見学」, 「協同参加」, 「実施」の順に, 実習生の関与を段階的に増加させることが重要である¹¹⁾。オンライン実技においても, その特性を活かしながら, 教員の実践を「見学」することから開始し, 教員とともに「協同参加」する経験を経て学生主体で「実施」となるよう行った。

実習協力者は, 株式会社 ALTURA に招聘を依頼した。また, 実習協力者には株式会社 ALTURA の理学療法士が帯同し, 動作介助やリスク管理を実施した。なお, 実習協力者の疾患などの詳細については表2に示す。

オンライン実技の具体的内容を以下に述べる。

(1) 実習協力者の体験談拝聴

実習協力者心理を思慮することを目的として行った。発症当時の不安やリハビリテーション体験談, 医療従事者に望むことなどを拝聴した。また, 実習協力者の体験

談を拝聴すると同時に, 画面を通して, 姿勢動作観察を実施し, 問題点の想起も実施した。

(2) オンライン医療面接

事前学習の内容を基に実習協力者の主訴・要望などを聴取することを目的として実施した。実習協力者と学生, さらに教員も交えて実施した。学生間でのピアレビューの促進を期待し, 面接内容は教室に在る学生全員が拝聴できる仕組みとした。また, 医療面接中においても姿勢動作観察を実施した。

(3) 姿勢動作観察

実習協力者の事前情報や医療面接などから想起された姿勢動作を観察し, さらなる問題点を想起することを目的として実施した。姿勢動作観察は画面を通して実施され, 実習協力者は学生が求めた姿勢や動作を帯同している理学療法士の下で行った。さらに, 関節可動域や筋力などの検査・測定の実施についても, 学生が求めたものについては, 対象者に帯同している理学療法士によって実施し, その結果を共有した。

(4) 臨床推論

理学療法士には基本動作の実用性の低下を中心とした

オンライン実習の構成			
セクション	オンライン実技	PBL 学習	実技指導・練習
目的	Zoom を用いて医療面接や姿勢動作観察等を実践する	PBL による学習を通して、理学療法プロセスの理解を深める	基本的な検査・測定等を復習し、その技能向上を図る
具体的内容	実習協力者の体験談拝聴	症例「大腿骨頸部骨折」	意義目的、手順等の確認
	オンライン医療面接	症状・障害の理解、障害像想起	教員による実技デモンストレーション
	姿勢動作観察	検査測定・情報収集項目の抽出	および実技指導
	臨床推論	問題点抽出、理学療法プログラム検討	実技練習

オンライン実習の流れ					
曜日	月	火	水	木	金
オンライン実技 (9:00-13:00)	実習協力者情報の提示		実習協力者の体験談拝聴		臨床推論
	症状・障害の理解、障害像の想起		オンライン医療面接		
	医療面接等の準備、シミュレーション		姿勢動作観察		
実技指導・練習 (14:00-16:00)	意義目的・手順、留意事項の確認		実技練習		
	教員によるデモンストレーション		教員による実技指導		手順等の確認
PBL 学習 (16:00-18:00)	症例の提示	障害像の想起		問題点の抽出、目標設定	
	症状・障害の理解		検査測定・情報収集項目の抽出		PT プログラム検討

図2 オンライン実習の構成とその流れ

活動制限や機能・構造障害の構成要素同士の関連性を捉えるための臨床推論が非常に重要である¹²⁾。そこで、臨床推論を実践した。

検査測定実習では、実習協力者の活動制限や機能・構造障害の関連性を見出し、理学療法で治療や指導の対象となる問題点を抽出した。また、臨床総合実習 I では、検査測定実習と同様、実習協力者の問題点を抽出し、そのうえで理学療法プログラムを検討した。さらに、両実習ともに、チームアプローチにおける理学療法士の役割を考察した。

2) PBL 学習

理学療法プロセスの理解を深めるためには、臨床推論を経験することは非常に有効である¹¹⁾。そこで、整形外科疾患を題材とした PBL 学習を実施した。症例は、大腿骨頸部骨折術後とした。

検査測定実習では、症状・障害の理解、障害像を想起させ、検査測定項目・情報収集項目を抽出するまでを実施した。臨床総合実習 I では、問題点を抽出、到達目標を設定し、理学療法プログラムを検討するまでの理学療法プロセスについて実践した。ここでも教員は必要な基礎知識を適宜提示・解説しながら、学生の学習を促した。

3) 実技指導・練習

基本的な検査・測定などを復習し、その技能向上を図ることを目的に、実技指導・練習を実施した。

実施項目は、検査測定実習では臨床技能の心得と触れ

方、脈拍と血圧測定、形態測定、関節可動域測定を実施した。臨床総合実習 I では、検査測定実習で実施した 5 項目に加え、徒手筋力検査、動作観察・動作分析、コミュニケーション技法も実施した。実技指導は本学科教員により実施され、検査測定の意義目的、手順を確認したうえで、教員による実技デモンストレーションを通して、検査・測定の実施方法を解説するだけでなく、必要に応じたリスク管理なども含めた留意事項について適宜説明を加えた。もちろん、十分な感染症対策を講じたうえで実施し、フェイスシールド、マスクの着用、実技開始前後における手指衛生を徹底した。

なお、オンライン実習の構成と流れについて図2に示す。

3. 履修学生への質問紙調査

これらオンライン実習は、本学科においてはじめての試みであり、試行錯誤で実施した。臨床実習教育の手引きでは、臨床実習は実習生が実習指導者の教育支援の下で、対象者のためを考え、対象者と実習指導者から実践を通して学び、理学療法士のプロフェッショナルリズムを実感するという大変重要な教育機会である⁹⁾としている。そこで、今回のオンライン実習が学生にとって、どのような教育機会となったのかを明らかにする必要があると考えた。そのため、オンライン実習後に学生の意識や満足度について調査した。

調査方法は、Google フォームでの Web アンケートを

用いた質問紙調査とし、検査測定実習、臨床総合実習 I それぞれのオンライン実習終了日に無記名で回答させた。なお、回答終了後に重複した回答がないことを確認した。

質問紙調査は、全 8 項目とし、すべての質問で「大変満足できた」、「やや満足できた」、「やや不満だった」、「大変不満だった」のように 4 件法で実施した。

4. 分析方法

質問紙における結果の分析においては、質問項目ごとに度数分布（名）と百分率（%）で示し、回答傾向について検査測定実習と臨床総合実習 I を比較した。統計解析は、質問項目ごとに検査測定実習と臨床総合実習 I の度数分布を Pearson の χ^2 検定、Fisher の正確確率検定を用いて比較した。さらに有意差を認めた項目には残差分析を行った。統計解析には R コマンドー 2.7.0 (R4.0.2 ; CRAN, freeware) を使用し、有意水準を 5% とした。

結 果

1. 質問紙の回収状況と結果

2 年生は検査測定実習に参加した 69 名の内、最終日に体調不良により欠席した 1 名の学生以外の 68 名（男性：41 名、女性：27 名）、4 年生は臨床総合実習 I に参加した 64 名（男性：34 名、女性：30 名）すべての学生から回答が得られた。

回答について、質問項目のカテゴリー（満足度、学習意欲、学習効果、キャリア形成）を示し、検査測定実習および臨床総合実習 I それぞれの度数分布とその割合を百分率にて表 3 に示す。

2. 質問紙の各項目への 2 年生および 4 年生それぞれの回答傾向

満足度、学習意欲、学習効果、キャリア形成のすべての質問項目で 2 年生および 4 年生ともに「大変満足できた・やや満足できた」や「できた・少しできた」などの肯定的な回答が「やや不満だった・大変不満だった」や「あまりできなかつた・まったくできなかつた」などの否定的な回答より多かった。

3. 質問紙回答結果の 2 年生と 4 年生の比較

質問項目ごとに 2 年生と 4 年生の回答結果を Pearson の χ^2 検定、Fisher の正確確率検定を用いて比較したところ、実習前の学習意欲に関する質問 1 以外の質問 2～8 の 7 項目で有意な差を認めた ($p < 0.05$)。さらに有意差を認めた 7 項目において残差分析を行い、質問項目の選択肢ごとに 2 年生と 4 年生の回答傾向を比較した。その結果、質問 2～8 の 7 項目すべてにおいて、より肯定的な回答である選択肢 1 が 4 年生より 2 年生に多い結果

で有意差を認めた ($p < 0.05$)。一方、満足度に関する質問 2 と 8 では、否定的な回答である選択肢 3 および 4 のいずれも 2 年生より 4 年生に多い結果で有意差を認めた ($p < 0.05$)。また、学習意欲に関する質問 3 と 4、学習効果に関する質問 5 と 7、キャリア形成に関する質問 6 では、否定的な回答である選択肢 3 が 2 年生より 4 年生に多い結果で有意差を認めた ($p < 0.05$)。

考 察

1. 実習前のオンライン実習への期待

質問 1 では、各学年における実習前のオンライン実習への期待を質問した。結果、両学年とも「大変高まった・少し高まった」という肯定的な回答が「あまり高まらなかった・まったく高まらなかった」とする否定的な回答より多く得られたが、有意な差を認めなかった。東洋大学現代社会総合研究所 ICT 教育研究プロジェクトの調査¹³⁾ や東北大学高度教養教育・学生支援機構教育評価分析センターの調査¹⁴⁾ によると、学生にとって、オンライン授業は自分の好きなペースで受講できることから、内容理解を深めたり復習がしやすかったりと肯定的な意見の反面、レポートなどの課題が多く、目の疲労や頭痛、肩こりなどの疲れやストレスなど不安や不満の訴えがあると報告している。オンライン実習においても学生は、オンライン授業のような疲れやストレスについての不安や不満を想起したと考えている。また、高岡ら¹⁵⁾ は看護学生における学内実習・オンライン実習における不安を調査しており、どのような実習になるかわからなくて不安だと感じている学生が多かったと報告している。本学科の学生においても同様の不安があったと考えている。

また、実習は本来、臨床現場で実施される。高岡ら¹⁵⁾ の調査によると、実際の病院で実習ができず、臨床での経験不足になることに不安を感じている学生も多いとしている。したがって、本学科の学生においてもオンライン実習になったことで、理学療法技術の体験や経験が不足し、その結果技術習得が不十分になってしまうことへの不安や不満も想起されたと考えている。

このように学生は、オンライン授業での経験や臨床現場で実施されない実習への不安や不満があり、オンライン実習への期待は少なかったと考えている。

2. オンライン実習に対する意識の学年間格差について

質問 2～8 については、実習後の学生の意識や意見を聴取するための質問である。質問 2・8 ではオンライン実習の満足度について、質問 3・4 では、オンライン実習を通しての意欲について質問した。また、質問 5・7 では学習効果について質問し、質問 6 では、キャリア形成の意識について質問した。それらすべての質問で、両

表3 2年生検査測定実習と4年生臨床総合実習Iの質問紙調査結果とその比較

質問番号と内容	質問 カテゴリー	選択肢	選択肢別回答数 (回答率)	
			検査測定実習 (N=68)	臨床総合実習 (N=64)
1. あなたは、オンライン実習の連絡を受けて、理学療法に対する学習意欲に変化はありましたか？	学習意欲	1. 大変高まった	30 (44.1%)	17 (26.6%)
		2. 少し高まった	22 (29.4%)	19 (29.7%)
		3. あまり高まらなかった	15 (22.1%)	26 (40.6%)
		4. まったく高まらなかった	1 (1.5%)	2 (3.1%)
2. あなたは、オンライン実習を通して、臨場感を感じることができましたか？*	満足度	1. 強く感じた**	20 (29.4%)	9 (14.1%)
		2. 少し感じた	40 (58.8%)	27 (42.2%)
		3. あまり感じなかった***	8 (11.8%)	23 (35.9%)
		4. まったく感じなかった***	0 (0%)	5 (7.8%)
3. あなたは、オンライン実習を通して、患者様を理解しようことができましたか？*	学習意欲	1. できた***	56 (82.4%)	29 (45.3%)
		2. 少しできた**	11 (16.2%)	27 (42.2%)
		3. あまりできなかつた***	1 (1.5%)	7 (10.9%)
		4. まったくできなかつた	0 (0%)	1 (1.6%)
4. あなたは、オンライン実習を通して、理学療法に対する学習意欲が高まりましたか？*	学習意欲	1. 大変高まった**	53 (77.9%)	19 (29.7%)
		2. 少し高まった**	14 (20.6%)	29 (45.3%)
		3. あまり高まらなかった***	1 (1.5%)	15 (23.4%)
		4. まったく高まらなかった	0 (0%)	1 (1.6%)
5. あなたは、オンライン実習を通して、理学療法士になるために必要なあなた自身の課題について考えることができましたか？*	学習効果	1. できた***	58 (85.3%)	19 (29.7%)
		2. 少しできた**	9 (13.2%)	33 (51.6%)
		3. あまりできなかつた***	1 (1.5%)	11 (17.2%)
		4. まったくできなかつた	0 (0%)	1 (1.6%)
6. あなたは、オンライン実習を通して、理学療法に対する心境の変化を感じましたか？*	キャリア形成	1. 強く感じた**	32 (47.1%)	14 (21.9%)
		2. 少し感じた	33 (48.5%)	33 (51.6%)
		3. あまり感じなかった***	3 (4.4%)	14 (21.9%)
		4. まったく感じなかった	0 (0%)	3 (4.7%)
7. あなたは、オンライン実習が、臨床経験を積み重ねる一助となったと思いますか？*	学習効果	1. 強く思う***	41 (60.3%)	16 (25%)
		2. 少し思う	24 (35.3%)	31 (48.4%)
		3. あまり思わない***	3 (4.4%)	15 (23.4%)
		4. まったく思わない	0 (0%)	2 (3.1%)
8. あなたは、オンライン実習を通して、総合的に満足することができましたか？*	満足度	1. 大変満足できた***	34 (50%)	9 (14.1%)
		2. やや満足できた	31 (46.6%)	37 (57.8%)
		3. やや不満だった***	3 (4.4%)	14 (21.9%)
		4. 大変不満だった***	0 (0%)	4 (6.3%)

* Pearsonの χ^2 検定, Fisherの正確確率検定で有意差を認めた質問項目 (p < 0.05)
 ** 残差分析で有意差を認めた選択肢項目 (p < 0.05)

学年ともに肯定的な回答が否定的な回答を上回る結果であった。しかし、Pearsonの χ^2 検定で有意差が認められ、その後の残差分析の結果、すべての質問で4年生は2年生に比べ、肯定的な回答をした学生が有意に少なく、否定的な回答をした学生が有意に多い結果であった。これは、各学年における臨床実習の到達目標や構成の違いが影響したと考える。臨床実習教育の手引きでは、臨床実習の構成を3年次までの臨床実習では、「診療チームの一員としての理学療法士の役割について学び、基本的な検査・測定などを適切に実施し、得られた情報から障害

像を考え、課題解決に向けた仮説を立てる過程を学ぶ」としており、さらに4年次では、「様々な疾患・状態の対象者を数多く経験し、経過の観察を通じて理学療法の効果を学ぶ」としている¹¹⁾。

地域病院臨床実習をオンラインで実施した岡崎らの報告⁷⁾では、プロブレムリスト作成や臨床推論についての学習目標は、オンラインでもかなりの程度まで達成可能としている。今回のオンライン実習において、2年生は実習協力者とのオンラインでのつながりを通して、体験談から理学療法対象者の心理を思慮し、医療従事者と

しての接遇を学ぶことができた。さらに、医療面接や姿勢動作観察を実施することで、理学療法士の役割の再確認もできたと考える。また、それらの情報から臨床推論を実施することができ、対象者の障害像をしっかり捉えようとすることができたと考える。一方、4年生は、対象者を理解しようとする意欲やオンライン実習そのものに臨む意欲は高いと考える。しかし、実習協力者とのオンラインでのつながりだけでは、対象者への検査・測定や理学療法プログラムの実施が十分できず、対象者の経過の観察や理学療法の効果を学ぶことが不十分だったと考える。内山¹⁶⁾は、実習科目でのオンライン活用は、従来に比して臨床推論に関する学習は明示化できるが、ハンズオン・スキルの経験と技能の習得には困難があったと述べている。さらに、細川ら⁸⁾が実施した保健師のオンライン代替実習では、学生はオンライン実習に早期に適応し、楽しみながら主体的に実践でき、公衆衛生看護における重要な視点と方法の学びを深められたとしている。しかし、臨床実習でしか学べない現場感覚も重要な学びであることをデメリットとして挙げている。また、岡田ら¹⁷⁾の薬剤師のオンライン実習の報告でも症例報告を通して、患者対応や指導、患者教育への成果は高かったと報告した一方で、チーム医療に関する学びは低く、現場感覚を学ぶ内容が乏しいと推察している。すなわち、オンライン実習は、2年生においては、自らが得た情報を基に臨床推論することができた。結果、学習意欲や学習効果、実習への満足度が高くなったと考える。しかし、4年生にとっては、実際に対象者への検査・測定や理学療法プログラムの経験が十分できず、2年生と比べ否定的な回答が多くなったと考える。

したがって、2年生においては、オンライン実習前の不安や不満は払拭できたが、4年生においては、臨床でしか経験できないことを経験することができず、オンライン実習の不安や不満が残ったままであったと考える。特に、質問2「あなたは、オンライン実習を通して、臨場感を感じることができましたか?」という問いに対し、4年生では、肯定的な回答33名、否定的な回答28名であった。それに対して、2年生では肯定的な回答60名で、否定的な回答8名であった。さらに、質問7「あなたは、オンライン実習が、臨床経験を積み重ねる一助となったと思いますか?」という質問では、4年生の肯定的な回答47名、否定的な回答17名であった。一方、2年生の肯定的な回答65名で、否定的な回答3名であった。これら2つの回答は特に、学生の率直な気持ちを如実に表していると捉えている。

3. まとめと今後の課題

臨床実習教育の手引き¹¹⁾では、臨床実習を養成施設教育の集大成ではなく、本当の「患者」から学ぶ機会であ

あるとしている。山下ら¹⁸⁾は、療法士は、患者に直接的あるいは道具を介して間接的に触れ、自身の五感(味覚は除くが)を用いて患者の変化を知覚しながら治療介入し、患者のもつ障害の改善を図る専門職であると述べている。これらのことから、オンライン実習を通じて、臨床という環境の中で、指導者と理学療法対象者との関係に学生が協同参加し、数多くの臨床現場でしかできない経験を行うことがきわめて重要であることも明確になり、再確認できた。特に、理学療法士の特異性の涵養や多職種連携、技術の習熟などについては、学生が臨床現場で指導者と一緒になって経験することが必要であり、オンライン実習で学ぶことは非常に難しく、臨床実習のすべてをオンライン実習で代替することは難しいと捉えることができた。

今回のオンライン実習は、学生にとってはもちろん、教員にとってもはじめての経験であり、かかわった者全員が不安を感じていた。しかし、そのような状況下でも、学生の真剣に取り組む姿勢が印象的であった。人と人がかかわりをもつことが難しい中、オンラインという環境下でも実習協力者とかかわりを持ち、その方々に必要な理学療法を考える経験ができたことで、学生は理学療法士として活躍するための力を得ることができたのではないだろうか。

さらに、COVID-19は今なお感染者を増加させており、その影響は長期化することが懸念されている。今回の本学科の取り組みは、今後の“With コロナ時代”の新たな理学療法教育についての課題を明らかにすることができた。もちろん Objective Structured Clinical Examination (OSCE: 客観的臨床能力試験) のような理学療法に必要な技能やコンピテンシーを評価する授業を重視する必要はある。しかし、それだけではなく、「当事者」を学内に講師として招き、学生が臨床さながらの経験ができるような学内演習授業を併せて構築することが重要であり、本学科ではすでにカリキュラムとして実践している。その報告は別の機会にしたい。

結 論

COVID-19 禍におけるオンライン実習の経験から下記のことを明確にできた。

- ①臨床推論など臨床実習の一部はオンライン実習で経験することができる。
- ②低学年においては、医療面接などを通じて、臨床経験の積み重ねが期待できる。
- ③最終学年においては、理学療法プログラムの経験などが不十分になり、臨床経験の積み重ねは難しい。

利益相反

安田彩夏と笹倉栄人は、「株式会社 ALTURA」より、

①役員・顧問職報酬, ②株式証券, ③特許権使用料, ④講演料を受理している。

謝辞: オンライン実習の実施に際し, 実習協力者としてご協力いただきました皆様, 実習協力者の招聘などにご尽力いただきました株式会社 ALTURA の皆様に深く感謝いたします。

文 献

- 1) 日本理学療法士協会ホームページ 文部科学省 厚生労働省 令第4号(指定規則改訂). http://www.japanpt.or.jp/upload/japanpt/obj/files/aboutpt/03_shiteikisokusyorei_181005.pdf (2021年4月13日引用)
- 2) 日本理学療法士協会ホームページ 理学療法士作業療法士養成施設指導ガイドラインについて. http://www.japanpt.or.jp/upload/japanpt/obj/files/aboutpt/01_Guideline_181005.pdf (2021年4月13日引用)
- 3) AAMC (Association of American Medical College) [Internet]. Washington, DC: Guidance on Medical Students' Participation in Direct In-person Patient Contact Activities.; [update 2020 April 4; cited 2021 April 13]. Available from: <https://www.aamc.org/news-insights/press-releases/covid-19-updated-guidance-medical-students-roles-direct-patient-care>.
- 4) 厚生労働省ホームページ 新型コロナウイルス感染症の発生に伴う医療関係職種等の各学校, 養成所及び養成施設等の対応について. <https://www.mhlw.go.jp/content/000603666.pdf> (2021年4月13日引用)
- 5) Simonsen BO, Daehlin GK, *et al.*: Improvement of drug dose calculations by classroom teaching or e-learning: a randomised controlled trial in nurses. *BMJ Open*. 2014; 4: e006025. doi: 10.1136/bmjopen-2014-006025.
- 6) Worm BS: Learning from Simple Ebooks, Online Cases or Classroom Teaching When Acquiring Complex Knowledge. A Randomized Controlled Trial in Respiratory Physiology and Pulmonology. *PLoS ONE*. 2013; 8: e73336. doi: 10.1137/journal.pone.0073336.
- 7) 岡崎研太郎, 高橋徳幸, 他: 名古屋大学地域枠医学生向け「地域病院臨床実習」のオンライン実施計画—準備ワークショップの Web コンテンツ化を含めて—. *医学教育*. 2020; 51: 290-291.
- 8) 細川陸也, 平 和也, 他: 京都大学における COVID-19 流行下の保健師課程教育実習① オンライン代替実習の実践報告. *保健師ジャーナル*. 2020; 76: 848-852.
- 9) 坪井桂子, 石橋信江, 他: オンラインの特性を活かした老年看護学実習. *看護教育*. 2020; 61: 940-947.
- 10) 赤坂 憲, 本行一博, 他: Zoom を用いた医学科 5 年生へのオンライン臨床指導. *医学教育*. 2020; 51: 294-295.
- 11) 日本理学療法士協会ホームページ 臨床実習教育の手引き第6版. http://www.japanpt.or.jp/upload/japanpt/obj/files/tebiki6_201225.pdf (2020年12月7日引用)
- 12) 木村貞治: 理学療法における評価の捉え方と進め方. *理学療法学*. 2020; 47: 93-101.
- 13) 東洋大学現代社会総合研究所 ICT 教育研究プロジェクト ホームページ コロナ禍対応のオンライン講義に関する学生意識調査. <https://www.toyo.ac.jp/-/media/Images/Toyo/research/labo-center/gensha/research/52395/1questionnaire.ashx?la=ja-JP&hash=C36CFE9B7AD656C60987AAB3BE92B314052C9E19> (2020年12月7日引用)
- 14) 東北大学 高度教養教育・学生支援機構 教育評価分析センターホームページ「全学オンライン授業アンケート」の結果概要. https://www.tohoku.ac.jp/japanese/studentinfo/education/01/education0100/ed_newnormal_04.pdf (2020年12月7日引用)
- 15) 高岡寿江, 石堂たまき, 他: 新型コロナウイルス感染拡大下で看護学実習に臨む学生の思い. *佛教大学保健医療技術学部論集*. 2021; 15: 55-68.
- 16) 内山 靖: COVID-19 とともに歩む理学療法学教育—これまでの取り組みと展望—. *医学教育*. 2020; 51: 570-572.
- 17) 岡田浩司, 薄井健介, 他: 新型コロナウイルス感染症流行拡大下におけるオンラインシステムを利用した遠隔病院実務実習生のアンケート結果. *医療薬学*. 2020; 46: 739-746.
- 18) 山下昌彦, 津田陽一郎: 新型コロナウイルス感染症流行下における療法士学生への臨床実習教育についての省察—治療者としての患者保護の視点と, 教育者としての学生育成の間に立つジレンマから—. *医学教育*. 2020; 51: 566-569.

講座

シリーズ 「加齢に伴う生体の変化とその理解」

連載第5回 加齢に伴う消化・吸収・排泄機能の変化*

万行里佳¹⁾

はじめに

人間にとって、消化や吸収、排泄機能は日々の食事動作やトイレ動作などの生活動作に密接に関連する機能である。これらの機能に理学療法士として直接介入する機会は少ないかもしれない。しかし、高齢者の消化・吸収機能にかかわる低栄養や排泄機能の低下による尿失禁は、要介護となるリスクを高めるフレイルの発症と密接な関連があるといわれている¹⁾²⁾。

加齢による消化、吸収、排泄機能の変化やそれらの変化に伴い発症リスクが高まる疾患について理解することは高齢者の理学療法を施行するうえで有用である。本稿では、加齢による消化、吸収、排泄機能の変化、および、それらの機能低下により高齢者に多く発症する代表的な疾患について概説する。また、理学療法として施行される骨盤底筋トレーニングについて解説する。

消化・吸収機能の加齢的变化

高齢者の消化・吸収の能力は、後述する加齢的变化に加えて、嚥下障害や胃でのヘリコバクターピロリ菌感染の有無などにも影響される。消化・吸収にかかわる臓器(肝臓・膵臓・胆嚢)では、加齢的变化による機能面での影響は少ないといわれている。

1. 口腔・食道

口腔は加齢により、唾液腺が変性、萎縮し、唾液分泌量が減少することにより、口内乾燥症が起こりやすい。また、舌の乳頭上皮の角化や味蕾密度の減少により味覚の低下が起こる³⁾。

食道の変化は、粘膜や粘膜筋板、固有筋層の萎縮によ

り、運動機能や内圧の異常をきたしやすい。嚥下後、口腔内から食道に食塊を排出する一次蠕動波が障害され、逆流性食道炎などを発症することがある。また、食道壁内神経叢の機能低下により、食道内の食塊を胃内へ排泄する二次蠕動波が十分に形成されず、食物や胃酸の排泄能力が障害される。横隔膜食道靭帯の強度低下や周囲脂肪組織の減少による食道裂孔ヘルニアの増加、円背による腹部圧迫、腹圧上昇、唾液による胃酸中和作用の低下などが逆流性食道炎(後述)の誘因となる⁴⁾。

2. 胃

長年、慢性胃炎と胃粘膜萎縮、胃酸分泌の減少は胃の加齢現象として考えられてきたが、胃へのヘリコバクターピロリ(*Helicobacter pylori*; 以下、*H. pylori*)による細菌感染の影響が大きくなってきた。小児期に*H. pylori*に感染するため、感染期間が長い高齢者は、長期の慢性炎症反応により、萎縮性胃炎が進行していることが多い。萎縮性胃炎により蛋白質の消化効率が低下する⁵⁾。*H. pylori*陰性者は、萎縮性胃炎はきわめて少なく、胃酸分泌も低下しない。

3. 小腸・大腸

小腸は、絨毛の萎縮による吸収面積低下や粘膜下層の線維化がみられる⁶⁾。腸管での局所免疫を担当しているパイエル班の減少も起こる。粘膜下層は線維化が強くなり、筋層の萎縮も起こるため、蠕動運動などにより大腸に栄養素を送るための運動機能が低下する。高齢者の消化吸収は全般的に軽度で低下し、特に脂質や糖質の消化吸収能力の低下を指摘する研究もあるが⁷⁾⁸⁾、正常な腸管長を有する場合は臨床的に問題となることは少ない。

大腸は、固有筋層や結合組織が萎縮して脆弱になり、大腸の運動機能低下や大腸憩室の原因となる。また、血管の粥状硬化による腸管虚血は、腸管全体の壊死をきたして急性腹症となることがある。さらに、腸管壁の神経感受性の低下による排便反射の低下や腹筋の筋力低下による排便圧力の低下、腸内細菌の変化などにより、排便

* Age-related Change in Digestive, Absorptive and Excretory Functions

1) 目白大学保健医療学部理学療法学科
(〒339-8501 埼玉県さいたま市岩槻区浮谷320)
Rika Mangyo, PT, PhD: Department of Physical Therapy, Faculty of Health Sciences, Mejiro University
キーワード: 加齢的变化, 消化・吸収機能, 排泄機能, 骨盤底筋トレーニング

異常をきたしやすい⁹⁾。

4. 肝臓・膵臓・胆嚢

肝臓は加齢による形態や機能の変化が他臓器に比べて少ない。しかし、加齢により幹細胞数は減少し、肝重量、肝容積ともに減少する。また、肝血流量も減少するため、肝臓の合成能や排泄能が低下するが、症状をきたすことは少ない。高齢者は多剤の薬物を服用していることが多く、薬剤性肝障害が多い。肝再生能が低下しているため、急性肝炎や薬剤性肝障害が遷延しやすい¹⁰⁾。

膵臓は加齢により、膵内・外分泌組織の減少、膵線維化、脂肪変性、アミロイド沈着の増加がみられ、実質の萎縮と膵重量の低下が起こり、主膵管は若年者に比べて拡張する。加齢により膵外分泌量は減少し、耐糖能も低下するが、膵外分泌機能の低下は軽度といわれている¹¹⁾。

胆嚢は加齢に伴い、弾性線維・膠原線維の増加により胆嚢壁は肥厚し、弾性性が減弱することにより収縮拡張能が低下する。また、総胆管は拡張する。胆汁酸の分泌が低下するため、相対的にコレステロールが増加し、コレステロール系結石による胆石が形成されやすくなる。また、十二指腸乳頭部のOddi括約筋の機能が低下するため、十二指腸液の逆流により胆道感染やビリルビン系石の発症頻度が高くなる¹⁰⁾。

消化・吸収機能の加齢的变化による疾患について

高齢者に多いといわれる嚥下障害、逆流性食道炎、消化器のがん（胃がん・大腸がん）について解説する。

1. 嚥下障害

誤嚥の原因として、歯牙の脱落や義歯の咬合不全、唾液分泌量の減少などにより咀嚼不良となり、食塊が未形成のまま嚥下することや、オトガイ舌骨筋など嚥下動作にかかわる咽喉頭筋の弱化により舌圧が減少し誤嚥を惹起しやすくなる¹²⁾。嚥下障害は、誤嚥性肺炎や低栄養の原因となることがある。

嚥下障害を予防するためのポジショニングとして、舌骨筋群が効率よく働く肢位とするために、座位では足底を接地させ、坐骨支持とする。また、臥位では約30°の角度をつけた背臥位、頸部前屈位とする¹³⁾¹⁴⁾。

2. 逆流性食道炎

胃食道逆流症は「胃内容物の食道内逆流によって起こる煩わしい症状、あるいは合併症があるもの」であり、胃食道逆流症は、食道にびらんや潰瘍がある逆流性食道炎とそれらが存在しない非びらん性胃食道逆流症に分けられる。逆流性食道炎のほぼ全例は胃酸の食道内逆流が

原因で粘膜病変が形成され、胸焼けなどの不快な症状が出現する¹⁵⁾。

食道は、下部食道括約筋の収縮による逆流防止と食道の蠕動性収縮による逆流物の食道からの排出、唾液による食道粘膜表面の洗浄と中和によって保護されている。加齢により、下部食道括約筋の収縮力や食道の蠕動性収縮が低下することなどから、高齢者は胃液が食道内に逆流しやすくなる¹⁶⁾。

逆流性食道炎の有病者のほうが非有病者よりもH. pyloriの感染率は低い。理由として、H. pylori感染症での萎縮性胃炎による胃酸分泌低下の影響がないためである。今後、H. pylori感染率の低下や食生活の欧米化により、胃酸分泌の上昇がみられ、高齢者の逆流性食道炎の発症が増加することが懸念されている¹⁷⁾。

性別における発症の特徴として、男性では中年より有病率が高くなるが、女性は60歳以降の有病率が増加する。理由として、閉経後の体重増加や食道裂孔ヘルニアの合併が考えられる。高齢者は食道裂孔ヘルニアの合併が増加するが、その誘因として、習慣性あるいは変形性の腰椎後弯による前屈み姿勢や、特に女性では、骨粗鬆症による円背などにより腹圧が高まるためといわれている¹⁸⁾。

胃内容物の食道への逆流を防ぐため、胃酸分泌を促進させるような食生活（高脂肪食や刺激の強い食品、消化の悪い食品）を避け、また、嗜好品であるアルコールやタバコを控える。薬物療法は胃酸分泌抑制剤を用いる。胃食道逆流が長期におよぶと下部食道に胃から連続した円柱上皮であるバレット上皮が形成され、バレット食道となる。バレット食道は腺癌が高頻度で発生する。他にも高齢者は悪性腫瘍などの疾患が潜んでいることもあるため、内視鏡検査を考慮する必要がある¹⁹⁾。

逆流性食道炎の予防として、腰椎後弯や円背により腹圧を過度に上昇させないために、長時間の前屈みの姿勢を避ける、ベルトで腹部を締めつけない。また、食事は腹八分として、胃の内容物が十二指腸に移行し終わるために、食後2時間位はなるべく座位を保持したほうがよい¹³⁾¹⁹⁾。

3. 胃がん

胃がんはかつて日本人のがんによる死因の第1位であった。しかし、検査や治療技術の進歩により胃がんによる死亡数、発症数は減少しており、1993年に男性のがんにおいて年齢調整死亡率の第1位は肺がんに入れ替わった²⁰⁾。

胃がんは胃粘膜上皮細胞に由来する悪性腫瘍であり、罹患率は加齢により増加する。性差では男性の方が女性より発症率が高い。胃がんの大部分の発症原因は、H. pylori感染による慢性炎症が起因となって起こる。その

ため、長期感染者である高齢者に胃がんの発症が多い。特に H. pylori 感染陽性であり、かつ胃粘膜萎縮を有する者はリスクが高いといわれている²¹⁾。

胃がんの治療の主力は外科的切除である。状態が粘膜内がんであり、かつ分化度が高いものであれば、内視鏡的胃粘膜切除が行われる。より進展した場合は手術切除が行われる。さらに進展して完全切除が不能な場合や遠隔転移がある場合は化学療法が行われる²²⁾。

4. 大腸がん

大腸がんの罹患率は 50 歳台から漸増し、性差では男性の方が女性より罹患率が高い。しかし、2019 年のがんの部位別死亡率では大腸がんは女性で第 1 位であり、今後も患者数の増加が懸念されている²³⁾。

大腸がん患者数の増加要因として、肥満や飲酒、食生活の欧米化によるハムやソーセージなどの加工肉の摂取、食物繊維摂取の減少が挙げられる。大腸がんは一般的に無症状で進行することが多く、便通異常や便潜血反応の陽性などを機に診断されることが多い。治療ではリンパ節への転移の可能性がなく、腫瘍が一括切除できる大きさと部位である早期大腸がんの場合は、内視鏡的治療となる。内視鏡治療では、根治が期待できない場合は手術療法による病巣部の切除が適用となる。また、通過障害を改善する必要がある症例では、人工肛門留置術が行われる。がんが進行し、肺や肝臓、リンパ節などに切除困難な転移がある場合は、手術療法に加えて放射線療法や化学療法が行われる²⁴⁾。

排泄機能の加齢的变化

排泄機能の低下に伴い、高齢者では尿失禁や便秘などの排泄障害を有することが多い。排泄障害による ADL 低下などの機能面の低下に加えて、高齢者の自尊心や QOL に大きな影響を与える。

1. 腎臓²⁵⁻²⁷⁾

腎臓の重量は体重の約 0.5% (左右で 200 ~ 250 g) であるが、心拍出量の 1/4 に相当する血流量があり、血管に富む臓器である。腎臓の実質であるネフロンは、腎小体 (糸球体とボーマン嚢) と尿管および集合管に分けられる。ネフロンの加齢による変化として、糸球体の硝子化や間質の線維化による尿管の萎縮、腎内動脈の粥状硬化や動脈硬化による内膜肥厚などの形態的变化が生じる。ネフロン数が減少することにより腎重量は減少し、腎血流量は 80 歳までに約 50% 減量する。そのため、腎機能の指標である糸球体濾過量 (glomerular filtration rate : GFR) が減少する。また、濾過、排泄機能だけでなく、尿の濃縮・希釈能力も低下するため、水・電解質バランスの破綻をきたしやすい。高齢者の腎

機能の評価では、加齢の影響により筋肉量が減少しているため、血清クレアチニン (Creatinine : Cr) 値のみではなく、体表面積補正を行ったクレアチニン・クリアランス (Creatinine clearance : Ccr) 値を指標とすることが有用である。

2. 下部尿路

腎臓から尿管までの上部尿路に対して、おもに膀胱から尿道までは下部尿路といわれ、排尿のおもな臓器は膀胱と尿道である。膀胱は蓄尿機能と排尿機能があるが、通常、腎臓で生成された尿が膀胱にためられる蓄尿期は、膀胱平滑筋 (排尿筋) は弛緩し、尿道括約筋は収縮する。一方、排尿期は膀胱が収縮し、尿道括約筋が弛緩することで膀胱内の尿が排泄される。しかし、加齢により、蓄尿期における排尿筋の不随意的な収縮による過活動膀胱や排尿筋の収縮力低下などが生じることがある。

排尿機能が低下する下部尿路の形質的な変化として、排尿筋の平滑筋成分と結合組織 (膠原線維・弾性線維) において、結合組織の比率が高くなる。そのため排尿筋の線維化が生じることで排尿筋の収縮能が低下する²⁸⁾。

尿道括約筋は外尿道括約筋である横紋筋の減少や結合組織の増加、血管成分の減少が生じる。また、女性では、肛門挙筋などの骨盤底筋の弱화가起こりやすい。その他に下部尿路の機能低下の要因として、膀胱の排尿作用はおもにコリン作動性神経が関与しているが、加齢によりこの神経終末の密度の減少が生じることや、男性では前立腺肥大、女性は閉経後のエストロゲン欠乏などが機能低下の要因となる²⁹⁾。

排泄機能の加齢的变化による疾患について

高齢者の排泄機能は、排尿機能、排便機能ともに加齢による影響があらわれやすい。

1. 神経因性膀胱とは³⁰⁾

排尿機能調節に働く中枢および末梢神経の神経因子に器質的障害が起こり、蓄尿機能や尿排出機能に異常がみられることを神経因性膀胱という。中枢神経系疾患により、大脳皮質からの抑制が障害された場合、排尿筋の無抑制収縮により、頻尿、尿意切迫などの症状が出現する。これを排尿筋過反射という。糖尿病や骨盤内手術による末梢神経障害では、低緊張型神経因性膀胱となる。脊柱管狭窄症などの脊椎疾患では障害部位により頻尿や尿閉など多彩な排尿障害となる。

2. 尿失禁

1) 尿失禁の分類³¹⁾

尿失禁は、腹圧性尿失禁、切迫性尿失禁、いつりゅうせい 溢流性尿失禁、機能性尿失禁、真性尿失禁に分類される。尿失禁の

表1 尿失禁の分類³¹⁾

分類	概要, 原因など
腹圧性尿失禁	<ul style="list-style-type: none"> ・急激に腹圧がかかる状態（くしゃみ, 咳嗽, 笑い, ジョギングなど）により, 腹圧が上昇した瞬間, 失禁がみられる。 ・尿道支持機構, 膀胱頸部機能, 尿道括約筋機能低下などによる。
切迫性尿失禁	<ul style="list-style-type: none"> ・急に激しい尿意をもよおし, トイレに間に合わないで失禁してしまう。 ・脳梗塞, 脳出血, 脊髄損傷などに伴う, 過活動型の神経因性膀胱, 前立腺肥大症などの下部尿路閉塞に伴う不安定膀胱などで起こる。
溢流性尿失禁	<ul style="list-style-type: none"> ・十分な排尿ができず徐々に残尿が増加して, 膀胱が過伸展状態となる。膀胱内圧が尿道抵抗を上回り, 過度にたまった尿が少しずつ漏れて失禁する。 ・高齢男性では前立腺肥大のために残尿が増加し, 慢性的な尿閉による下部尿路通過障害で起こりやすい。また, 糖尿病などの低活動型の神経因性膀胱などで生じる。
機能的尿失禁	<ul style="list-style-type: none"> ・排尿機能には問題はないが, 運動麻痺や認知症により尿意を感じてからトイレまで時間がかかるなど適当な時間に適当な場所で排尿できないために起こる尿失禁。 ・高齢者施設での多くの尿失禁は機能的尿失禁といわれる。
真性尿失禁	<ul style="list-style-type: none"> ・膀胱に尿をまったくためられない状態であり, 尿道括約筋の機能不全のほか, 膀胱陰萎や尿管異所開口も含む場合がある。

分類と概要について表1に示す。

2) 尿失禁の治療³²⁾

尿失禁の型にあてはめるだけでなく, 型が重複していないか（混合型尿失禁）を考慮する。一般的な治療法について述べる。

(1) 腹圧性尿失禁

骨盤底筋トレーニング, バイオフィードバック療法, 尿道抵抗を増大させる薬物療法などを行うが, 重度の場合は手術療法を行うこともある。

(2) 切迫性尿失禁

バイオフィードバック療法や副作用に配慮しながら抗コリン薬の投与を行う。

(3) 溢流性尿失禁

残尿を減らすために α 遮断薬などの薬物投与や自己導尿の指導, 手術を行う。また, 前立腺肥大が原因の場合は前立腺肥大症の手術を行う。しかし, 上部尿路拡張や尿路感染, 尿閉など腎後性腎不全による腎機能低下がある場合は, 尿道留置カテーテルで腎機能の改善をはかるなど緊急の対応が必要な場合がある。

(4) 混合型尿失禁

骨盤底筋トレーニングと膀胱訓練（切迫性を抑制することで排尿を抑える）を行い, 不十分な場合は抗コリン剤を使用する。脳血管障害, 糖尿病, 骨盤内手術による低緊張性の神経因性膀胱では, コリン系薬剤で自排尿を促す。効果が不十分な場合は, 尿道カテーテルとするが, 持続的尿道カテーテル留置よりも間欠的の自己導尿の選択, 指導のほうが望ましい。

3. 排尿障害を生じやすい薬剤について³³⁾

1) 膀胱収縮の減弱

膀胱平滑筋はムスカリン受容体の刺激により収縮するため, その作用を阻害する抗コリン（ムスカリン）作用のある薬剤は膀胱の収縮を減弱させる。消化性潰瘍治療薬, パーキンソン病治療薬, 抗ヒスタミン薬, 抗うつ薬, 抗精神薬, 抗不安薬, 睡眠薬, 頻尿・尿失禁治療薬の一部に抗コリン作用が含まれる薬剤があり, これらの服用により排尿障害を起こす可能性がある。

2) 尿道抵抗の増強

尿道括約筋は平滑筋と横紋筋があるが, 平滑筋は α -アドレナリン受容体の刺激により収縮する。 α -アドレナリン受容体作動薬である昇圧剤のミドドリンや α -, β -アドレナリン受容体作動薬であるエフェドリンは尿道の抵抗を増強させ, 排尿障害の誘因となる。

4. 便秘

健常者の排便回数は, 1日3回から3日に1回, 便重量は1日35～225gとされている³⁴⁾。一般的に便通異常には, 下痢, 便秘, およびこれらを交互に繰り返す交替排便通異常がある。

便秘は1週間に3回未満の排便回数, 1回35g以下の排便量, 硬便という客観的な捉え方もあるが, 残便感, 排便困難など主観的要因も関与する³⁵⁾。便秘は女性のほうが多いといわれるが, 高齢になると男女差がなくなる。

便秘の種類は, 表2のように器質性便秘, 薬剤性便秘, 症候性便秘, 機能的便秘に分類され, 機能的便秘はさらに, 弛緩性便秘, 直腸型便秘, 痙攣性便秘に分けられる³⁵⁾。

機能的便秘の治療は, 腸管の機能を調整し自然な排便

表 2 便秘の分類³⁵⁾

分類	概要, 原因など	
器質性便秘	大腸がんや腸閉塞などの器質性疾患による便秘。 疾患の治療が最優先となる。	
薬剤性便秘	パーキンソン病薬や抗うつ薬などの抗コリン薬や非ステロイド性抗炎症薬, Ca 拮抗薬などの薬剤により, 腸管運動の低下をもたらす, 便秘となる。 代替薬への変更や中止可能な薬であれば投薬を中止する。	
症候性便秘	糖尿病や脳血管疾患, 甲状腺機能低下症などの内分泌代謝疾患や神経疾患に伴う便秘。 原疾患の治療を優先に行う。	
機能的便秘	弛緩性便秘	大腸の緊張・運動の低下による便秘。 高齢者(特に高齢女性)に多く, 原因として腸蠕動と筋トーンの異常低下が原因であるとされている。
	直腸型便秘	直腸肛門部の排出機能の低下による便秘。 高齢者は腹圧が十分にかけられないため, 排出障害が起こりやすい。
	痙攣性便秘	大腸の過緊張による便秘。

リズムにすることが目標となる。生活指導では, 歩行などの適度な運動と十分な食物繊維や水分の摂取, 胃結腸反射を利用した朝食後の排便習慣や肛門直腸角を直線化するような排便時の姿勢も有用である。生活指導で十分な効果が得られない場合は, 薬物療法を追加する。一般的に, 非刺激性下剤である酸化マグネシウム製剤や塩類下剤などを用いる。刺激性下剤は依存性が強く, 長期の使用で耐性を生じるため, 原則的に短期間の使用とする³⁶⁾。

骨盤底筋トレーニング

尿失禁の行動療法では, 複数の生活指導や理学療法を用いたアプローチが行われるが, 理学療法である骨盤底筋トレーニングは, 尿失禁の治療や予防として効果が高い。骨盤底筋の理解とそのアプローチについて述べる。

1. 骨盤底筋

女性の骨盤底は尿道括約筋, 尿生殖隔膜, 肛門挙筋などから構成される骨盤底筋群により支えられている。女性の骨盤底筋の筋線維組織は, 遅筋線維 (type I 線維) が約 70%, 速筋線維 (type II 線維) が約 30%といわれる³⁷⁾。この骨盤底筋群により尿禁制が保たれる。「腹圧性尿失禁」では, ハンモックのように骨盤内の臓器を支えている骨盤底が緩むことにより, 尿道が過可動の状態となる。通常は, 膀胱に腹圧がかかったときに骨盤底と連動して尿道括約筋が働き, 尿漏れを防いでいるが, 骨盤底の緩みにより, 尿道が膀胱とともに移動し, 尿道が開きやすくなり尿漏れが生じる³⁸⁾。

骨盤底筋が衰える原因として, 加齢や重量物の持ち上げなど骨盤底筋に負荷のかかる動作, 妊娠, 肥満による

腹圧上昇, 特に経膈分娩による骨盤底筋や支持組織への影響が大きい³⁹⁾。また, 骨盤内の手術や放射線照射により骨盤底筋の弱化管理がみられるため, 男性では根治的前立腺全摘出術後に腹圧性尿失禁となることがある。

2. 骨盤底筋トレーニング

骨盤底筋トレーニングは, 1948年に婦人科医の Kegel⁴⁰⁾が産後女性の骨盤底障害の理学療法として提唱した。女性下部尿路症状診療ガイドラインや過活動膀胱診療ガイドラインでは, 骨盤底筋トレーニングは, 安全で副作用がなく, 尿失禁や過活動膀胱に対する治療の第一選択肢として実施が推奨されている⁴¹⁾。

1) 骨盤底筋トレーニングの方法

① 肢位は, 膝を曲げた背臥位や椅子座位, 前腕, 肘を床についた四つ這いなどとする (図 1)。

② 肛門 (および膣と尿道) を締めるように骨盤底筋を収縮させる。その際, 腹部や臀部, 大腿の筋を収縮させないように行う。腹圧をかけて弾みをつけてしまうような場合は, 腹部に手を置いて腹筋の収縮がないか確認しながら行う。

③ 骨盤底筋の収縮時間は, はじめは 3 秒程度からはじめて徐々に 12 秒程度まで伸ばす, または, 速筋を鍛える場合は 1~2 秒程度, 早く締めるように行い, 遅筋を鍛える場合は, 5~10 秒締め続けるなどの方法がある。

④ 回数は 1 セット 10 回として 5~10 セットを目標として実施する。訓練は 1 日 3 回や 1 日 10 分などの目安が提唱されており, 実施しやすい場面や肢位 (椅子座位時やベッド上など) で日常生活の中で無理なく実施, 継続できることが望ましい。

また, 骨盤底筋の収縮の訓練とともに排尿時に必要な

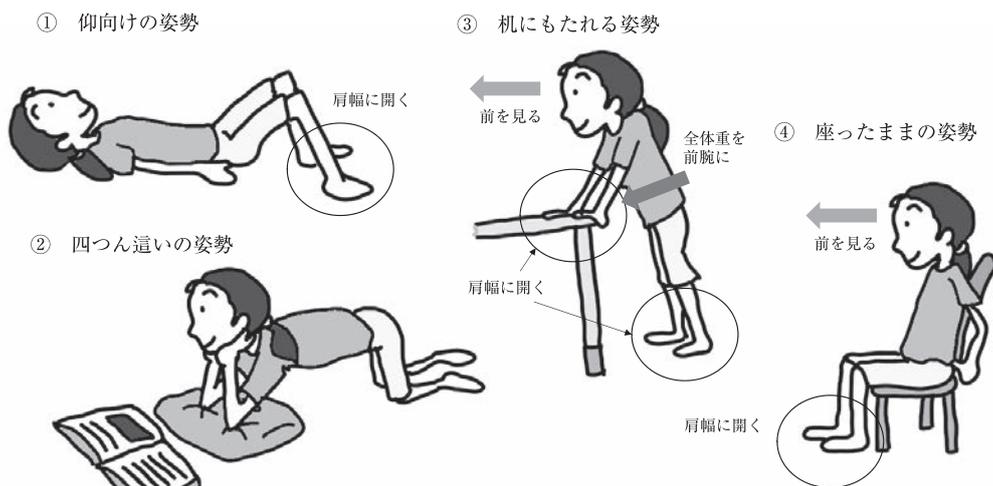


図1 骨盤底筋トレーニングの肢位

筋の弛緩方法も同時に指導に加える。腹圧性尿失禁では、咳やくしゃみ、重い物を持ち上げるなど腹圧がかかる動作の直前に骨盤底筋を収縮させることで、失禁を予防できるよう指導を行う⁴²⁾⁴³⁾。

おわりに

高齢者の食事や排泄動作の能力を維持、向上させるためのアプローチは理学療法士として重要な責務であるが、加えて、これらのADL能力の低下は高齢者の意欲や自尊心などの精神面への影響が大きいことも考慮しなければいけない。

今後、地域包括ケアシステムの導入に伴い、地域在住高齢者が増加することが予想され、理学療法士は高齢者の機能的変化やリスクについて包括的な評価や配慮を行い、地域において高齢者が安全に個々の能力に応じて自立した生活ができる支援を行っていくことが期待されている。

文 献

- 荒井秀典（編集主幹），長寿医療研究開発費事業（27-23）：要介護高齢者，フレイル高齢者，認知症高齢者に対する栄養療法，運動療法，薬物療法に関するガイドライン作成に向けた調査研究班編：フレイル診療ガイド2018年度版．日本老年医学会，東京，2018，pp. 10-12.
- Ferrucci L, Stephanie S: Clinical Problems of Aging. Harrison's Principles of Internal Medicine 19th. New York, McGraw Hill, 2015, p. 3184.
- 吉岡政洋，朝倉 均：百寿の消化吸収. Geriatric Medicine (老年医学). 2000; 38: 1329-1333.
- 飯島 節，鳥羽研二：老年学テキスト. 南江堂，東京，2006，p. 108.
- 瓜田純久，島田長人，他：高齢者における消化吸収能の変化. 日本医事新報. 2011; 4549: 69-74.
- Warren PM, Pepperman MA, et al.: Age changes in small-intestinal mucosa. Lancet. 1978; 14: 849-850.
- Thomson AB, Keelan M: The aging gut. Can J Physiol Pharmacol. 1986; 64: 30-38.
- Feibusch JM, Holt PR: Impaired absorptive capacity for carbohydrate in the aging human. Dig Dis Sci. 1982; 27: 1095-1100.
- 守田則一，大中 治，他：高齢者の便通異常と腸内細菌叢. 臨床消化器内科. 1997; 12: 187-194.
- 萩原俊男（編）：老年医学. 朝倉書店，東京，2003，p. 145.
- Flores CA, Hing SA, et al.: Rates of triolein absorption in suckling and adult rats. Am J Physiol. 1989; 257: G823-G829.
- 森 隆志：サルコペニアの摂食嚥下障害とその診断フローチャート. 臨床栄養. 2017; 131: 10-11.
- 眞鍋克博：誤嚥性肺炎予防の理学療法. Geriatric Medicine (老年医学). 1997; 35: 173-176.
- 南谷さつき：嚥下と姿勢および呼吸の関係. 理学療法学. 2014; 41: 34-39.
- 木下芳一，古田賢司，他：NERD (non-erosive reflux disease) の診断と治療. 日本消化器病学会雑誌. 2005; 102: 1377-1383.
- 大内尉義，秋山弘子（編）：新老年学（第3版）. 東京大学出版会，東京，2010，pp. 849-851.
- Kinoshita Y, Kawanami C, et al.: Helicobacter pylori independent chronological change in gastric acid secretion in the Japanese. Gut. 1997; 41: 452-458.
- 藤本一眞，岡本多代，他：逆流性食道炎の時代的変遷—その頻度の検討. 胃と腸. 1999; 34: 959-962.
- 坂田祐之，藤本一眞：高齢者GERDの特徴—GERD診療ガイドラインの実践的使用法と問題点—. Geriatric Medicine (老年医学). 2012; 50: 901-904.
- 厚生労働省ホームページ 平成30年（2018）人口動態統計（確定数）の概況. <https://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/jinkou/kakutei18/index.html> (2021年8月10日引用)
- Uemura N, Okamoto S, et al.: Helicobacter pylori infection and the development of gastric cancer. N Engl J Med. 2001; 345: 784-789.
- 大内尉義，秋山弘子（編）：新老年学（第3版）. 東京大学出版会，東京，2010，p. 859.
- 国立研究開発法人国立がん研究センターがん対策情報センター 最新がん統計. https://ganjoho.jp/reg_stat/statistics/stat/summary.html (2021年8月10日引用)
- 大内尉義，秋山弘子（編）：新老年学（第3版）. 東京大学

- 出版会, 東京, 2010, pp. 870-875.
- 25) Hadj-Aïssa A, Dumarest C, *et al.*: Renal function in the elderly. *Nephron*. 1990; 54: 364-365.
- 26) Frocht A, Fillit H: Renal disease in the geriatric patient. *J Am Geriatr Soc*. 1984; 32: 28-43.
- 27) Rowe JW, Andres R, *et al.*: The effect of age on creatinine clearance in men: a cross-sectional and longitudinal study. *J Gerontol*. 1976; 31: 155-163.
- 28) Siroky MB: The aging bladder. *Rev Urol*. 2004; 6 Suppl: S3-S7.
- 29) 野宮正範, 西井久枝, 他: フレイル要因としての加齢による下部尿路機能の変化—高齢者尿失禁とフレイルの関連性—。日本排尿機能学会誌. 2018; 29: 349-352.
- 30) 萩原俊男 (編): 老年医学. 朝倉書店, 東京, 2003, p. 215.
- 31) 飯島 節, 鳥羽研二: 老年学テキスト. 南江堂, 東京, 2006, pp. 159-160.
- 32) 萩原俊男 (編): 老年医学. 朝倉書店, 東京, 2003, pp. 547-548.
- 33) 山西友典: 排尿障害を起こしやすい薬剤について教えてください. *Geriatric Medicine (老年医学)*. 2014; 52: 1101-1105.
- 34) 川瀬建夫: 便秘. *Geriatric Medicine (老年医学)*. 1999; 37: 265-268.
- 35) 河村 朗, 木下芳一: 高齢者の便通異常. 老年消化器病. 2004; 16: 31-34.
- 36) 松岡克善: 高齢者の下痢・便秘. *ニュートリションケア*. 2020; 13: 545-547.
- 37) Gilpin SA, Gosling JA, *et al.*: The pathogenesis of genitourinary prolapse and stress incontinence of urine. A histological and histochemical study. *Br J Obstet Gynaecol*. 1989; 96: 15-23.
- 38) 谷口珠実: 骨盤底筋訓練の概要と看護のポイント. *泌尿器ケア*. 2013; 18: 421-424.
- 39) 五十嵐智博, 高橋 悟: 骨盤底筋が衰えるとどうなるの? *泌尿器ケア*. 2015; 20: 1174-1180.
- 40) Kegel AH: Progressive resistance exercise in the functional restoration of the perineal muscles. *Am J Obstet Gynecol*. 1948; 56: 238-248.
- 41) 井上倫恵: 高齢者の排泄のための骨盤底筋トレーニング. *MB Medical Rehabilitation*. 2019; 233: 29-33.
- 42) 伊神敬人: 「骨盤底筋体操」で尿失禁の予防・改善に努めよう. *精神科看護*. 2012; 39: 44-48.
- 43) 山西友典, 水野智弥, 他: 骨盤底筋体操および理学療法の適応と限界. *泌尿器外科*. 2005; 18: 469-471.

講座

シリーズ 「その時バランスをどう見るか」

連載第3回 方向転換におけるバランスをどう見るか*

磯 あすか¹⁾

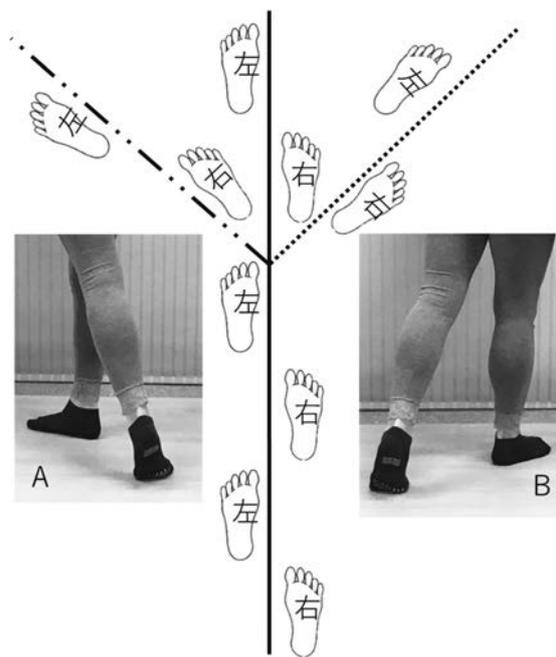
はじめに

方向転換とは、進む方向を変えることであり、移動動作として考えると重心の進行方向を変化させることである。身体の移動の速度をコントロールしつつ支持基底面を移動させ、重心の方向と位置を制御する能力が求められる。方向転換には進行方向の転換と身体の向きとの転換があり、進行方向の転換は障害物をよける、目標物を追いかけるなどの目的が、身体の向きとの転換は着座などの目的がある。ここでは進行方向の転換を、おもに前方への移動における方向転換について取り上げることとする。

高齢者などバランス能力が低下している場合、歩行中の方向転換動作は転倒が生じやすいとされ¹⁾、実際、移動中に向きを変える際にバランスを崩す高齢者を目にする可能性がある。スポーツ分野では急激な減速や方向転換動作で非接触型の膝前十字靭帯損傷が起りやすい²⁾という報告もあり、外傷や障害につながることもわかっている。方向転換動作は様々な要素が関与しており、評価が難しい動作のひとつである。転倒や外傷を避け、かつ目的とする行為・動作を達成するために安全な方向転換動作について考えていく。

方向転換の方法と方向転換の要素

方向転換動作には方法として脚の運びの戦略があり、進行方向と同側の脚を軸脚とし、反対側の脚を軸足の前で交差して進行方向へ踏み出すクロスステップ(クロスオーバーステップ、スピントーン)と、進行方向とは逆側の脚を軸足として進行方向へ踏み出すサイドステップ(ステップターン)の2種類が定義されている³⁾⁴⁾(図1)。クロスステップはステップ脚が内側に閉じるように動いて接地し、サイドステップではステップ脚が外側に開く



— · · — A) クロスステップ (スピントーン)
..... B) サイドステップ (ステップターン)

図1 歩行中における方向転換の方法
A) 進行方向と同側(左)を軸足とするクロスステップを用いたスピントーン
B) 進行方向と反対側(左)を軸足とするサイドステップを用いたステップターン

ように動いて接地する。

また、片脚を軸にした回転動作のことをピボットと呼ぶが、前足部接地または踵接地で足底の接地面を回転させて軸足とともに身体の向きを変える動きである。バスケットボールやテニス、ダンスで頻回に見られる動作で、素早く身体の向きを変えることができる。しかし、足の向きと身体の向きにずれが生じると関節へのストレスが大きくなり、パフォーマンスが落ちることがある。さらに床面・地面との摩擦が大きい場合にはピボットは難しくなる。方向転換動作では、このピボットを含む場

* Consideration and Evaluation of Balance in Change of Direction

1) フィジオセンター

(〒105-0003 東京都港区西新橋3-19-18)

東京慈恵会医科大学附属病院E棟2階)

Asuka Iso, PT: Physiocenter

キーワード: 方向転換, ステップ戦略, 転倒予防, 外傷・障害予防

合と含まない場合とがある。ピボットを含む場合には前述の通りだが、含まない場合には接地面は回転せず、前足部または近位の関節を回旋させて向きを大きく変える必要がある。

クロスステップを用いた方向転換は身体重心が支持基底面から逸脱しやすく、支持基底面も狭いため難易度が高いと考えられる。クロスステップとサイドステップとのどちらを選択するかについての先行研究では、高齢者ではクロスステップを用いることが多いという報告もあるが、スピードや転換角度によって戦略が異なるとする説もある。事前に進む方向が知らされない場合、方向転換開始時にどちらのステップ戦略が選択されるかについては若年健常成人を対象とした場合でも明らかとなっていない⁵⁾。

方向転換の要素として、方向を切り替える角度とスピードがある。転換角度は緩やかにカーブを描くものから30度、90度、180度など急激に向きを変えるものまであり、歩行中の方向転換は前方に向きを変えることが多いが、スポーツ動作や屋内移動では、後方や後側方などあらゆる方向が想定される。スピードは定常歩行から疾走まで様々な組み合わせがある。移動スピードや角速度が速く方向転換の角度変化が大きいほど、また回転の半径が小さいほど慣性や遠心力が大きくなる。その分身体に加わる外力が大きくなり、姿勢やバランスを保つのが難しくなる。走行中に方向転換をする場合には、そのスピードや転換角度によっては減速をしながら進行方向を変える必要があり、減速時には下肢や体幹の安定性と減速のための筋力がより必要とされる。

方向転換のバイオメカニクスの要素

健常成人では、方向転換動作で視線と頭部の動きに次いで体幹の動きが起り、身体分節が順次的に動くことがもっとも効率がよいとされている。しかし、ステップ戦略や転換する角度、速度によっては、頭部と腰部の動きが同期しやすい場合や腰部反応時間が遅延するなどのバリエーションがあり、さらに転倒歴のある群では体幹の回旋角度が減少するという報告もある⁶⁾。

続いて、方向転換動作で着目すべき足部・足関節、股関節、体幹についてそれぞれ考えてみたい。進行方向を変える際には、足を接地する方向が重要である。足関節の運動軸は1つであり、足尖が向いている方向にしか底背屈をすることができないが、中足指節関節の屈伸は母趾側と小趾側で軸の向きが異なるため、2つの軸を使い分けることにより身体をどの方向にも回転させることができ、軸足の前足部で身体を支持しながら重心移動の方向をコントロールしている。このように、重心の方向の制御には前足部の回転機能が重要である⁷⁾ (図2)。さらに、この前足部の動きが股関節内外旋の動きと連動す



図2 クロスステップとサイドステップの軸足前足部
A) クロスステップ小趾球側(第5列)の運動軸
B) サイドステップ母趾球側(第1列)の運動軸

ることが重要である、とも述べられている。

伊藤ら⁸⁾は、1例のデータではあるが45度の方向転換動作において軸足の足圧中心軌跡、足圧分布、下肢の筋活動について計測し、クロスステップとサイドステップ、直進歩行を比較している。これによると、クロスステップでは軸足の小趾球の足圧が高く、踏み切りは2-5趾方向であった。サイドステップでは母趾球と母趾の趾腹で足圧が高まり、母趾の趾腹で踏み切っていた。前足部へのスムーズな重心移動と進行方向への蹴りだし、ステップ脚の安定した接地を可能にするのは軸足の安定性であり、この安定性には下腿側方の筋群の活動と股関節の制動が必要と述べられている。筋の貢献度は移動のスピードや歩幅、転換角度によっても異なることが予想される。

股関節の関節運動は、転換角度やステップ幅によってバリエーションがあるが、クロスステップでは歩行と異なる特異的な関節トルクの発揮が必要とされ、サイドステップでは歩行と類似した関節トルクの発揮がみられたと述べられている⁹⁾。どちらのステップでも、股関節の内旋と屈曲伸展、内外転のコントロールがスムーズに行われる必要があり、転倒しないためには骨盤を中間位に保持し、これによって上半身の姿勢を維持することが重要となる⁷⁾。

体幹機能としては、方向転換時の軸足の立脚中期から反対側の接地までの間に体幹の回旋を行う必要がある。健常者ではクロスステップで脊柱が進展し、進行方向と逆方向への回旋と側屈が生じ、サイドステップでは脊柱は屈曲し進行方向と同方向への回旋と側屈が起きる¹⁰⁾。脊柱の伸展が制限されると、クロスステップによる方向転換はスムーズに行えない可能性がある。



図3 Berg Balance Scale (BBS) 立位 360 度方向転換

360 度方向転換動作では「4 秒以内で安全に、両方向へ 360 度方向転換できる」がもっともスコアが高い。健康成人は 1～2 秒で方向転換が可能であり、写真の例は 4 歩で動作が完了している。脊柱の回旋よりも足部や股関節など下肢の回旋が貢献していることがわかる。高齢者やバランス能力の低下している例では歩幅や歩数が増え、所要時間が延長し 1 歩ごとの転換角度は小さくなる。

方向転換を含む動作の評価指標

動的バランスを評価する方法として、Timed Up and Go test (以下、TUG) や Berg Balance Scale (以下、BBS) がある。TUG は椅子座位から立ち上がり 3 m 離れた目印を回って再び椅子に座るまでの時間を測定し、所要時間が短い方が移動能力が高いとされる。転倒予測のカットオフ値は 12～13.5 秒である。TUG には 180 度の方向転換が含まれており、サイドステップとわずかなピボットを組み合わせる U 字型のカーブを描くように方向を変えて移動を行う。先行研究では転倒リスクや介入効果指標として用いられ、対象者は運動器疾患や脳血管疾患、認知症、内部疾患など幅広い¹¹⁾。

BBS は 14 の運動課題 (起立、振り返る、物を拾う、踏み台昇降など) を行いスコアをつけるもので満点が 56 点、カットオフ値は 49 点である。TUG との相関も報告され¹²⁾、転倒との関連から推奨されており、屋外歩行自立の判断にも用いられている¹³⁾。BBS には立位にてその場で 360 度方向転換を行う課題があり、左右の両方向ともに 4 秒以内で安全に回ることができるとスコアが高い。この動作は、回転する側の下肢を外転・外旋しサイドステップで接地、次に逆足を横にそろえる、という動作を繰り返す方法が一般的であろう (図 3)。これに対して若年者やアスリートなどでは、ピボットも含めた小さなサイドステップを用いて素早いターンが可能である。

TUG や BBS は、高齢者や移動能力低下のある場合に転倒予防の指標としてより安全で簡便な計測方法として実施されており、動作戦略についてはあまり規定がない。クロスステップの要素が含まれていないことや判定基準が所要時間および安定性であることから、動作戦略の評価として動作分析を加えると、より実際の動作に

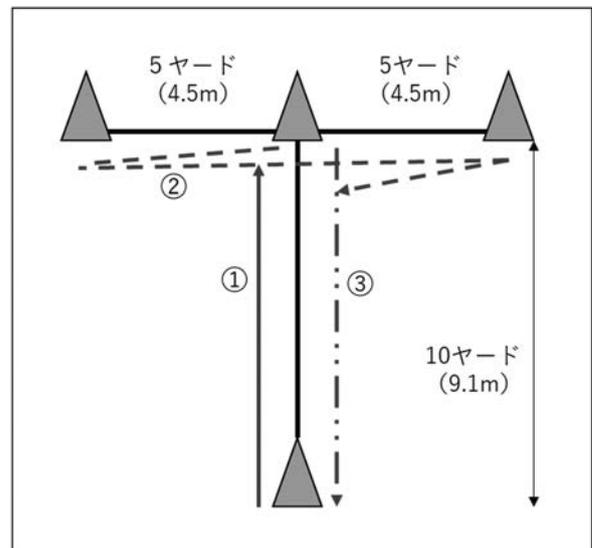


図4 T テスト

①前進 ②サイドステップ ③後退

すべてのターンでコーンの根元にタッチし、できるだけ速くスタート地点に戻る。

T テストは 2 方向の運動が含まれる。横移動はサイドステップで行うため、方向と運動の種類の変更が必要である。

出典：小粥智弘：公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト第 5 巻、公益財団法人日本スポーツ協会 (編)。

即した評価になると考える。TUG の運動学的な分析¹⁴⁾では、進行方向への体幹の傾斜が大きいと所要時間は延長し、総軌跡長と曲率半径が増大してパフォーマンスが低かったという報告もあり、質的評価として興味深い。機能低下が考えられる部位の評価と組み合わせると個別の問題がより見えてくるのではないだろうか。

スポーツ分野で利用されているパフォーマンスの評価方法に、アジリティテストやフィールドテストと呼ばれる方法がある。方向転換の要素を含むものとしては、総合的な測定である反復横跳び、T テスト、ステップ 50 などがある¹⁵⁾ (図 4, 図 5)。基本動作の測定に加え競

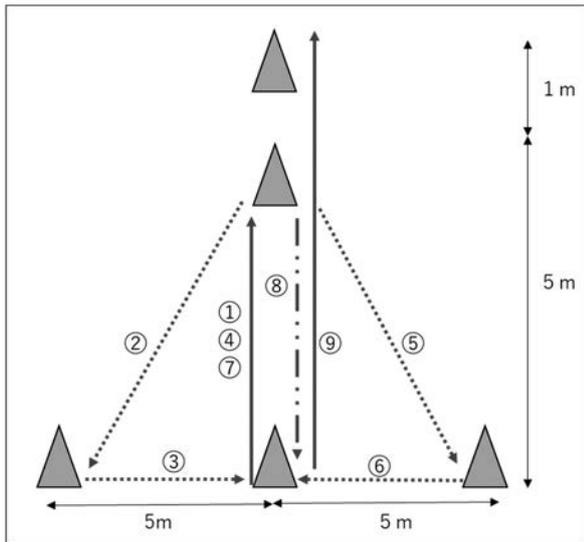


図5 ステップ50

- ①④⑦⑨前進 ②左バッククロスオーバー
③右サイドクロスオーバー ⑤右バッククロスオーバー
⑥左サイドクロスオーバー

常にゴール方向を向いて行い、①～⑦はコーンを回り込む。ステップ50は縦と横の2方向に斜め方向の移動が加わり、クロスステップも含まれる。

Tテスト、ステップ50は直線ダッシュだけでなくサイドステップやクロスステップが組み込まれており、球技などで必要な俊敏性や協調性が評価できるといわれている。スタートからゴールまでの所要時間を計測する。

出典：小粥智弘：公認アスレティックトレーナー専門科目テキスト第5巻、公益財団法人日本スポーツ協会（編）。

技特有の俊敏性を測定したい場合には、その競技を分析し動く方向やステップの種類、ターンの角度など必要な動きを含んだ測定方法を選択する。

テストの結果は障害予防のベースラインとしたり、一定レベルに達しない場合は試合には出場しないなど、競技復帰の目安として用いることもある。また、チーム全体の平均やばらつき、選手間での比較や選手内でのトレーニングの基準や効果判定として、リハビリテーションの進行度合いを判断する材料となる。これらのテストも所要時間や回数を計測するものが多く、質的な評価が難しい面もある。身体機能の問題点や強化すべき要素の判断が難しいため、テスト中の動作分析に加えて関節可動域、筋力、筋機能、動的アライメント等を併せて評価し、パフォーマンス向上につなげることがアスレティックリハビリテーションや外傷・障害の予防においては重要である。

方向転換動作の疾患・障害別特徴

山崎らは歩行中における方向転換動作のバイオメカニクスに関する文献レビュー¹⁶⁾の中で罹患者の分析について以下のようにまとめている。

パーキンソン病患者では、方向転換動作において健常者よりもストライド長と歩幅が短縮する。また方向転換

時に骨盤と体幹の回旋が分節性を伴いにくく、抗パーキンソン病薬の服薬状況によって骨盤や体幹の回旋角度や角速度が影響される。

正常な方向転換動作では視線に続いて骨盤と足部の回旋が起こるが、脳卒中片麻痺患者では足部と骨盤の回旋が生じて視線の移動が生じにくい。

小脳性運動失調症患者を対象にした分析では、健常者よりも歩幅が短縮し、ステップ間の歩幅を変化させることができず、動作時の身体運動の減速および加速の変化を生じさせることもできない。また90度の方向転換角度において、サイドステップやクロスステップを用いた方向転換動作は困難であるため、支持基底面を広げ、歩幅や歩数を増加させることで方向転換動作を行うことが重要である。

変形性股関節症の症例では、クロスステップを用いた方向転換動作において支持側の股関節屈曲、伸展、内転角度と股関節外転トルクが減少して、支持側の足角と足関節底屈トルクが増加した。このことは、足底接地の段階で足角を増大させ下肢機能の発揮を減少させる動作様式を取るとともに、立脚期前半での足関節底屈トルクの増大により、身体の前進をより減速させて動作を遂行している。

罹患者は、その病態の特徴により動作戦略が異なるようだが、おおむね分節的な回旋や視線の移動が困難となり、歩幅が小さく、ステップ幅や動作速度の変化をつけることが難しくなる。そして可動域や筋力を補うために接地面をずらしたり、方向転換の前に減速する、と考えることができる。支持基底面を確保してゆっくりと安全に動作を遂行するための工夫と考えることができる。評価や運動指導の際は、これらの特徴を念頭に行うようにする。

転倒予防および外傷・障害予防の観点から

軸脚の前足部の可動域や支持機能が低下している場合、進行方向をコントロールしにくくなることは先に述べた。身体重心の進行方向とステップ脚の接地位置のずれが生じた場合には、支持基底面上に身体重心を保てなくなり転倒につながりやすい。また荷重位で股関節の内旋や胸郭の回旋が不十分な場合には、十分な重心移動が行えないこと、本来は回旋運動には不向きな膝関節や腰椎への負荷が増大し、慢性障害あるいはバランスを崩し転倒につながることも予想される。高齢者の場合には、胸腰椎や胸郭の伸展可動域が制限されやすいため、前方への重心移動に不利なアライメントとなりやすい。さらに、神経系の反応や筋収縮の遅れによって、バランス反応や立ち直りも起こりにくくなる。

広瀬¹⁷⁾は、スピード・アジリティトレーニングにおいて、方向転換能力には脚筋特性や体幹傾斜角度などが

影響するため、ストレングストレーニングの中で方向転換能力向上につながるように姿勢改善を行う。反応筋力と呼ばれるように力の立ち上がり率を高めることも重要であるため、水平方向のバウンディングなどプライオメトリックトレーニングも導入していく、と述べている。また馬越¹⁸⁾は方向転換動作には、①減速能力、②停止能力、③方向を転換させる能力、④加速能力が必要であり、これらの能力が協調して機能することが効率的な方向転換を可能とする、としている。特に180度方向転換は全身運動の完全停止から逆方向への加速を要する複合運動であり、体幹や膝関節においてより高いコントロールが要求される。切り返しの際に体幹の側屈や前傾が大きすぎる場合、膝外反が強い場合には、膝前十字靭帯損傷のリスクが高まりパフォーマンスも低下すると述べている。さらに膝前十字靭帯損傷のハイリスク群では、シャトルランにおける180度方向転換動作時に、膝外反角度と上半身の外方傾斜が有意に大きく、ローリスク群とは異なる結果であったと報告している。ローリスク群では接地前に体幹の外方傾斜が制動されており、接地後の膝外反角度の増大が引き起こされなかったと推察され、接地後の膝関節運動コントロールのためには接地前の体幹姿勢が重要である¹⁹⁾。

高齢者や疾患のある例とアスリートでは必要とされる運動負荷が著しく異なり、動作においても通常歩行中の30度の緩やかな方向転換と全力疾走中の180度の急激な方向転換、というように運動課題も異なる。そのため、同じ評価指標を用いることは難しいが、次に述べる評価のポイントはどのような対象者にとっても必要と考えている。

方向転換のための評価のポイント

これまで述べてきたように、足部、股関節、体幹の機能が特に重要なため、動作中の各部位の動きとともに筋機能や可動域などを確認する。距腿関節の背屈・中足指節関節の背屈可動性と、前足部接地で支持ができることは方向転換の方向のコントロールに重要である(図6)。また、ピボットでは、足部を硬くさせて床面との回転を行うため、足部および距腿関節の安定性と体幹の協調性も必要である。高齢者や外傷後などでは、下肢の主動作筋と拮抗筋が同時収縮して、重心移動に伴ったスムーズな関節運動が行えない場合もある。

股関節の回旋・内外転可動域は、急な角度変化の際に骨盤の向きを進行方向に向けるために重要である。また、股関節の筋力は求心性とともに遠心性にもコントロールが必要であり、荷重位での筋力発揮が求められる。胸郭の可動域は年齢とともに回旋と伸展で低下しやすく、スムーズな回旋動作のためには伸展の可動域を保つことが必要となる。さらに、股関節の動きに合わせて



図6 前足部のコントロールの評価とエクササイズ
左) 母趾球側で支持したヒールレイズ
右) 小趾球側で支持したヒールレイズ
下) 足趾が屈曲しすぎていると、前方への推進が不利になる

上半身重心を移動させるために、体幹深層筋と表層筋の協調性が求められる。体幹が不安定な場合、速い動きで上半身が側方や後方に傾斜したり、急な減速の際に上半身が前に倒れるような“あおり動作”となりやすく、効率の悪い動作となる。また、方向転換に移行する際、効率よく安定して動作を行うには減速動作も必要であり、十分に減速ができる筋力があるかも評価する。

動作観察のポイントは、支持基底面と上半身重心位置、ステップ脚の接地位置を確認することである。上半身重心位置は第7～9胸椎付近にあるとされているため、体幹の動きが遅れて後方や側方に傾斜している場合には(図7)、バランスを崩すことにつながりやすい。体幹や股関節の機能に問題がなければ技術的な側面も考慮に入れ、動作・ステップを習得し動作スピードを変化させることができるようにする。さらに、予測できない動きの中でも無意識で反応ができるまで繰り返しトレーニングを行う。

TUGやBBSをはじめとするパフォーマンステストでは、どのようなステップを用いるか、方向が切り替わる際に重心移動が滞っていないかなどを、所要時間とともに確認しておく。また、進行方向に視線・頭部を向けられているかどうかにも評価するとよい。

筆者の経験から、方向転換動作のための評価・トレーニング指導を行った一例を紹介する。60歳代女性、パーキンソン病で姿勢筋緊張の左右差が大きく、左側に転倒しやすい傾向にあった。大腿骨が内捻しており股関節外旋と伸展の可動域が低下して股関節内旋位を取りやすかった。左股関節周囲筋の筋力は、外旋および外転でやや低下していた。体調のよい時はADLおよび屋外歩行自立、公共交通機関の利用も可能であった。方向転換の評価としては、直線歩行中にランダムに合図をして90

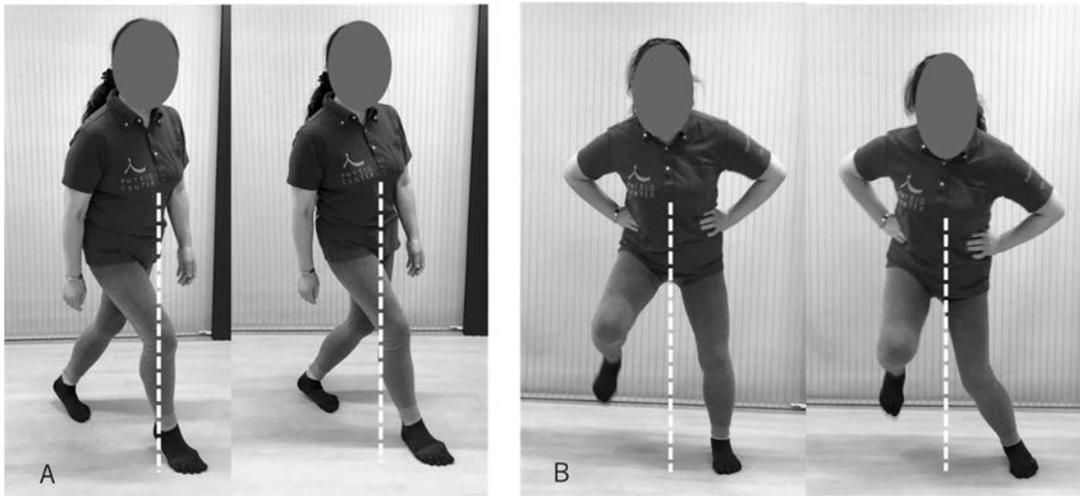


図7 上半身重心位置と支持基底面の関係 点線は上半身重心位置から床への垂線

A) クロスステップ

左は脊柱が中間位、骨盤がやや前傾しており、上半身重心を進行方向のステップ脚の上（新たな支持基底面上）に移動できている。

右は脊柱が屈曲、骨盤が後傾しており、上半身重心が後方化して進行方向とずれ、ステップ脚（新たな支持基底面）までの距離が遠い。

B) サイドステップ

左は軸足が中間位をとり、体幹も傾斜が少なく上半身重心と支持基底面の距離が近い。

右は軸足の膝が外反・足部は回内し、体幹は左に傾斜している。上半身重心と支持基底面の距離が遠く、支持脚の負荷が大きい。



図8 股関節外転・外旋+前足部ピボット移動

抵抗バンドやチューブを大腿遠位に装着し、股関節外転・外旋を維持して前または後ろへ移動する。軸足は接地面を回転させるピボットを用いて、全身が進行方向へ向くように移動する。ピボットを含めたサイドステップのトレーニングである。

度の方向転換を行う課題を実施した。左右どちらに方向転換するかを観察したところ、左軸足の際には必ずクロスステップで左側へ方向転換をする戦略を取っていたが、自身ではそれに気づいていなかった。トレーニングとしては、股関節外旋および外転可動域維持のためのストレッチと股関節の筋力トレーニング、股関節外転・外旋抵抗下でのピボット歩行（図8）やサイドステップを指導した。

方向転換の安定性を高めるトレーニング

トレーニングの例を紹介する。

- ・足部・足関節をコントロールし重心移動をどの方向へもスムーズに行えるか、評価しながらトレーニングを行う。前後左右や時計回り・反時計回りに床反力作用点（足圧中心位置）を移動させ、適切なアライメントが保っているかを確認する（図9-1、図9-2）。

- ・軸足の前足部コントロールを行うため、足の接地幅を変えて前後に開脚したスプリットスクワットを行う

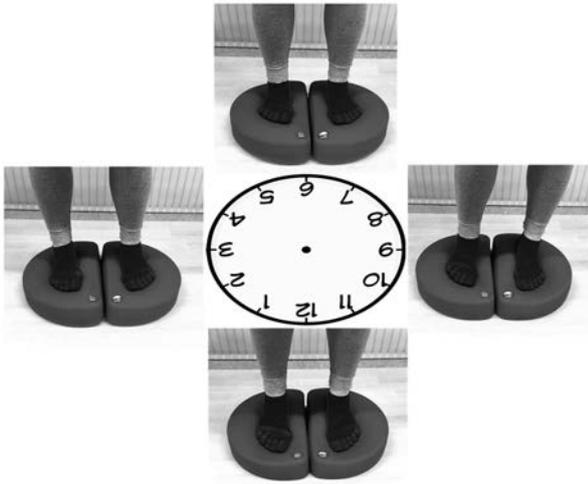


図 9-1 足関節・足部のコントロール 評価とトレーニング
マットや不安定なツール上の立位で足圧中心を移動させる。前後左右のほか、足部前方を12時、後方を6時の方向に見立てて時計の針の方向に合わせてスムーズに足圧中心の移動ができるよう足関節と足部でコントロールする。
例) 時計回り、反時計回り、1～7時方向を繰り返す、など。



図 9-2 適切でない例

A) 右膝を外反させて足部内側に重心移動をしている。
B) 膝関節屈曲と股関節屈曲、右股関節内転・左股関節外転により代償している。
できるだけ体幹と下肢は直立させておき、股関節や膝関節での代償を防ぐ。

(図 10)。

・両脚接地から片脚接地へのプログレッションとして、多方向へのランジ動作を行う (図 11)。

・サイドステップやピボットのトレーニングとして、股関節外転・外旋を強調した動きをトレーニングする (図 8)。

どのトレーニングも、関節可動域や筋力などの機能低下に対するアプローチを並行する。スポーツでは移動スピードを速く維持したまま短時間で大きく方向転換することが必要な場面があり、下肢筋群の筋力・パワーと高いバランス能力が求められる。パフォーマンスの高い例

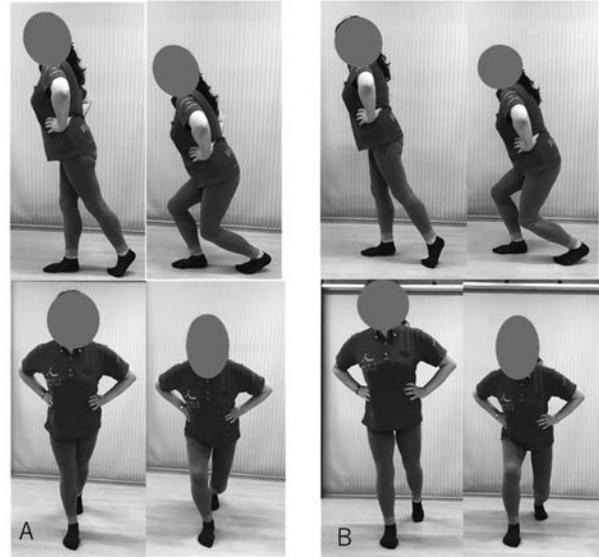


図 10 スプリットスクワットによる前足部での押し出しトレーニング

A) クロスステップを想定した小趾側荷重。一直線上に前後開脚して接地する。

B) サイドステップを想定した母趾側荷重。股関節または肩幅で前後開脚し接地する。

両脚を前後に半歩程度開いて立ち、後ろ脚は踵を上げておく。両下肢を屈曲・体幹を軽度前傾させてから、後ろ脚で身体を前へ押し出すように立ち上がる。A) では母趾側、B) では小趾側で蹴るような動きを強調する。足趾は屈曲せずに伸ばしたまま荷重し、骨盤はできるだけ左右の高さが変わらないようにする。

に対しては、スピードや変換角度を変えて負荷を上げていく。安定性を優先する場合には、減速することや方向転換時のステップ数を増やす工夫も必要である。動作中の左右差・苦手な方向を把握し、対象者自身にそれを理解してもらうことも、転倒予防や外傷・障害予防には重要であり、理学療法のモチベーションを高めることにもつながると考える。

おわりに

方向転換の方法や要素を提示し、先行研究からバイオメカニクスの観点、転倒予防と外傷・障害予防に関連する因子について述べた。また、経験的ではあるが評価のポイントと動的安定性を高めるトレーニングについて紹介した。

動的バランスについては明らかになっていない点も多く、今回は触れられなかったが認知機能や感覚の問題も無視できない。方向転換動作は日常動作の中の応用歩行、スポーツ動作に不可欠である。機能改善によりパフォーマンス向上をめざすのか、効率は劣ってもより安定した方法を獲得し安全に動作を遂行するのか、それぞれをよいタイミングで選択し指導することが求められている。対象者の生活の中で必要な動作、受傷機転となった動作や今後必要となるパフォーマンスを含んだ評価項

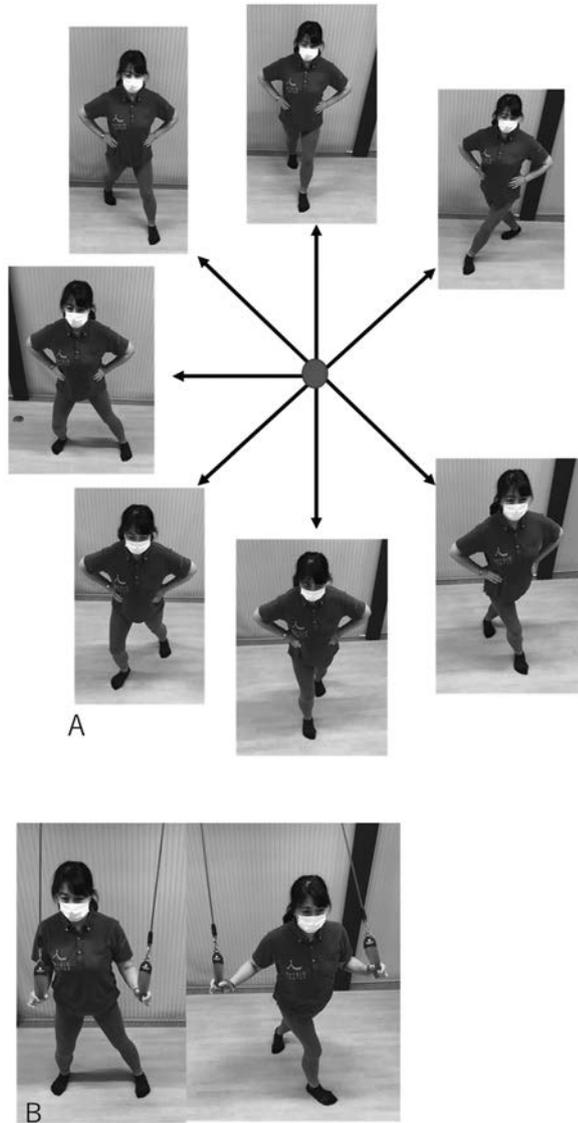


図 11 多方向へのランジ動作

いろいろな方向へ半歩程度のランジ動作を行う。
膝外反や体幹の側方傾斜が起こらないよう注意する。
A) 軸足(写真では左)の位置は変えず、左前方、前方、右前方、側方(右)、右後方、後方、左後方、など踏み込んで戻る動きを繰り返す。軸足の前足部で蹴りだすことを強調し、ステップ脚側に上半身重心を移動させて十分に荷重する。発展的に、ステップ脚に全荷重して軸足を少し浮かせてもよい。
B) 高齢者など転倒の不安がある場合には、上肢のサポートを加えて安全に行う。
この時、できるだけ上肢は軽く支える程度にする。

目を選択し、どのような動作戦略を用いるのかを機能面とともに評価することが動作の改善につながると考えている。

文 献

- 1) Yamada M, Higuchi T, *et al.*: Maladaptive turning and gaze behavior induces impaired stepping on multiple footfall targets during gait in older individuals who are at high risk of falling. *Arch Gerontol Geriatr.* 2012; 54: e102-e108.
- 2) Boden BP, Dean GS, *et al.*: Mechanisms of anterior cruciate ligament injury. *Orthopedics.* 2000; 23: 573-578.
- 3) Andrews JR, McLeod WD, *et al.*: The cutting mechanism. *Am J Sports Med.* 1977; 5: 111-121.
- 4) Hase K, Stein RB: Turning strategies during human walking. *J Neurophysiol.* 2019; 81: 2914-2922.
- 5) 中村高仁, 菊本東陽, 他: 歩行中の方向転換動作における予期的姿勢制御に関わるステップ戦略の検討. *理学療法-臨床・研究・教育.* 2016; 23: 72-76.
- 6) Weight RL, Perers DM, *et al.*: Differences in axial segment reorientation during standing turns predict multiple falls in older adults. *Gait & Posture.* 2012; 36: 541-545.
- 7) 櫻井好美, 石井慎一郎, 他: 歩行関連動作のバイオメカニクス 方向転換動作・着座動作. *理学療法ジャーナル.* 2013; 47: 527-532.
- 8) 伊藤正憲, 高橋優基, 他: 歩行時の方向転換動作. *関西理学.* 2015; 15: 23-27.
- 9) 山崎 航, 谷埜予士次: 歩行の方向転換動作時における下肢関節トルク. *関西理学.* 2015; 15: 67-74.
- 10) 石田啓子: 方向転換動作方略の相違が体軸内回旋度運動に及ぼす影響. 第 30 回神奈川県理学療法士学会プログラム抄録集. 2013, p. 44.
- 11) 土井剛彦: 移動能力評価, 高齢者の評価 高齢者理学療法. 医歯薬出版, 東京, 2017, pp. 123-125.
- 12) Berg KO, Maki BE, *et al.*: Clinical and Laboratory Measures of Postural Balance in an Elderly Population. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992; 73: 1073-1080.
- 13) 吉田啓晃, 中山恭秀, 他: 大腿骨近位部骨折術後患者における Berg Balance Scale 改項目の特徴-日常生活自立度別の検討-. *慈恵医大誌.* 2016; 131: 19-25.
- 14) 黒澤千尋: 健常高齢者における Timed Up and Go test の運動学的分析. 国際医療福祉大学博士論文. 2016.
- 15) 伊藤 渉: フィールドテスト ラグビー, スポーツ理学療法プラクティス 機能評価診断とその技法. 片寄正樹, 他(編), 文光堂, 東京, 2017, pp. 189-195.
- 16) 山崎 航, 畠中泰彦: 歩行中における方向転換動作のバイオメカニクスに関する文献レビュー. *関西理学.* 2019; 19: 74-83.
- 17) 広瀬統一: スポーツ現場におけるアスレチックリハビリテーション, アスレチックリハビリテーションガイド(第2版). 福林 徹, 武富修治(編), 文光堂, 東京, 2018, pp. 12-20.
- 18) 馬越博久: サッカーでの競技復帰・再発予防プログラム, アスレチックリハビリテーションガイド(第2版). 福林 徹, 武富修治(編), 文光堂, 東京, 2018, pp. 234-244.
- 19) 馬越博久, 千場拓真, 他: 大学女子サッカー選手における膝前十字靭帯損傷危険度別にみた方向転換動作の特徴. *日本臨床スポーツ医学会誌.* 2016; 24: 396-406.

《 投稿規程 》

1. 本誌の目的

- ① 理学療法学および関連する分野の研究を公表し、理学療法学を発展させる。
- ② 理学療法士の卒後継続教育に資する教育的な論文を掲載する。
- ③ 理学療法の実践に関する記録や資料を掲載する。

2. 記事の種類

- ① 研究論文（原著）：新規性および独創性があり、明確な結論を示した論文。
- ② 症例研究：症例の臨床的問題や治療結果について科学的に研究を行い、考察を行った論文。
- ③ 短報：研究の速報・略報として簡潔に記載された短い研究論文。
- ④ その他：システマティックレビュー、症例報告、実践報告、調査報告など編集委員会で掲載が適切と判断された論文および記事。（なお、症例報告とは症例の治療および経過などについて論理的に提示し、考察を行ったもの。実践報告とは、理学療法の実践・教育・臨床等の実践の中で、新たな工夫や介入、結果等について具体的かつ客観的に情報提示し、その内容が有益と判断されたもの）

3. 投稿者の資格

本誌への投稿は、本会に寄与する論文であれば会員に限らず投稿を受理する。著者資格については註1および執筆規程を参照すること。

4. 投稿原稿の条件

投稿原稿は、他誌に発表、または投稿中の原稿でないこと。本規程および執筆規程にしたがって作成すること。

5. 投稿承諾書

著者の論文への責任および著作権譲渡の確認のため、別紙の投稿承諾書に自筆による署名をして提出すること。

6. 利益相反

利益相反の可能性のある事項（コンサルタント料、株式所有、寄付金、特許など）がある場合は本文中に記載すること。なお、利益相反に関しては日本理学療法士学会が定める「利益相反の開示に関する基準」を遵守すること。

7. 著作権

本誌に掲載された論文の著作権は、日本理学療法士学会に属する。また、本誌に掲載された論文はオンライン公開される。

8. 研究倫理

ヘルシンキ宣言および厚生労働省の「人を対象とする医学系研究に関する倫理指針」などの医学研究に関する指針（註2）に基づき対象者の保護には十分留意し、説明と同意などの倫理的な配慮に関する記述を必ず行うこと。

また、研究にあたり、所属研究機関あるいは所属施設の倫理委員会ないしそれに準ずる機関の承認を得ることを必須とし、倫理審査委員会名および承認番号（または承認年月日）を必ず記載すること。なお、倫理審査委員会より承認の非該当となった場合には、その旨を記載する。

9. 原稿の採択

原稿の採否は複数の査読者の意見を参考に編集委員会において決定する。査読の結果、編集方針にしたがって原稿の修正を求めることがある。修正を求められた場合は2ヵ月以内に修正稿を再提出すること。提出期限を超過した場合は新規投稿論文として扱われる。また、必要に応じて編集委員会の責任において字句の訂正を行うことがある。

10. 校正

著者校正は原則として1回とし、誤字脱字を除く文章および図表の変更は原則として認めない。

11. 掲載に関する費用

規定の分量の範囲内までは無料掲載するが、超過した場合は超過分に要した実費を徴収する場合がある。カラー掲載は実費負担とする。

理学療法士の免許を有する日本理学療法士協会の非会員の投稿には審査料と掲載料を徴収する。詳細は別紙に定める。なお、本会会員権利が停止している会員の投稿についても同様に審査料と掲載料を徴収する。

12. 原稿送付方法および連絡先

1) 原稿送付方法

本学会の運用するオンライン投稿システムから投稿すること。原稿書式など詳細は執筆規程に定める。

2) 問合せ先

〒106-0032 東京都港区六本木7-11-10

公益社団法人 日本理学療法士協会内

日本理学療法士学会 「理学療法学」編集室

TEL: 03-6804-1626

E-mail: journal@japanpt.or.jp

オンライン投稿システム：

<http://www.editorialmanager.com/jpta-journal/>

註1：国際医学雑誌編集者委員会：生物医学雑誌への投稿のための統一規定 (<http://www.icmje.org/recommendations/>)

註2：厚生労働省：研究に関する指針について (<http://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/hokabunya/kenkyujigyou/i-kenkyu/index.html>)

(令和2年9月23日 一部改定,
令和2年9月23日より施行)

編集委員長
編集委員島田 裕之
池添 冬芽
河野 健一
対馬 栄輝
樋口 由美
山田 実内 昌之
榎間 利春
土井 剛彦
前田 慶明金子 文成
嶋田 誠一郎
中山 恭秀
牧迫 飛雄馬楠本 泰士
菅原 憲一
野蔭 一平
村松 憲久保田 雅史
高橋 哲也
橋立 博幸
森下 慎一郎神津 玲
建内 宏
原田 和宏
山口 智史

査読委員

青木 一治
阿部 勉
石川 博明
犬飼 康人
内田 学
大西 秀明
上出 直人
北出 一平
熊丸 めぐみ
菅田 陽怜
高取 克彦
永井 一行
中村 雅俊
花田 匡利
松尾 篤
村山 尊司
山口 正貴
渡辺 学明崎 禎輝
新井 武志
石田 和人
井上 順一
内山 覚
岡田 洋平
神谷 健太郎
北原 エリ子
肥田 朋子
関川 清一
高見 彰
堤本 広大
中尾 周平
成田 崇矢
福元 喜啓
松尾 英明
森井 和枝
横川 吉晴浅賀 忠義
有蘭 信一
石田 和宏
井上 優
浦川 将
小栢 進也
烏野 大
木藤 伸宏
小林 麻衣
関口 雄介
田中 貴子
椿 淳裕
中野 治郎
南角 学
藤澤 宏幸
松田 雅弘
森岡 周
横塚 美恵子浅川 育世
飯田 有輝
石田 水里
井平 光
江玉 睦明
小野 玲
河上 敬介
木原 由里子
小林 量作
関屋 昇
田中 亮
鶴崎 俊哉
中野 尚子
西上 智彦
藤野 英己
宮城 島沙織
森沢 知之
横山 茂樹浅川 康吉
井澤 和大
伊藤 浩充
上村 一貴
大住 倫卓
加藤 倫一郎
河野 良二
木山 正和
齊藤 聖
高木 匡史
寺西 利生
中野 達哉
野添 匡史
本田 寛人
本下 浩二
吉田 元剛阿南 雅也
石垣 智也
伊藤 義広
白田 滋
大鶴 直史
金村 尚彦
河辺 信秀
久保 雅義
櫻井 宏明
高倉 保幸
田畑 稔
中 徹
中村 潤二
信迫 悟志
前島 洋
宮本 俊朗
森山 英樹
吉松 竜貴

(五十音順)

編集後記

全都道府県の緊急事態措置およびまん延防止等重点措置が9月28日をもって終了しました。徐々に人の往来も増えつつあり、街は活気を取り戻してきているような気もしています。先のことは杳として知れませんが、我々に関していえば学術大会や研修会も、以前のように対面形式で開催できるようになることを祈るばかりです。

オンラインでの勤務、会議、講義という言葉は、ずいぶん日常的になりました。それこそコロナ感染症の流行直前までは、これほどまでオンライン環境は整っていませんでした。いざとなれば情報技術(IT)の理論をもとに、短期間で日常的な実用レベルに実現できる時代に驚いています。オンライン理学療法という存在も散見されますが、やはり基本は人対人で行うのが理学療法です。そこには客観的に表出できない効果や利点があります。どのようなものでも共通ですが、図りどころのない人と接して得られる効果を見直せた2年間でもありました。

本号では研究論文(原著)6編、症例研究1編、短報2編、実践報告1編と企画記事2編の全12編の論文が掲載されています。コロナ禍で臨床業務もままならない状況で、研究、実践など、執筆掲載にまで達成された成果に敬意を表し、編集にかかわる立場といえども非常に喜ばしくも感じています。

よく考えてみると、理学療法は人対人で行うからこそ意義がありますが、コロナ感染症の流行にかかわらず、医療従事者のなかでも感染予防はもっとも重要な知識であり、その対策は必要不可欠です。いまさらながら、改めて感染予防の重要性を認識する機会にもなりました。その対策法のエビデンスに関しては明らかとなっていないものが多いながらも、現実には効果的な方法も実在しました。対面もしかり現実の効果はなにか功を奏するかわかりません。

「だから、理屈じゃなくてやってみなければわからない」などの意見も聞かえそうですが、よく考えてみると理論や理屈があつての現実で、その現実からまた新たな理論がうまれるという臨床研究過程の歴史的現実を考えると至極当然であったと考えます。

最近『理学療法ガイドライン第2版』が発刊されました。直接現実の答えを求めるのは間違いでしょう。いかに有効活用するかが要求されます。また、それをもとにして新たなエビデンス構築をめざすために研究に興味をもたれ、たくさんの会員が本誌に成果を公開されるのを楽しみにしております。なお、論文の要約についてはJ-stageに公開されているホームページもご覧ください。何事も自由に行動を起こせる幸せは実感されたはずです。
(対馬栄輝)

理学療法

編集 一般社団法人 日本理学療法学会連合
発行 公益社団法人 日本理学療法士協会

第 48 巻 第 6 号

〒106-0032 東京都港区六本木7丁目11番10号
公益社団法人 日本理学療法士協会内
TEL (03) 5843-1747 (代表)

2021年12月20日 発行

印刷・製本 株式会社東京プレス
東京都新宿区下落合3-12-18
TEL (03) 5982-9291

上肢・下肢用

ポータブル・エルゴメーター

881E 型 / 881ET 型

 スウェーデン・モナーク社



881E 型



●ペダルをハンドクリップに取り替えることにより、腕用のエルゴメーターとして使用できます。

●被験者の運動能力に応じて、ハンドルの回転軸位置は左右別々の位置にもセットでき、円形回転を前後に変えることもできます。(片腕を伸ばすことができない等の場合)



881ET 型(専用架台付)

●仕様 医療機器届出番号 13B2X00381000003

制御方式	ベルトブレーキ方式	本体寸法・重量他	540(L)×470(W)×550(H)mm、22kg、ペダル、ハンドグリップ付き
負荷範囲	0~100W/50rpm	専用架台	700(L)×760(W)×710~940(H)mm 約28kg
表示項目	負荷量、タイマー、回転数、カウンター、消費カロリー/分		

日本総代理店



旭光物産株式会社
KYOKKO BUSSAN CO., LTD.

〒113-0033 東京都文京区本郷1-33-8 ハウス本郷ビル
TEL. 03(3814)1635(代) FAX. 03(3814)7564(代)
WEB. <http://kykb.jp/> Email. support@kykb.jp

電気刺激装置【コンパクト DC スティミュレーター】GD-800

Compact-DC Stimulator

75mm×75mm
Wearable

コンパクトで
身体に装着できる
電気刺激装置

Neuro Modulation

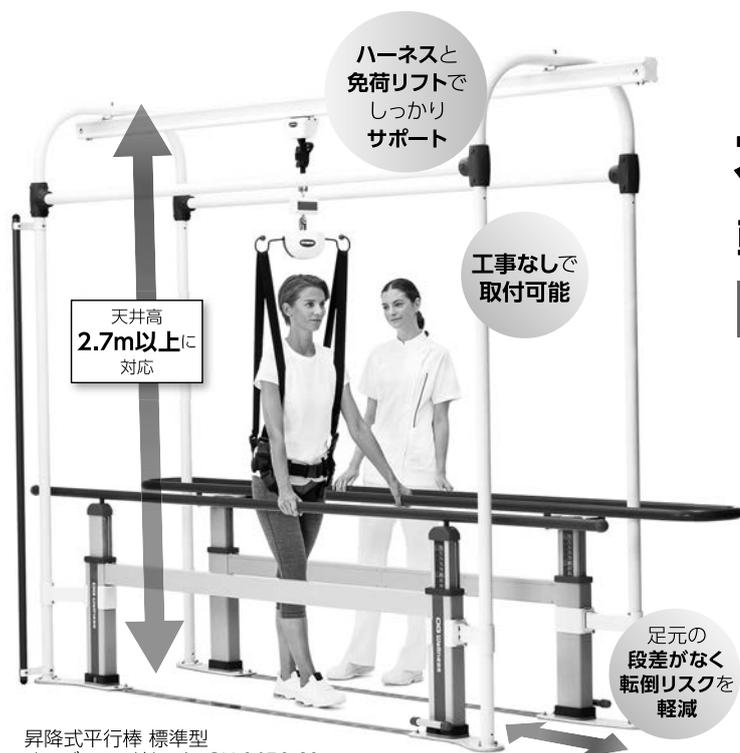
新しいリハビリテーションへの第一歩

Compact-DC Stimulatorは、
ニューロモデュレーション分野に開発された電気刺激装置です。
リハビリテーションと組み合わせて使用できるように、
持ち運びが容易で、身体に装着できるコンパクト化とウェアラブル化を実現。
医療や研究現場の治療の可能性を広げます。

Direct
Current

最大2.0mAの
微弱な直流電流で
治療ができます

【販売名】電気刺激装置 GD-800 【認証番号】302AABZX00042000 【一般的名称】低周波治療器



ハーネスと
免荷リフトで
しっかり
サポート

工事なしで
取付可能

天井高
2.7m以上に
対応

足元の
段差がなく
転倒リスクを
軽減

昇降式平行棒 標準型
オーバーヘッドセット GH-2650-S2

※上記は起立トレーニング用縦手すりと免荷量表示計のオプションつきです。

平行棒用 オーバーヘッドフレーム

転倒リスクと不安・恐怖心を軽減

使用者の事故軽減

介助者の負担軽減



昇降式平行棒 標準型
GH-2650 / 3.5m



昇降式平行棒 標準型
GH-2750 / 3.5m

＼ 現在お使いの /
OG Wellness昇降式平行棒 4機種に取付可能



昇降式平行棒 両直線型
GH-2640 / 3.5m



昇降式平行棒 両直線型
GH-2740 / 3.5m

オージーウェルネスが配信する
介護施設・医療従事者のための
サポートサイト

一般の方へ向けた情報サイト
OGスマイル



介護施設へ向けた情報サイト
OG介護プラス



医療従事者へ向けた情報サイト
OGメディック



物理療法機器・リハビリ機器・介護用入浴機器

OG Wellness

 オージー技研株式会社

【岡山本社】〒703-8261 岡山県岡山市中区海吉1835-7 Fax.086-274-9072
【東京本社】〒100-6004 東京都千代田区霞が関3-2-5 霞が関ビルディング4階 Fax.03-3519-5020
【事業所】北日本支店・札幌営業所・盛岡営業所・北関東支店・新潟営業所・南関東支店・横浜営業所・千葉営業所・中部支店・長野サテライト・金沢営業所・関西支店・神戸営業所・中四国支店・広島営業所・高松営業所・九州支店・鹿児島営業所・那覇出張所

www.og-wellness.jp

【平日受付コールセンター】・受付時間 9:00～17:00
☎ 0120-01-7181

【休日受付コールセンター】
・土・日・祝・年末年始 専用 ・受付時間 9:00～17:00
☎ 0120-33-7181

最新運動療法大全 I・II

理学療法士が学べべき運動療法の全てを網羅したバイブル



著者: キャロリン・キスナー / リン・アラン・コルビー
日本語版監修者: 黒澤 和生

I 基礎編: 基礎理論、効果、適用、臨床情報、運動プログラム、エビデンス情報、術後の管理 etc.
II 実践編: 部位別の運動療法や高度なトレーニング、女性の妊娠、出産関連症状、リンパ系疾患のための運動療法についても解説。

フルカラー

A4変形 (275×220) 並製

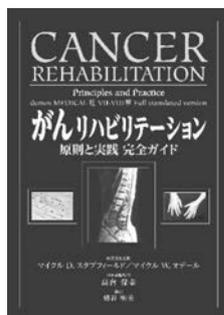
I 基礎編 本体価格: 6,800円+税
448頁 ISBN: 978-4-88282-972-0

II 実践編 本体価格: 7,200円+税
620頁 ISBN: 978-4-88282-983-6

がんリハビリテーション

—原則と実践 完全ガイド—

原著監修責任者: マイクル・D・スタブフィールド / マイクル・W・オデール



日本語版監修者: 高倉 保幸
推薦: 辻 哲也

本書はがんと診断されたすべての患者が身体機能や生活の質を回復するための原則と実践についての最新情報を提供している。理学療法士、作業療法士など、がんリハビリテーションに関心を持つすべての医療従事者必携の一冊。

本体価格: 5,800円+税
ISBN: 978-4-88282-994-2
B5判 (257×182) 並製 / 288頁

改訂新版 筋骨格系の触診マニュアル

トリガーポイント、関連痛パターンおよびストレッチを用いた療法

著者: ジョセフ・E・マスコーノ 日本語版監修者: 丸山 仁司

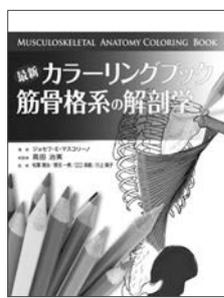


筋肉と骨の触診だけでなく、トリガーポイントとその関連痛パターン、ストレッチ、個々の筋肉の治療などが詳しく解説された書籍。改訂により統合的な思考のためのケーススタディやストレッチを総合的に確認できる図、セルフケアストレッチの図などが追加された。

本体価格: 8,000円+税
ISBN: 978-4-88282-981-2
A4変形 (276×218) 並製 / 576頁 **フルカラー**

最新カラーリングブック 筋骨格系の解剖学

著者: ジョセフ・E・マスコーノ 日本語版総監修者: 高田 治実
日本語版監修者: 松葉 潤治 / 菅沼 一男 / 江口 英範 / 川上 陽子



全身の筋肉と骨に色を塗りながら、理解を深めることができる“ぬりえブック”。650枚もの高品質イラストを用い、骨格系、筋系、神経系、動脈系のおもな解剖学的部位を章ごとに分けて紹介。

本体価格: 3,200円+税
ISBN: 978-4-88282-790-0
A4変形 (250×215) 並製 / 488頁

シュロス法による側弯症治療 普及版

エクササイズと呼吸テクニックで脊柱の彎曲と捻れを矯正する



著者: クリスタ・レーネルト・シュロス / ペートラ・グレブル
日本語版監修者: 中村 尚人

手術以外に改善策がないとされてきた側弯症治療に効果があり、ドイツでは保健適応されるほど信頼されているシュロス法の変遷や側弯症の診断知見、根拠など基礎知識から治療の経過記録までが詳解された専門書。

本体価格: 4,600円+税
ISBN: 978-4-86654-049-8
B5判 (271×197) 並製 / 240頁 **フルカラー**

マッスルエナジーテクニック (MET)

全身の筋肉に適応できるホールドリラックスアプローチ



著者: ジョン・ギボンズ
日本語版監修・翻訳者: 弓岡 光徳
訳者: 小幡 太志 / 森 彩子 / 山川 友康 他

METは多くの現代人が悩む肩や肘、膝や腰など、重要な関節を含む全身の筋肉に適応できるため、会得できれば療法士にとってさまざまな場面で活用できる手技療法。その理論、施術法を多くの写真と共に説示。

本体価格: 3,600円+税
ISBN: 978-4-86654-043-6
B5変形 (253×178) 並製 / 172頁 **フルカラー**

スポーツ医療従事者のための本格フロッシング

著者: スヴェン・クルーゼ / 協力: ヨハネス・エルメル



日本語版監修者: 高平 尚伸
訳者: 長谷川 早苗

アイシングに代わる新メソッドとして数々のメジャースポーツはもちろん、選手にケガの多い格闘界でも活躍するフロッシング。この手法の医療従事者向け解説書。応急処置から治療、日々のコンディショニングまで解説。

本体価格: 3,600円+税
ISBN: 978-4-86654-019-1
B5変形 (238×167) 並製 / 176頁 **フルカラー**

ネッターのスポーツ医学全書 I

編者: クリストファー・C・マッデン 他3名
寄稿者: ジェフリー・T・アビルゴール 他58名
作画: フランク・H・ネッター 他協力5名



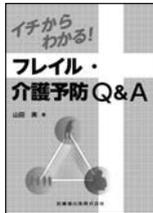
日本語版監修者: 熊井 司

スポーツドクターはもちろん、理学療法士、チームドクター、整形外科医や運動部の指導者など、運動に関わるあらゆる分野の人のために書かれたガイダンス。スポーツ医学の見識を深めたいすべての人々が参考にできる書籍。

本体価格: 5,500円+税
ISBN: 978-4-86654-020-7
B5変形 (228×150) 並製 / 278頁 **フルカラー**

イチからわかる！ フレイル・ 介護予防Q&A

山田実 編著
A5判 120頁
定価2,200円(税10%込)
ISBN978-4-263-26650-2



さまざまな疑問に2頁読み切りで回答。最新の研究成果やエビデンスに基づいた知識・ノウハウを現場に活かす！

筋膜 マニピュレーション 実践編 レベル1 原著第2版

小川大輔 監訳
A4判変 328頁
定価11,000円(税10%込)
ISBN978-4-263-26654-0



日本でFascial Manipulation®(筋膜マニピュレーション)を習得できる唯一の講習会テキスト、FM APP利用権付！

こんなときどうする！？
ここが知りたい！！

リハビリ専門職のための がんリハビリテーション

島崎寛将・井上順一郎 編著
A5判 316頁
定価4,400円(税10%込)
ISBN978-4-263-26653-3



がんのリハビリテーションの臨床力を高めるためのポイントやヒントをまとめた、ハンディサイズの実践書。現場のお供に！

地域理学療法の方向性と マインドを理解する ビルドアップ 地域理学療法

隆島研吾・田中康之 編
B5判 156頁
定価3,960円(税10%込)
ISBN978-4-263-26644-1



日本地域理学療法学会の定義した4つの支援に沿って、理学療法士のあるべき関わりをまとめた。実習指導にも役立つ一冊。

Excelで効率化！ リハビリテーション自主トレーニング指導 パットレ！Pro.

小口和代 監修/後藤進一郎・田中元規 編
B5判 216頁
定価5,500円(税10%込)
ISBN978-4-263-21884-6



250以上の自主トレ種目と、指導の具体的な流れやポイントを学べる一冊。便利な指導書作成Excelツール『パットレ！Pro.』付き！

143のweb動画付 歩行獲得に向けた 理学療法的治療アプローチ

武田功 監修/弓岡光徳・廣瀬浩昭 編
B5判 224頁
定価6,820円(税10%込)
ISBN978-4-263-26648-9



歩行獲得のための理学療法的治療アプローチを、143本の実践的な動画と700点を超える写真を用い、運動学的視点から詳解！

誤嚥性肺炎の 包括的アプローチ

診断・治療から、栄養管理・呼吸リハ・嚥下リハ・口腔ケアまで

高島英昭 編
B5判 240頁
定価5,280円(税10%込)
ISBN978-4-263-26641-0



抗菌薬のみの治療が困難な誤嚥性肺炎を多職種で攻略！職種間の相互理解を深め、効果的な治療の可能性を追求する一冊。

CR臨時増刊号 30 巻13号 高齢者リハビリテーション の羅針盤

— 治し、支える医療の実践

海老原覚 編著
B5判 138頁
定価3,080円(税10%込)



高齢者のリハビリテーションの最新の知見を様々な側面から概説し、超高齢社会におけるリハ診療の羅針盤となる一冊。

CR臨時増刊号 30 巻7号 がんの リハビリテーション

— 成果と展望

水落和也 編著
B5判 144頁
定価3,080円(税10%込)



日々進歩するがん診療においてリハビリテーション医療が挙げてきた「成果」と、今後期待される「発展」がわかる一冊。

リハビリテーション専門職のための 教育学

現場で役立つ「教える技術」

丸山仁司・堀本ゆかり 編著
B5判 180頁
定価3,960円(税10%込)
ISBN978-4-263-26639-7



教育学が必要なのは教員だけ？そんなことはありません！臨床でも役立つ「教える技術」を教育学の専門家がやさしく解説！

リハビリテーション栄養 第5巻第2号 実践！リハビリテーション 栄養ケアプロセス

日本リハビリテーション栄養学会 編
B5判 132頁
定価3,080円(税10%込)



さまざまな症例、施設ごとの実践例、十分に展開できなかった事例、座談会を収録。実践のイメージが湧く一冊。

イラストでわかる 義肢療法

上杉雅之 監修
長倉裕二・岩瀬弘明 編集
B5判 272頁
定価4,950円(税10%込)
ISBN978-4-263-26645-8



写真・イラストを多用し、初学者に臨床とのつながりをイメージさせる。切断術後から社会参加まで一連の知識を学ぶ。

Hand Held Dynamometer

mobie ZII 新発売

ハンドヘルドダイナモメーター モービィ ZII (無線タイプ) MT-202

軽量・コンパクトな筋力測定器

高精度のプッシュセンサータイプの徒手筋力計。
センサーを押す力を正確に測定することが可能。
測定データを簡便に PC ヘデジタル転送できる無線 (Wifi) 機能を搭載。



プッシュセンサー



(例) 肩・外転



(例) 膝・伸展

本体表示部とプッシュセンサー部を分離し、様々なオプションセンサーに交換可能。



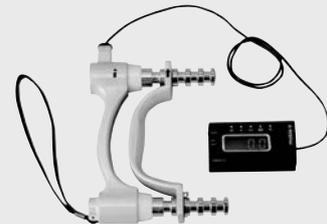
プルセンサー (オプション)

プルセンサーに交換することで、牽引法で計測することが可能です。ベルトで固定するため、徒手では計測しにくかった部位の評価を再現性高く、簡便に評価することができます。



ピンチセンサー (オプション)

ピンチセンサーに交換することで 0.1kgf 単位でのピンチ力を計測可能です。



握力センサー (オプション)

海外標準のジェイマー型ハンドルのセンサーに交換することで、5 ポジションテストやポジション 2 の標準テストが簡便に行えます。

お問い合わせはこちらまで

酒井医療株式会社

東京都新宿区山吹町358-6 〒162-0801 Tel:03-5227-5775

www.sakaimed.co.jp

SAKAIMED
明日に踏み出すチカラ。酒井医療

生きられ、身体化された「経験」としての痛みを治療する、
ペイン・リハビリテーションの
新しいパラダイム!

医学的問題としての「疼痛」の背景には、「痛み」という、人間の生存に不可欠な複雑な仕組みがある。遷延化する「痛み」はまさにその複雑な仕組みの、複雑な様相をもつ破綻である。本書は疼痛治療に対する医学の歴史の延長線上で、今日まさに展開しつつあるリハビリテーション治療の最新の方法を提供する。本書は理論書であるとともに充実した実践書でもあり、特に最終章「疼痛治療の訓練例」は本書全体のボリュームの半分を占め、具体的な治療の経過とその臨床思考を丁寧に解説している。



疼痛の IL DOLORE COME PROBLEMA RIABILITATIVO
認知神経リハビリテーション

最新刊

カルロ・ペルフェッティ

フランカ・パンテ、カルラ・リッツェット、マリナ・ゼルニッツ ● 編著

小池美納、朝岡直芽 ● 訳 / 江草典政、宮本省三 ● 監訳

● B5変形・312頁・2色刷 定価(本体5,000円+税) ISBN978-4-7639-1087-5

目次

① 疼痛の解釈～その歴史(古代から現代まで)と認知神経理論の仮説

古代ギリシャからデカルトまで / デカルトからメルザックまで / リハビリテーションにどのように影響したのか? / 疼痛の神経科学研究における新たな展開 / ニューロマトリックス理論 / 慢性痛と幻肢痛における中枢神経系の可塑的变化 / 疼痛とリハビリテーション文化

② 回復の科学へ～リハビリテーション認識論

リハビリテーションの問題としての疼痛 / 疼痛の分類とリハビリテーション / 神経障害性疼痛の新たな仮説 / 認知神経リハビリテーションにおける疼痛の解釈仮説 / 疼痛システム

③ 疼痛と認知神経リハビリテーション

新しい仮説、新しい介入方法 / 身体-精神の関係と疼痛 / 情報の不整合の結果としての疼痛 / 疼痛症候群における情報の構築と統合: 感覚的、認知的、情動的側面 / 意識経験、言語、そして疼痛 / イメージと疼痛 / 認知神経リハビリテーションの基本原理と疼痛の病態解釈 / 認知神経リハビリテーションにおけ

る訓練の道具立て

④ 疼痛患者の病態の認知神経的な解釈

疼痛患者のプロフィール(評価) / 疼痛を伴わない行為の選択から、テーマと関連性に着目して適切な訓練を導き出す / ある臨床例への応用にもみる「プロフィール」の例

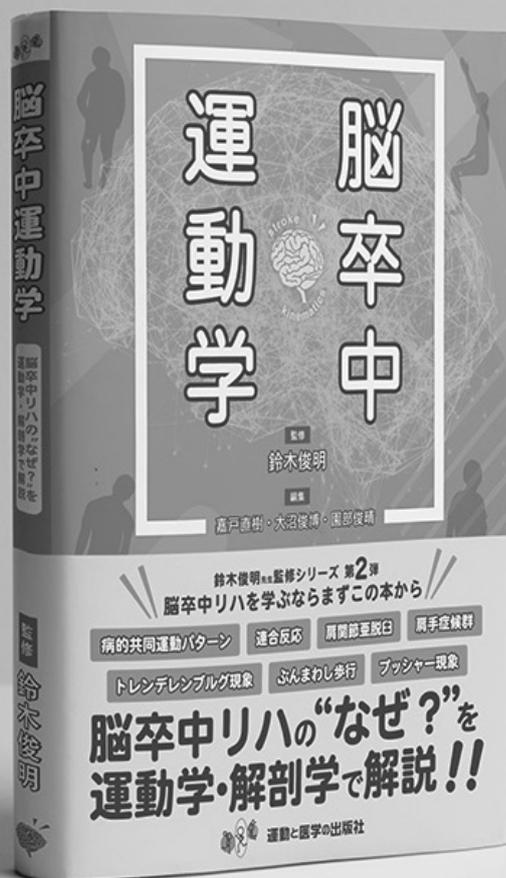
⑤ 疼痛のための訓練

疼痛のための認知神経リハビリテーション / 現実との関係性を踏まえた疼痛のための訓練 / 疼痛のための訓練とその特殊性 / 疼痛のための訓練のグループ分類 / 疼痛のための訓練 / 訓練の構造 / 訓練の構造に沿って実施された訓練例

⑥ 臨床症例

線維筋痛症が疑われる症例 / 外傷による右上肢切断(肩甲骨間離断)後の幻肢痛 / 中枢神経疾患(右片麻痺)の疼痛 / 中枢神経疾患(左片麻痺)の疼痛 / 脊髄損傷で発症した神経障害性疼痛 / 脊髄腫瘍の手術後の神経障害性疼痛 / 軽微な整形外科疾患に続いて出現した神経障害性疼痛 / 炎症性の整形外科疾患に由来する神経障害性疼痛





鈴木俊明先生監修シリーズ 第2弾

脳卒中リハの“なぜ？”を運動学・解剖学で解説！！

脳卒中運動学

監修 鈴木俊明 編集 嘉戸直樹・大沼俊博・園部俊晴

第I部 運動と現象の運動学的解釈

第1章 なぜ今、片麻痺患者の運動学なのか？

- 本書で一書伝えたいこと
- 片麻痺患者のリハビリテーションの経緯と現状
- 我々の提言

第2章 病的共同運動パターンを運動学で考える

- 病的共同運動パターンとは
- 上肢の病的共同運動パターンを説明する
- 下肢の病的共同運動パターンを説明する

第3章 適合反応を運動学で考える

- 適合反応とは
- 歩行時の上肢の適合反応
- 歩行時の下肢の適合反応

第4章 肩関節亜脱臼を運動学で考える

- 肩関節亜脱臼とは
- 片麻痺患者の肩関節亜脱臼を運動学的に考えてみよう！

第5章 肩手症候群を運動学で考える

- 肩手症候群とは
- 片麻痺患者の肩手症候群を運動学的に考えてみよう！

第6章 トレンデンブルグ現象を運動学で考える

- トレンデンブルグ現象とは
- 片麻痺患者のトレンデンブルグ現象を運動学的に考えてみよう！

第7章 ふん回し歩行を運動学で考える

- ふん回し歩行とは
- 片麻痺患者のふん回し歩行を運動学的に考えてみよう！

第8章 プッシュー現象を運動学で考える

- プッシュー現象とは
- プッシュー現象を運動学的に考えてみよう！

第II部 脳卒中運動学の臨床応用

第1章 脳卒中運動学を用いた評価・治療戦略

- 立位姿勢に対する評価・治療戦略
- 立ち上がり動作に対する評価・治療戦略

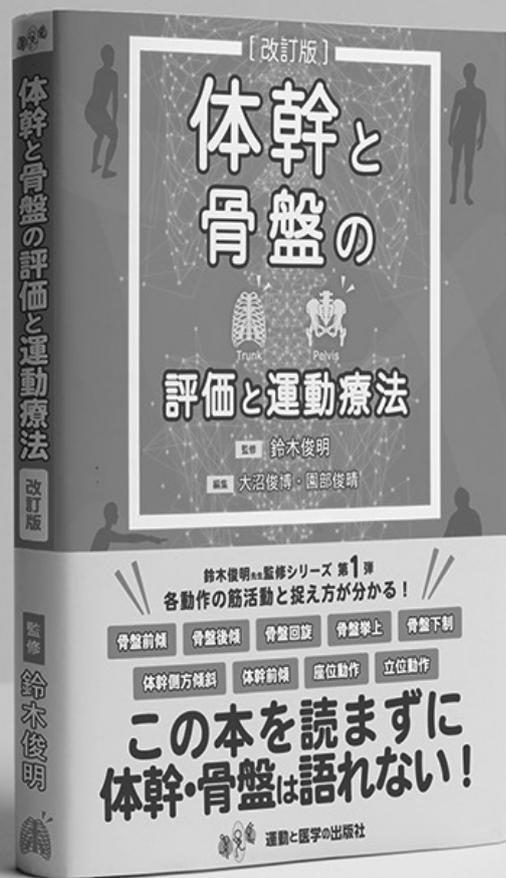
第2章 症例から学ぶ脳卒中運動学

- 座位姿勢保持に対する理学療法と自主トレーニング
- 立位保持に対する理学療法とトレーニング
- 歩行動作に対する理学療法と自主トレーニング
- 歩行時の下肢の振り出しに対する自主トレーニング
- 安定した姿勢を保持した洗頭動作に対する理学療法と自主トレーニング

10/4(月)発売！

脳卒中運動学

全国の書店＆ネットストアで発売！



鈴木俊明先生監修シリーズ 第1弾

この本を読まずに体幹・骨盤は語れない！

改訂版 体幹と骨盤の評価と運動療法

監修 鈴木俊明 編集 大沼俊博・園部俊晴

第1章 体幹の解剖運動学

第2章 体幹の構造と機能

第3章 運動と現象

第4章 座位における体幹・骨盤の機能と運動療法

第5章 立位における体幹・骨盤の機能と運動療法

10/4(月)改訂版発売！

体幹と骨盤の評価と運動療法 改訂版

全国の書店＆ネットストアで発売！



装具難民のミカタになるために、装具のミカタを身に付ける



脳卒中の装具のミカタ

Q&Aでひも解く57のダイジなコト

Web
動画付

編集 松田雅弘／遠藤正英

57のQ&Aを通して装具全般にわたりおさえておきたいポイントをわかりやすく提示。装具の調整法やトレーニング方法をはじめとしたweb動画付き。

●B5 2021年 頁296 定価：4,620円(本体4,200円+税) [ISBN978-4-260-04323-6]



なぜ、その検査を、評価を、治療/介入を選択したのか？ その根拠は？



理学療法ガイドライン 第2版

監修 公益社団法人 日本理学療法士協会

編集 一般社団法人 日本理学療法学会連合

理学療法標準化検討委員会ガイドライン部会

21領域、41疾患・外傷における195のCQが、理学療法の現在の立ち位置と進むべき方向を示す。

●B5 2021年 頁648 定価：6,050円(本体5,500円+税) [ISBN978-4-260-04697-8]



リハビリテーション医学・医療の核となる脳血管障害を理解するための学会監修テキスト



脳血管障害のリハビリテーション医学・医療テキスト

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／安保雅博

疫学・病態、診断・評価、治療の実際、社会支援に至るまで、脳血管障害のリハビリテーション医学・医療のすべてについて「活動を育む」観点から余すことなく収載。

●B5 2021年 頁440 定価：5,500円(本体5,000円+税) [ISBN978-4-260-04635-0]



保険収載から約10年。がんリハはここまで進化した！



がんのリハビリテーションマニュアル 第2版

周術期から緩和ケアまで

編著 辻 哲也

がんリハ第一人者らによる実践書、待望の改訂版。症例/ケース紹介、訓練・手技等がみですぐわかる「付録動画」を新たに33本収載し、さらに充実した内容に。

●B5 2021年 頁436 定価：5,500円(本体5,000円+税) [ISBN978-4-260-04643-5]



人間存在の原点にして運動制御理論の革新的存在「二関節筋」を洞察した著者渾身の作



二関節筋の協調制御理論

重力が育てた運動制御のメカニズム

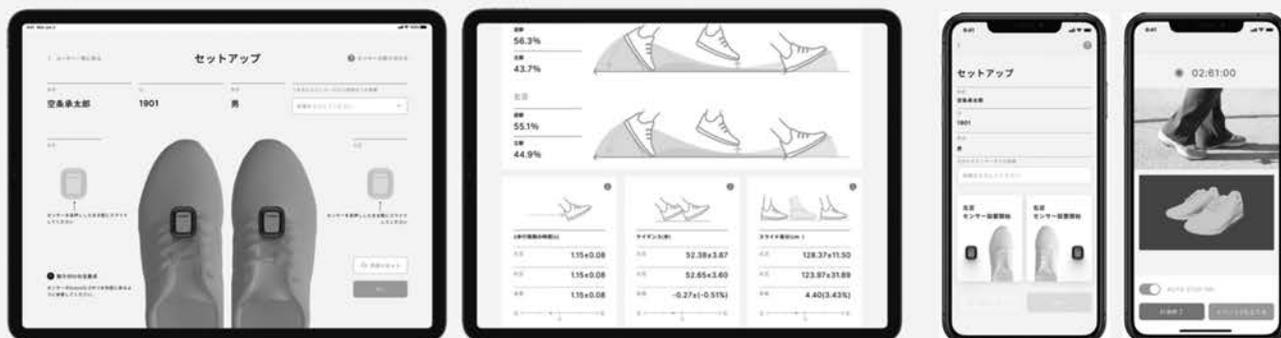
執筆 熊本水頼 執筆協力 石井慎一郎

進化史から紐解く二関節筋のルーツの話を端緒に、最新の知見や理論体系を紹介。

●B5 2021年 頁200 定価：7,480円(本体6,800円+税) [ISBN978-4-260-04327-4]



StepLab はとても簡便な歩行データの計測アプリです。わずか10gの小型IMUセンサーを足部に装着するだけで、どこでも自由な歩行計測が行えます。



ゼロシーセブン株式会社の開発したアルゴリズムにより、分析データはPDFレポートで取得でき、CSVデータとしても出力可能です。被験者/オペレータ双方に負担をかけず、病院内やケア施設など、自由な場所で、歩行因子の視覚化と数値化が可能になりました。

■取得可能な歩行因子

- 平均歩行速度
- 立脚・遊脚比
- ケイデンス
- 歩幅
- 踵接地角度
- ストライド長
- ステップタイム
- 歩行周期
- 離地角度
- イベント間隔

技適認証済



■特長

- 被験者DBを搭載(データ管理とレポートやCSVの外部共有を簡単に行えます)
- ビデオ収録対応(iPad/iPhoneのカメラで同期計測が可能です)
- 計測中は最大5個までのイベント入力が可能(TUGテストなどでも使えます)
- IMUセンサーは、小型・高精度なXsens DOTを採用(Bluetoothで通信)

■動作環境

- iOS 13以降、Bluetooth 4.2 または 5.0 搭載のiPad または iPhone、
- WiFi インターネット接続環境、DOT センサーx2個(FW ver.1.6.0以降)

■お問い合わせ：センシング・ソリューション事業部 info@0c7.co.jp



Zero Seven

ゼロシーセブン株式会社

本社：〒107-6012 東京都港区赤坂1-12-32 アーク森ビル12F TEL:03-4360-8261(代) FAX:03-4360-8262
西日本営業所：〒651-0095 兵庫県神戸市中央区旭通2-7-8 インテリアビル6F TEL:078-265-6880 FAX:078-265-6881

www.0c7.co.jp

ottobock.

コンピューター制御KAFO C-Brace[®]

下肢麻痺歩行の新たな可能性



リハの概要を動画でご覧いただけます。

C-Braceとは

- コンピューターを搭載した、歩行全周期をコントロールするKAFO膝継手
- 膝屈曲しながらの麻痺側荷重と振り出しを実現
- 代償動作が減り、歩行時のエネルギー効率増加
- リハビリとの相互作用により、対象者を最適なADLに導く



両下肢均等に荷重し座り込み



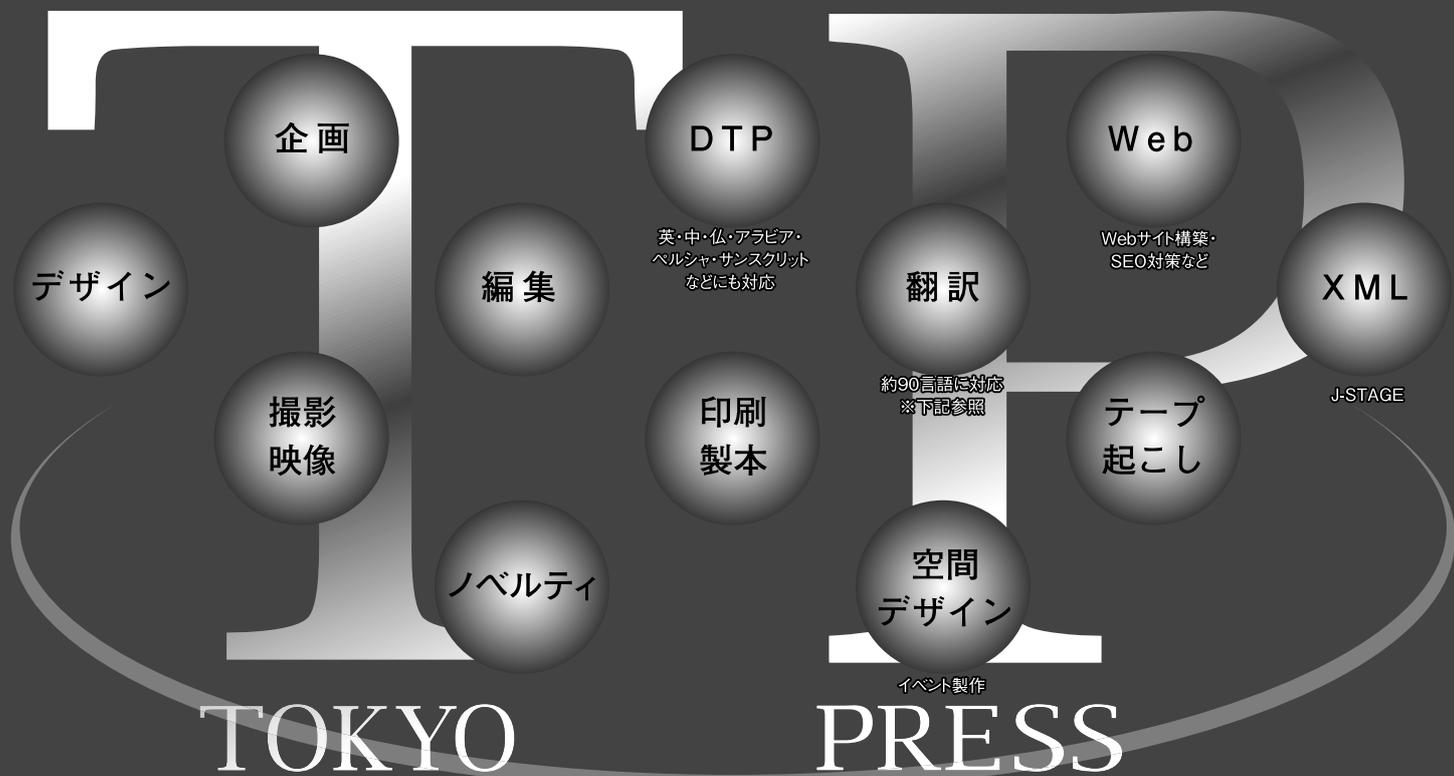
装具を信頼し膝を曲げた麻痺側荷重



代償動作を軽減した歩行荷重



全ての機能を使用し膝を曲げた下り



「文字 = 文化」をつくる

東京プレスは書籍の制作・印刷会社として1963年に創業しました。
半世紀を過ぎた今日でも変わらず
文字に関わる仕事に従事し続けています。

国際社会でますます必要とされる多言語の翻訳・DTP。
Webを通じて世界に論文を発信するためのXML (J-STAGE)。
文字をイメージで伝えるための企画・デザイン。
社会がどれだけ変遷しても
あらゆる文化を支えている原点は文字に他なりません。

これからも私たち東京プレスは「文字=文化」をつくり続けます。

東京プレスは世界約90の言語に対応するプロフェッショナルな翻訳サービスを提供します

- 西ヨーロッパ 英語 フランス語 ドイツ語 イタリア語 アイスランド語 カタロニア語 スウェーデン語 ノルウェー語 フィンランド語 デンマーク語 オランダ語 フラマン語 ギリシャ語 スペイン語 ポルトガル語
- 東ヨーロッパ ロシア語 ウクライナ語 チェコ語 スロバキア語 セルビア語 クロアチア語 スロベニア語 ボスニア語 ポーランド語 ハンガリー語 ブルガリア語 ルーマニア語 アルバニア語 エストニア語 ラトビア語 リトアニア語
- 中近東 アラビア語 ペルシャ語(イラン) ヘブライ語(イスラエル) トルコ語 クルド語 パシュトゥ語(アフガニスタン) ダリ語
- アフリカ アムハラ語(エチオピア) スワヒリ語(タンザニア他)
- 中央アジア モンゴル語 ウズベク語 ウイグル語
- 南アジア ヒンディ語(インド) ウルドゥ語(パキスタン) ベンガル語(バングラデシュ) タミル語(スリランカ) シンハラ語(スリランカ)
- 北東・東南アジア 北京語 韓国語 広東語 上海語 台湾語 チベット語 ネパール語 タイ語 インドネシア語 クメール語 タガログ語 ベトナム語 マレー語 ミャンマー語 ラオス語
- その他の言語 アイマラ(ボリビア、ペルー) アゼルバイジャン アチェ(インドネシア) オリヤ(オリッサ州、インド) ガンダ(ウガンダ) クマ(ナイジェリア) コサ(南ア) サーミ(北欧) スンダ(ジャワ語) ソマリ(ソマリア) ソンガ(ブータン) ティベチ(モルディブ) テトウン(東ティモール、インドネシア) バリ(インドネシア) バリ(スーダン、ウガンダ) ビサヤ(フィリピン) マダガスカル マラティ(インド) レンバダ(インドネシア) キリバス キルギス ゲールトルクメン パラオ ハワイ パンジャビ ラテン ほか



株式会社 東京プレス

〒161-0033 東京都新宿区下落合3-12-18 桔梗屋ビル3F
Tel. 03-5982-9291 Fax. 03-5982-9295 <http://www.t-press.net>

臨床でセラピストが遭遇する
「こんな時どうすれば…？」
の解決のヒントがここに！

96ケースの
アプローチ手法
を紹介！

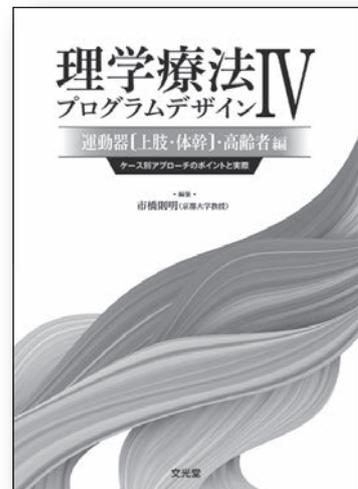
理学療法Ⅳ プログラムデザインⅣ

運動器〔上肢・体幹〕・高齢者編

ケース別アプローチのポイントと実際

編集
市橋則明 京都大学教授

B5判・416頁・2色刷
定価 **8,470円**
(本体 7,700円+税 10%)
ISBN 978-4-8306-4595-2



- ▶上肢・体幹（肩関節、肘関節、脊髄損傷、脊椎、体幹）の症候・障害に対する理学療法、および高齢者の転倒リスクや筋力の改善に向けた理学療法を中心とした選りすぐりの全96ケースを紹介。
- ▶「解説」「理学療法のポイント」「理学療法の実際」の順に、難渋症例に対する理学療法の要点と具体的なアプローチ手法を豊富なイラストとともに解説。

シリーズ既刊

理学療法プログラムデザインⅢ 運動器（下肢）編

編集 市橋則明

B5判・340頁・2色刷
定価 **7,700円** (本体 7,000円+税 10%)
ISBN 978-4-8306-4586-0

30もの
「足の豆知識」
を掲載！

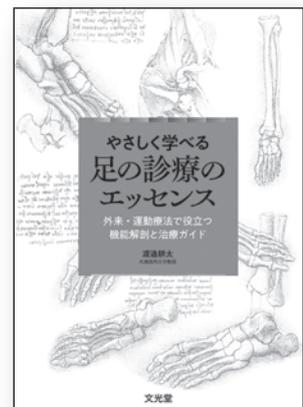
基礎医学から疾患別の
治療ガイドまで、足について
語り尽くされた著者渾身の一冊！

やさしく学べる 足の診療のエッセンス

外来・運動療法で役立つ機能解剖と治療ガイド

著
渡邊耕太 札幌医科大学教授

B5判・140頁・4色刷
定価 **4,180円**
(本体 3,800円+税 10%)
ISBN 978-4-8306-2770-5



- ▶足の運動学・機能解剖とバイオメカニクス・運動療法・外傷による疾患・慢性疾患・スポーツに伴う疾患・見逃しやすい病態を解説。
- ▶重要な点は“ポイント”や“注意！”をつけて目立つようにしながら、基本的な知識を「Basic」、より詳しい知識を「Advanced」として記述し、さらに深く知りたい人へ向けて「Maniac」を設けた。

やさしさを、医療を科学する・・・

MINATO



対面治療時の操作性を
提案する4チャンネルモデル

治療効率を発揮する
8チャンネルモデル

低周波治療器・干渉電流型低周波治療器組合せ理学療法機器

KINETIZER

KT-104H・KT-108H



低周波治療

干渉低周波治療

微弱電流治療

高電圧治療*

バースト (NMES)

*高電圧を搭載しないモデルもご用意しております

管理医療機器 特定保守管理医療機器
低周波治療器・干渉電流型低周波治療器組合せ理学療法機器
カインタイザー KT-104
認証番号: 231AABZX00012000

管理医療機器 特定保守管理医療機器
低周波治療器・干渉電流型低周波治療器組合せ理学療法機器
カインタイザー KT-108
認証番号: 231AABZX00011000

SuperTrac ST-3CL

「サイクル牽引」 による治療モードを搭載

1Unit 2Wayの牽引装置

管理医療機器 特定保守管理医療機器
駆動型自動牽引装置 スーパートラック ST-3
認証番号: 229AABZX00066000

頸椎牽引

頸椎の牽引治療では、牽引角度によって牽引力が作用する部位が変わります。スーパートラック ST-3CLは、ラウンドチルト方式でシートの傾きをコントロールし、治療部位に適した角度で牽引します。

腰椎牽引

ラウンドチルト方式の円を描くようなやさしいチルトリングで、シートに座ったままで理想的なポジションへと稼動します。「サイクル牽引」で快適治療を実現します。



AQUATIZER

WATER MASSAGE BED QZ-260

「気持ちいい」のその先へ

筋肉の柔軟性を向上させる

メディカルモード

きめ細かなマッサージを実現する

リラクスマード

バリエーションを拡大する

6ノズルワイド噴流

さまざまな好みにこたえる多彩な

マッサージパターン

さらに 進化

管理医療機器 特定保守管理医療機器
ベッド型マッサージ器
アクアタイザー QZ-260
認証番号: 229AABZX00048000



肺運動負荷モニタリングシステム(呼吸代謝測定システム)

AE-310S

エアロモニタ AEROMONITOR

呼吸代謝諸量の正確なデータを提供します

心臓リハビリテーション
呼吸リハビリテーション

運動負荷量の決定のために

栄養管理

投与エネルギーの
決定のために

スポーツ領域

最大酸素摂取量の
計測のために



肺運動負荷モニタリングシステム
エアロモニタ AE-310S
管理医療機器 特定保守管理医療機器
認証番号: 219AGBZX00095000

*写真は【AE-310SRDB】AE-310Sシステムとエルゴメータと運動負荷用自動血圧計とのオンラインシステム例

ミナト医科学株式会社
URL <https://www.minato-med.co.jp/>

本社 / 〒532-0025 大阪府大阪市淀川区新北野3丁目13番11号 TEL 06(6303)7161 FAX 06(6303)9765
営業所 / 札幌・仙台・埼玉・千葉・東京・多摩・横浜・新潟・金沢・静岡・名古屋・京都・南大阪・大阪・神戸・高松・広島・北九州・福岡・鹿児島

1つの機器で

超音波
治療器

超音波
骨折
治療器

ULTRASON RE-3000

ウルトラソン RE-3000

2つの機能

- 骨折治療用固定アプリケータ標準装備
- より深部への照射を可能にした750kHzアプリケータ
- 2ch同時に照射を可能にしたDualモード搭載
- 1つのアプリケータから1MHzと3MHzが交互照射されるSwitchモード搭載

ハンディ + 固定タイプアプリケータで治療が可能



肩関節



下腿/アキレス腱



認証番号:301AIBZX000020000
 一般的名称:超音波治療器(JMDNコード:11248000)
 超音波骨折治療器(JMDNコード:18154000)
 分類:管理医療機器 特定保守管理医療機器



シンプルなのに高機能!

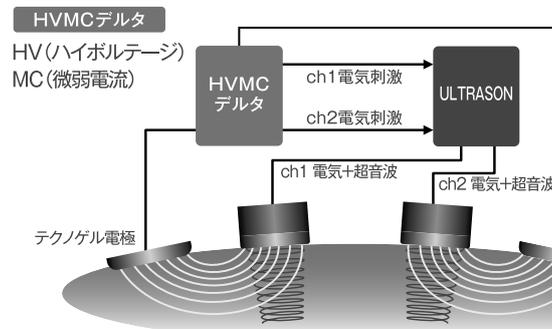
HVMC DELTA HVMC デルタ

HVMCデルタは名前の通りHV(ハイボルテージ:高電圧電気刺激)治療モードと、MC(マイクロカレント:微弱電流)治療モードを有した電気刺激治療器です。2つの治療モードは痛みの治療に限らず、創傷治癒、機能回復、日常生活への早期復帰まで電気刺激治療器に求められる様々な役割にお応えします。

認証番号:230AIBZX000050000
 一般的名称:低周波治療器(JMDNコード:35372000)
 分類:管理医療機器 特定保守管理医療機器

より効率的に治療をする

ULTRASONとHVMCデルタを接続するだけで、1つのアプリケータから超音波と電気刺激を照射・刺激することができます。さらに、このコンビネーション治療は2ch同時に行うことができます。



※カートは別売りです

株式会社日本メディックス www.nihonmedix.co.jp

【本社 販売促進部】〒277-0922 千葉県柏市大島田2丁目5番地1 ☎04-7193-2237

札幌営業所 埼玉支店 東京支店 横浜支店 金沢出張所 京部分室 岡山出張所 高松営業所 沖縄営業所
 仙台支店 千葉支店 名古屋支店 大阪支店 神戸営業所 広島営業所 九州支店 鹿児島営業所



理学療法士の資格を活かしてスポーツの現場で働きたい方へ

アスレティックトレーナー

2年間、土日の学びでAT資格 を取得!スポーツ現場で働く!



AT取得後、 夢だったJリーグトレーナーへ! 選手のコンディショニングから 競技復帰までをサポート

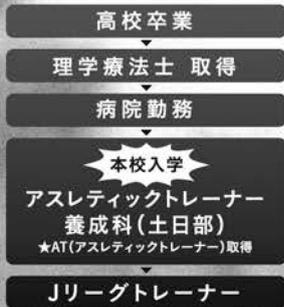


Jリーグ
レノファ山口FC 所属
フィジオセラピスト

平本宏樹さん 26歳
アスレティックトレーナー養成科土日部 2019年3月卒
新潟・開志学園高等学校出身

- 保有資格
- ・日本スポーツ協会公認アスレティックトレーナー
- ・理学療法士

Jリーグトレーナーになるまで



学べるのは 東京スポーツ・レクリエーション専門学校
アスレティックトレーナー養成科(土日部)

1 圧倒的な
資格合格実績!

TSR独自の試験対策により
アスレティックトレーナー資格合格者数は
16年連続全国NO.1!

※TSR単独AT資格合格者数365名
※滋慶学園グループ校累計750名

2 授業は土日のみ!
働きながら学べる!

土日だけの集中授業なので、
平日は現在の仕事を続けながら
学ぶことができます。

3 充実の学費サポート

医療系資格所有者の方は
授業料5万円免除!

学費分割納入も可能!
様々な学費サポートプランを用意しています。



スマホやPCから気軽に参加しよう!!

オンライン個別相談会

毎日開催 10:00~12:00/13:00~15:00
[30分/回]

詳しくは
HPへ▶



お友達登録者限定
LINEで
進学情報GET!!

学校法人 滋慶学園 東京都認可の専修学校
TSR 東京スポーツ・レクリエーション専門学校

〒134-0088
東京都江戸川区西葛西7-13-12

✉ info@tsr.ac.jp 0120-61-9090

受付時間9:00~17:00

HP



各種SNSで情報発信中!



信頼のブランド 中村ブレイスが提案する

新感覚のオリジナル義肢装具

調整が容易なジュエット型体幹装具

商標登録 No.4994723

ジュエットプレイバック 691N

- 軽合金支柱と背当てのシンプルデザイン。
- 軽量
- 高さとの調整が可能です。

適応 下位胸椎、腰椎圧迫骨折 など

※カラー色：ベージュ・シルバーグレー



通気性保護帽

トップヘッド 911N

- 通気性に優れ蒸れにくい。
- 豊富なカラーバリエーション（全16色）。
- 洗濯機で丸洗いでき、常に清潔に保てます。

適応 平衡機能障害、脳性麻痺 など



1981年、世界で初の開発・販売！
シリコーンゴム製インソール

ラテラルウェッジ (外側くさび)

301N 4mm 302N 7mm 303N 10mm ※全てフットホルダー付

適応 変形性膝関節症(内側型)、内側半月板損傷、内反膝(O脚) など

◀ その他 補高、アーチサポート、ミディアルウェッジ
などもご用意しております。 ▶

シリコーンゴム製の手背屈装具

意匠登録 No.1565794

カックアップシリコーン 530N

- 手掌部に邪魔がなく、把持しやすい構造です。

適応 橈骨神経麻痺による下垂手 など

ご用命は貴病院に出入りの義肢装具製作所様へ、資料のご請求は当社までお願い致します。

義肢・装具・医療用具

世界遺産 石見銀山

中村ブレイス株式会社

ISO9001(品質)・ISO14001(環境) 認証取得

本社 / 〒694-0305 島根県大田市大森町ハ132

☎(0854)89-0231(代) FAX(0854)89-0018

東京事務所 / 〒158-0097 東京都世田谷区用賀4-10-3

世田谷ビジネススクエアヒルズⅡ 2F-25号

☎(03)3709-9361 FAX(03)3709-9362

インターネットホームページ

<http://www.nakamura-brace.co.jp>

E-mail アドレス

nakamura@nakamura-brace.co.jp

1ヶ月見放題プラン

通常料金 3,080円が初回限定で…

お申込は
こちら▼

980円(税込)



リハノメとは

「リハノメ」はPT・OT・STのための、
どこでも学べるオンラインセミナーサービスです。
臨床に悩むPT・OT・STのために、各分野の専門家が臨床経験や
研究成果に基づいた知識・技術をお届けいたします。



理学療法士 /
国際医療福祉大学大学院
医療福祉学研究所 福祉支援工学分野 教授

石井 慎一郎 先生

豪華 講師陣が ご登壇

各分野で活躍されている
講師陣が続々とご登壇！



理学療法士 / さとう整形外科

赤羽根 良和 先生

法人様向けプランも ご用意しております

Zoomでのご相談など随時受付中です。
お気軽にお問い合わせください。

法人プランは、「法人管理機能」が備わっており、
職員の視聴状況を正確に管理することができます。

法人管理
機能



どの職員が



どの動画を



何分視聴したか

資料請求
受付中

リハノメ HP から
お気軽にご請求
いただけます

各種SNSも更新中！ぜひチェックしてください！



ID:@gene_llc



ID:@gene_llc



ID:@gene.seminar



リハノメチャンネル

リハビリテーションを
『かたち』にする会社

gene

▼お問い合わせはこちらまでお願いいたします▼

✉ seminar@gene-llc.jp

Tel.052-325-6611

リハノメ 検索

