

ISSN 2186-0742
JPTF

JAPANESE JOURNAL OF
**PHYSICAL
THERAPY
FUNDAMENTALS**

日本基礎理学療法学雑誌

Volume 15 No 1 May 2011

第1回日本基礎理学療法学会学術集会
抄録集

日本基礎理学療法学会
Japanese Association of Physical Therapy Fundamentals
<http://square.umin.ac.jp/mbpt/>

機械刺激による筋萎縮軽減の分子メカニズムから考える

縣 信秀

浜松大学 保健医療学部 理学療法学科

はじめに

一般に、筋は運動すると太くなり、身体不活動状態になると細くなる。筋が発揮できる張力は、筋に含まれる筋線維の横断面積の総和に比例すると言われている。つまり、筋が太くなれば筋力は増強され、細くなれば筋力は低下すると言える。また、筋線維の太さは、アクチンやミオシンなどの筋線維を構成するタンパク質の合成と分解のバランスによって決まり、この合成や分解は細胞内情報伝達系により制御されている。運動による筋萎縮軽減は、運動時に骨格筋に加わる様々な刺激（機械刺激、ホルモン、成長因子、熱、pH など）に対する細胞内情報伝達分子の応答を介して、タンパク質合成の亢進もしくは分解の抑制によって生じている。そこで今回は、これらの刺激の中で機械刺激に着目し、その筋萎縮軽減効果と分子メカニズムについて報告し、筋力低下に対する治療法について考える。

機械刺激による筋萎縮軽減効果と分子メカニズム

筋に持続的な機械刺激を加えた時の筋萎縮軽減の効果を調べた報告は多いが、運動時のように骨格筋に繰り返して加わる機械刺激による効果の報告は少ない。そこで我々は、坐骨神経を切除したラットのヒラメ筋に、運動時に繰り返して加わる機械刺激を模した間欠的な伸張刺激を加え、筋萎縮軽減の効果を調べた。間欠的な伸張刺激は、徒手によるラット足関節の底背屈運動によって行った。その結果、1日1回15分間の間欠的な伸張刺激は、除神経による筋萎縮を軽減させることがわかった 1)。次に、機械刺激による筋萎縮軽減にどのような分子メカニズムが関わっ

ているのかを調べた。筋のタンパク質合成に重要な細胞内情報伝達系の一つに、Akt/mTOR/p70S6K or 4EBP-1 経路がある 2)。我々は機械刺激による筋萎縮軽減に、この経路が関与していると考えて、検証を行った。その結果、間欠的な伸張刺激によって筋線維内の Akt, p70S6K, 4EBP-1 のリン酸化が一過性に亢進することがわかった。さらに mTOR の阻害剤である rapamycin を投与すると、間欠的な伸張刺激による筋萎縮軽減効果がみられなくなった。これらのことから、Akt/mTOR/p70S6K or 4EBP-1 経路が機械刺激による筋萎縮軽減に関与していることがわかった 1)。以上のことより、運動時に繰り返して加わる機械刺激による筋萎縮軽減効果とそのメカニズムの一端が明らかになった。

筋萎縮軽減に効果的な機械刺激は？

我々は、筋への刺激量や刺激時間などを一定に制御できる小動物用足関節運動装置を用いて、筋萎縮軽減に効果的な刺激時間、頻度、刺激方法を調べ、どのような機械刺激が筋萎縮軽減に効果的かどうかを組織レベルと分子レベルとから検証した。

まず、刺激時間や頻度と筋萎縮軽減効果の関係を調べた。坐骨神経を切除したラットのヒラメ筋に、「1日1回15分間」、「1日1回30分間」、「1日に15分間を6時間の間隔を置いて2回」の3種類の方法で間欠的な伸張刺激を加えた。間欠的な伸張刺激は、小動物用足関節運動装置を用いて、ラットの足関節に加わるトルクが常に $8 \text{ mN} \cdot \text{m}$ となるように制御しながら伸張位を5秒間保持し、その後底屈し $0 \text{ mN} \cdot \text{m}$ となる肢位で5秒間保持し、これを繰り返して行った。その結果、

1 日 1 回 30 分間の伸張刺激を行っても、1 日 1 回 15 分間の伸張刺激による筋萎縮軽減効果と違いがなかった。ところが、15 分間の伸張刺激を 1 日 2 回行ったものの効果は、1 日 1 回 15 分間行ったものの 2 倍となった。さらに、この時の Akt のリン酸化を調べたところ、刺激時間が 15 分間から 30 分間と長くなっても、Akt のリン酸化が亢進している時間に変化はなかった。ところが、1 日 2 回伸張刺激を行ったときの 2 回目の刺激後にも Akt リン酸化は亢進していた。以上のことから、この情報伝達分子の変化が、前述した伸張刺激の時間と頻度の違いによる筋萎縮軽減効果の違いに反映されたと考える。

次に、萎縮筋に対する機械刺激の周波数と筋萎縮軽減効果の関係を明らかにする為、加える刺激量（トルク×時間）を統一したうえで周波数の異なる伸張刺激を加えた。その結果、周波数の低い伸張刺激で認められなかった筋萎縮軽減効果が、伸張位で 5 秒間保持する伸張刺激に周波数を上げると認められた。しかし、それより周波数の高い 1 秒間保持する伸張刺激では効果が減少した。すなわち、加える伸張刺激の周波数によって筋萎縮軽減効果が異なることが判明した。また、これらの効果の違いにも、Akt の活性の関与が示唆される結果をえた。

分子生物学的側面からみた筋力低下に対する治療法の提案

以上のように、機械刺激の刺激時間や頻度、刺激方法の違いにより、その効果が異なることが明らかになるとともに、その裏付けが分子レベルで明らかになった。よって、筋力低下に対する治療方法を考えるうえでも、このような刺激条件の違いによる効果の違いを視野にいれて行うと良いと考える。一般的に、分子の活性の検証は、現象のメカニズムを明らかにするために用いられる。しかし、この分子の活性を理学療法の効果の検証に用いることにより、効果の有無を明確化できると考える。

参考文献

- 1) Agata N, Sasai N, Inoue-Miyazu M, Kawakami K, Hayakawa K, Kobayashi K, Sokabe M: Repetitive Stretch Suppresses Denervation-induced Atrophy of Soleus Muscle in Rats. *Muscle and Nerve*. 39(4): 456-462, 2009.
- 2) Rommel C, Bodine SC, Clarke BA, Rossman R, Nunez L, Stitt TN, Yancopoulos GD, Glass DJ: Mediation of IGF-1-induced skeletal muscle myotube hypertrophy by PI(3)K/Akt/mTOR and PI(3)K/Akt/GSK3 pathways. *Nat Cell Biol*. 3(11):1009-13, 2001.

関節リウマチにおける筋力低下のメカニズムとその対策

山田 崇史¹⁾

札幌医科大学 保健医療学部 理学療法学科

筋量の減少と筋弱化

関節リウマチでは、関節の変形や疼痛とともに著しい筋力の低下が認められる。Helliwell & Jackson (Ann Rheum Dis, 53: 726-8, 1994) は、関節リウマチ患者における握力および前腕の筋横断面積を健常者と比較したところ、筋横断面積の減少とともに、単位断面積当たりの張力（固有張力）が顕著に低下することを明らかにした。つまり、当該疾患では、筋の量的な減少だけでなく、筋の質的な低下により筋力低下が生じることが示唆される。この報告を支持するように、我々は、関節リウマチの実験動物モデルとして広く用いられている Collagen-Induced Arthritis (CIA) マウスから採取したヒラメ筋において、筋重量の減少とともに、固有張力の著しい低下（-35%, 100 Hz）を観察している (Yamada et al., Arthritis Rheum, 60: 3280-3289, 2009)。このような固有張力の低下は、国際的には Muscle weakness（筋弱化）と称され、量的な減少を指す Muscle wasting とは区別して用いられる。

筋弱化のメカニズム

では、筋弱化はどのようなメカニズムで生じているのだろうか。細胞膜で発生した活動電位は、横行小管を経て筋小胞体からの Ca²⁺放出を引き起こす。これにより細胞内 Ca²⁺濃度（[Ca²⁺]_i）は 10-100 倍程度上昇するため、Ca²⁺がトロポニンへ結合する。これが引き金となりトロポミオシンの構造変化が生じ、アクチンとミオシンによるクロスブリッジサイクルが作動する。興奮収縮連関と呼ばれるこれら一連の過程において、筋弱化の原因は、①筋小胞体からの Ca²⁺

放出能力の低下、②筋原線維の Ca²⁺感受性の低下、③クロスブリッジの張力産生能力の低下の大きく 3 つに分けられる。これらを区別するために、我々は Ca²⁺蛍光指示薬を用い単一筋線維における強縮時の [Ca²⁺]_i を測定した。その結果、CIA 群では、100-120 Hz の刺激頻度領域において、強縮時 [Ca²⁺]_i が対照群に比べ高値を示した。また、最大張力の 50% を引き起こすために必要な [Ca²⁺]_i の値には変化が認められなかった。これらの知見は、CIA 群のヒラメ筋では、筋小胞体の Ca²⁺放出機能および筋原線維の Ca²⁺感受性は低下しないことを示しており、クロスブリッジにおける張力産生能力の低下が筋弱化の原因であることが示唆される。

ミオシンの選択的な減少

老化 (D'Antona et al., J Physiol, 552: 499-511, 2003) や種々の疾患 (van Hees et al., Am J Physiol, 294: L1260-8, 2008; Yamada et al., J Appl Physiol, 100: 1520-1526, 2006) では、固有張力の低下がミオシンの選択的な減少を伴うことが報告されている。そこで我々は、関節リウマチにおいても、収縮タンパク質の減少がクロスブリッジ機能の低下に関与するかどうかを検討した。CIA 群では、アクチンの発現量に変化は認められなかったが、ミオシンの発現量が 7% 程度低下することが明らかとなった。したがって、関節リウマチに伴う筋力低下にミオシンの減少が関与することが示唆された。しかしながら、固有張力の低下率は、ミオシンの減少率を大きく上回ることから、ミオシンの減少以外にも筋

弱化を誘引する要因があると考えられる。

活性酸素種によるタンパク酸化

近年、炎症性疾患では、活性酸素種 (reactive oxygen species ; ROS) の生成量が増加すること、また、ROS により筋タンパク質が酸化的修飾を受けると、タンパク質の発現量には影響せずとも機能低下が誘引されることが示されている (Supinski & Callahan, *J Appl Physiol*, 102: 2056-63, 2007). そこで我々は、まず、ROS 代謝において重要な役割を果たす一酸化窒素合成酵素 (NOS) およびスーパーオキシドディスムターゼ (SOD) の発現量を調査した。CIA 群では、対照群に比べ、神経型 NOS の増加および SOD2 の減少が認められた。筋線維では、収縮活動に伴いミトコンドリアやキサンチンオキシダーゼ、NADPH オキシダーゼを通じ、スーパーオキシドが生成される。スーパーオキシドが一酸化窒素 (NO) と反応すると、毒性の強いパーオキシナイトライドが発生する。この反応速度は、スーパーオキシドが SOD2 により代謝される速度よりも約 3 倍速いことが示されている。これらの知見から、NO の合成量が増加し、さらに SOD2 によるスーパーオキシドの代謝量が低下した CIA 群では、パーオキシナイトライドが過剰に生成される可能性が高いと考えられる。そこで我々は、パーオキシナイトライドによるタンパク酸化の有無を検討したところ、CIA 群では、筋原線維タンパク質における 3-ニトロチロシン、マロンジアルデヒド、カルボニル基、S-ニトロソチオールが増加することが明らかとなった。なかでも、タンパク質の遊離チオール基における翻訳後修飾の一種である S-ニトロソチオールが、ミオシンおよびトロポニン I において増加することが示された。これらのタンパク質において遊離チオール基が修飾を受けると、ミオシン ATPase の活性化が抑制され、クロスブリッジ機能の低下が招来されることが報告されている (Horwitz et al., *J Biol Chem*, 254: 350-5,

1979; Nogueira et al., *Biochem J*, 424: 221-31, 2009). したがって、関節リウマチでは、パーオキシナイトライドによる筋原線維タンパク質の翻訳後修飾が、筋弱化の要因の一つであることが示唆される。

炎症性サイトカインが骨格筋に及ぼす影響

関節リウマチなどの炎症性疾患では、筋量の低下に起因する体重の著しい減少が認められる。カヘキシーと呼ばれるこの変化において、炎症性サイトカインが重要な役割を果たすことが示されている (Acharyya et al., *Clin Cancer Res*, 13: 1356-61, 2007). 炎症性サイトカインである TNF- α 、IL-1、IL-6、IFN は、NF- κ B の活性化を介し、ユビキチンプロテアソーム系を賦活化させる。これにより、筋タンパクの中でも特にミオシンの分解が促進することが示されている。したがって、CIA 群で認められたミオシンの減少の少なくとも一部は、炎症性サイトカイン-ユビキチンプロテアソーム系の作用によるものと推察される。一方、筋線維において炎症性サイトカインを過剰に発現させると、ROS の生成量が増大し、さらに、筋収縮機能が低下することが示されている (Li et al, *Circulation*, 102, 1690-6, 2000). これらの知見は、炎症性サイトカインを上流因子とするシグナル伝達系が、関節リウマチにおける筋量の低下および筋弱化を招き、筋機能を低下させることを示唆している。

運動の抗炎症作用

筋力トレーニングにより、関節リウマチ患者の骨格筋機能が改善するとともに、全身性の炎症反応が抑制され、疾病活性指数が低下することが報告されている (Lundberg & Nader, *Nat Clin Pract Rheumatol*, 4: 597-604, 2008). これは、関節リウマチに対する積極的な運動療法の介入を支持するものである。興味深いことに、近年、運動が炎症性サイトカインの量を低下させること (Olson et al., *Int J*

Obes, 31: 996-1003, 2007; Dekker et al., Metabolism, 56: 332-8, 2007), また, 骨格筋の抗酸化能力を向上させること (Reid et al., Crit Care Med, 37: S378-83, 2009) が報告されており, これらが運動効果の分子機構に関与する可能性が示唆されている. 将来, そのメカニズムがさらに明らかにされることにより, 炎症性疾患に対する効果的な運動処方を実施する上での医学的基盤が構築されるとともに, 物理療法, 薬物療法および栄養療法の併用を視野に入れた新たなリハビリテーション医療技術の開発が期待される.

身体不活動による運動機能低下は運動せずに予防できるか？

金子文成

札幌医科大学 保健医療学部 理学療法学科

はじめに

身体不活動（以下、不活動）とは、関節固定、過度の安静やベッドレストなどによって身体運動が制限された状態をいう。この状態が続くことで、身体のあるゆる場所にさまざまな機能的変化が表れる。その一つに筋力低下がある。筋力低下の原因は、大きく分けて末梢における筋腱複合体での機能低下と、それを制御する器官（以下、神経系）における機能低下とに分けることができる。我々は、この神経系機能と身体不活動との関わりについて、どのような機能低下が生じるのかという現象をとらえる側面、そして神経系への介入が身体不活動による機能低下を防ぐことができるかどうかという治療的側面との両面から研究を継続してきた。今回は、身体不活動によって生じる神経系の機能低下に的を絞って、不活動による機能変化を解説した上で、その治療的介入に関する研究を紹介する。

不活動による神経系機能の変化

不活動後の神経系機能における変化は早急に生じる。大脳皮質一次運動野において錐体路細胞の前シナプスを刺激するとされる経頭蓋磁気刺激 (TMS) による研究では、不活動開始から 6 時間後に安静時の運動誘発電位 (MEP) が低下することが報告された (岡田ら, 臨床神経生理学, 2004)。我々の研究では、一週間後には、皮質脊髄路の興奮性が増大した (金子ら, 臨床神経生理学, 2004)。この時、筋断面積には変化がなくても最大筋力が 20%程度低下し、かつ低出力レベルでの筋出力調節機能が低下していた。末梢神経電気刺激による単収縮は正常に近い状態を維持しているため、筋力発揮のためのポテンシャルはある程度保たれている状態であったものと推察される。さらに我々は、平均 6 週を経過した整形外科

手術後の症例群についても、単収縮筋力は維持されているものの最大筋力が低下していることを示した (Kaneko F, et al, Clin Neurophysiol, 2003)。そして、正常であれば MEP に促通性効果が現れるはずの随意筋出力の運動イメージ想起をさせても、その促通効果は明らかに低下していた。このことから、随意筋出力するための脳内活動に関わる神経回路網に関連して、何らかの機能低下があるものと推察された。関節固定を 6 ヶ月行われた症例について、一次運動野での機能的支配領域の変化を検索した研究では、固定された関節の運動に関わる筋の支配領域が狭小化すること、そして機能的支配領域と関節固定期間との間で中等度の相関がみられたことが示された (Liepart J, et al, Clin Neurophysiol, 1995)。これらの報告から、神経系機能の変化が不活動開始から間もなく始まり、生理学的指標で検出される結果が時間経過と共に変化しながら進行することがわかる。運動パフォーマンスと神経系機能変化との因果関係は不明ではあるものの、これらの知見を理学療法に生かす観点から、神経系機能に対する治療的介入はどの程度効果があるかという興味が出てくる。

筋力強化運動ではない介入が不活動に伴う神経系機能変化に及ぼす影響

我々は、一週間の関節固定最中に、最大筋力の平均で 20%という低出力レベルで等尺性筋力を±10%の範囲でさまざまに調節するという軌跡追従課題を行なわせた。その結果、練習した筋出力の調節機能のみならず、最大筋力は低下しなかった。このことは、非常に低出力レベルの練習であっても不活動による筋出力機能低下の予防に効果的であることを示唆している (木塚ら, 生体生理工学シンポジウム論文集, 2003)。また、神経系機能の変化は固定後に短時間

で生じることから、12時間の関節固定モデルによる実験を行なった。この実験では、関節固定を施した被験者のパフォーマンス変化を指標として、視覚刺激による自己運動錯覚誘起の介入効果を検討した(稲田ら、未発表)。その結果、関節固定をただけの固定群では最大筋力が有意に低下し、一定の筋出力レベルを保つ筋出力調節機能も低下した。それに対して、運動錯覚を行った群(錯覚群)では、最大筋力は低下しなかった。視覚刺激による自己運動錯覚では未だ明らかではないが、筋紡錘入力による自己運動錯覚では、自己運動錯覚中には頭頂葉-運動前野回路網、帯状回運動野、一次運動野など、感覚の統合と運動の出力に関わる脳内神経回路網の活動が報告されている。

そのような脳活動を誘起した結果として、不活動による機能的変化に対してポジティブな効果をもたらした可能性があると考えられている。

おわりに

現象として、固定後短期間の中に生じる神経系機能の変化すると並列に表出する筋出力機能の低下に対して、例え運動出力を伴わない介入であっても、ある程度の効果があることを示唆する結果が得られた。このことは、理学療法における治療的介入に新たな可能性があることを示しており、このような実験的検証に基づいた固定後早期からの段階的介入方法を体系化する必要があるものと考えられる。

骨格筋における糖尿病性微小血管障害に対する低強度運動の効果

藤野英己¹⁾
藤田直人¹⁾

村上慎一郎²⁾
永友文子⁵⁾

近藤浩代³⁾
武田 功⁴⁾

森藤 武¹⁾
石原昭彦⁵⁾

- 1) 神戸大学大学院保健学研究科 リハビリテーション科学領域 運動機能障害学分野
- 2) 姫路獨協大学医療保健学部理学療法学科
- 3) 名古屋女子大学食物栄養学科
- 4) 宝塚医療大学保健医療学部
- 5) 京都大学大学院人間・環境学研究科

【はじめに】東アジア人は特有の遺伝子変異が報告されており、非肥満性の体型であっても、II型糖尿病を発症するのが特徴である。また、運動に対するレスポンスも肥満型II型糖尿病とは異なることが考えられる。一方、糖尿病による合併症は大血管障害、微小血管障害に起因する。そこで、本研究では非肥満性のII型糖尿病における骨格筋の微小血管障害に対する低強度運動の効果について、非肥満性II型糖尿病モデルラットを使用して検証を行った。

【方法】本研究では、非肥満型の自然発症II型糖尿病モデルラット（GKラット、6週齢）及びWistarラット（Con、6週齢）を用い、日本生理学会「生理学領域における動物実験に関する基本指針」を遵守し、所属機関の動物実験委員会の承認を得て実施した。GKラットは非運動群（GK）、運動群（GK+Ex）の二群に区分し、GK+Exは、トレッドミルで低強度運動（10 m/min, 60min）を週6回、3週間継続して行った。低強度運動が有酸素運動であることを確認するために運動直後に採血し、血中乳酸濃度（ $\sim 2\text{mmol/l}$ ）の確認をした。3週間の実験期間終了後にペントバルビタール（50mg/kg, i.p.）麻酔下で採血し、ヒラメ筋を摘出した。血液からグリコヘモグロビン（HbA1c, %）、血糖濃度（mg/dl）を測定した。ヒラメ筋内の毛細血管は、共焦点レーザー顕微鏡（SP5, Leica）により可視化し、毛細血管体積を算出した。また、ヒラメ筋より総RNAを抽出し、血管新生因子に関与する因子をTaqmanプローブでリアルタイムPCRを用いてmRNAの解析を行った。得られた結果は一元配置分散分析を行い、post-hocテストはTukeyを用いた（ $p < 0.05$ ）。

【結果】血糖はGK、GK+Ex共にConに比較して有意に高値を示した。また、HbA1cも同様にGK及びGK+ExでConより高値を示し、両者の間に差は認められなかった。共焦点レーザー法で可視化した毛細血管体積は、GKで約半量に減少したが、低強度運動を行ったGK+ExではConより増加を示した。さらに血管新生因子はGKで減少し、GK+Exで増加した。特に低酸素誘導因子（HIF1 α ）、血管内皮細胞増殖因子受容体（KDR, Flt1）、angiopoietin-2/angiopoietin-1比率はGKで血管退行調節が働き、GK+Exで血管新生調節系の活性化がみられた。

【考察】HIF1 α は血管新生のマスター遺伝子となり、血管新生因子の活性化を惹起する（Wenger, 2002）。また、運動は筋細胞内を低酸素化しHIF1 α を誘導する（Clanton and Klawitter, 2001）。本研究の結果から、糖尿病の骨格筋においても、低強度運動でHIF1 α の発現が確認され、血管新生因子（KDR, Flt1, angiopoietin-2/angiopoietin-1比率, Tie-2）が活性化していた。これらの血管新生因子の活性化が骨格筋の微小血管新生を促進させ、糖尿病の合併症である微小血管障害を予防できたものと考えられる。これらの結果より低強度運動は血糖をコントロールするには至らないものの、合併症である末梢の筋微小血管障害を予防する効果があることが検証できた。

キーワード

低強度運動 糖尿病 微小血管障害 血管新生因子 骨格筋

本研究の独創的な点

低強度運動は日本人糖尿病患者の典型である非肥満性II型糖尿病の血糖のコントロールに対しては有効ではなかった。一方、糖尿病の合併症である組織循環障害の予防には十分効果があることが科学的に検証できた。本研究では、低強度運動は少なくとも組織循環障害を抑制でき、糖尿病合併症の予防に効果があることを明らかにした点、筋内の微小血管の三次元構造を可視化した点が独創的である。

足関節背屈制限角度の変化が歩行時の下肢筋の筋活動に与える影響について

北谷亮輔¹⁾

大畑光司²⁾

泉圭介²⁾

澁田紗央理²⁾

- 1) 京都大学医学部人間健康科学科理学療法専攻
- 2) 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

【はじめに】発症早期の脳卒中後片麻痺患者の特徴的な歩容である反張膝歩行は、膝伸展筋群の筋力低下や痙性、殿筋群、膝屈曲筋群の筋力低下、足関節背屈制限などが原因として挙げられている (Bleyenheuft, 2010)。特に、背屈制限は最も注目される原因の一つであり、多くの報告がなされているが、背屈制限角度に応じた歩行時の筋電図変化パターンについては明確ではない。ここで、純粋に背屈制限角度の変化により生じる歩行時の筋活動の変化を知ることは、片麻痺患者における反張膝歩行の筋活動を理解するための重要な基礎的資料となると考える。本研究の目的は、純粋に背屈制限角度を変化させることで生じる歩行時の下肢筋の筋活動の変化を明らかにすることである。

【方法】対象は下肢に整形疾患のない健常者 10 名 (男性 6 名, 女性 4 名, 平均年齢 21.5 ± 0.8 歳) とした。金属支柱付短下肢装具を右下肢に装着させ、足関節角度を制限なし、背屈 0 度, -10 度, -20 度制限の 4 条件とし、装具による底屈方向への可動域は 20 度までとした。被験者には Treadmill 上にて、2km/h, 3km/h, 4km/h, 5km/h の 4 つの速度で歩行させた。足関節角度の設定および同一足関節角度内での歩行速度の順序を無作為とした。筋電図および加速度計は DelSys 社製 3 軸加速度筋電計 Trigno Wireless system を用いた。測定筋は右側の前脛骨筋、腓腹筋内側頭、内側広筋、大腿直筋、半腱様筋、縫工筋、中殿筋、大殿筋の 8 筋とした。得られた筋電図は全て 10msec の RMS 波形で平滑化した。各施行における筋電図波形をそれぞれ 5 歩行周期取り出し、1 歩行周期を 100%Gait Cycle (以下 GC) として時間の正規化を行った。筋電図の振幅は、最大等尺性収縮を 100%MVC として正規化した。歩行周期の 0~10%GC を荷重応答期 Loading Response (以下 LR), 10~50%GC を立脚期 Stance Phase (以下 St), 50~60%GC を前遊脚期 Pre-Swing (以下 PSw), 60~100%GC を遊脚期 Swing Phase (以下 Sw) とし、各相での平均値を求めた。統計処理については歩行速度と背屈制限角度の 2 つの条件における反復測定二元配置分散分析を行い、有意水準は 5%とした。

【結果】背屈制限角度の増加により、LR では腓腹筋、半腱様筋、縫工筋の筋活動が有意に増加し、大腿直筋では有意に減少した ($p < 0.05$)。St では前脛骨筋と半腱様筋の筋活動が有意に増加した ($p < 0.05$)。PSw では腓腹筋と縫工筋の筋活動が有意に増加し、大腿直筋では有意に減少した ($p < 0.05$)。Sw では前脛骨筋、腓腹筋、半腱様筋、縫工筋で筋活動が有意に増加した ($p < 0.05$)。また、歩行速度の増加により、全ての筋で筋活動の増加が得られた。

【考察】背屈制限が増加することで床反力ベクトルが前方移動し、重力による関節モーメントが、膝関節では伸展方向、股関節では屈曲方向に大きくなるため、大腿直筋では筋活動が減少し、半腱様筋では増加することが示唆された。しかし、内側広筋や大殿筋などの単関節筋では有意差が得られなかった。さらに殿筋群では有意差が得られなかったことから、背屈制限のみを加えて生じた反張膝歩行では、殿筋群の筋活動に変化が生じにくいことが示唆された。

キーワード

足関節背屈制限 筋電図 歩行 殿筋群

本研究の独創的な点

背屈制限角度が変化することが、歩行時の下肢筋にどのような影響を与えるのかを考察するために、筋力低下のない健常者の背屈制限角度を変化させ、歩行を行わせた点。

投球動作におけるインステップが股関節・脊柱・肩甲骨の 角度変化に与える影響

藪田拓也¹⁾

建内宏重²⁾

高島慎吾²⁾

市橋則明²⁾

- 1) 京都大学医学部人間健康科学科理学療法専攻
- 2) 京都大学大学院医学研究科人間健康科学系専攻

【はじめに】投球障害につながりやすい投球動作時の下肢の動きとして、踏み出し脚の内側への接地（以下、インステップ）が指摘されている。しかし、インステップで投球を行うことによって、具体的にどの関節の角度に変化が生じるのかは明らかになっていない。本研究の目的は、インステップでの投球動作における股関節・脊柱・肩甲骨の運動学的変化を明らかにすることである。

【方法】対象は高校・大学いずれかで投手経験のある8名（平均年齢 20.4 ± 0.9 歳）とした。対象者には研究の内容を説明した上で同意を得た。測定には、電磁センサーLiverty（Polhemus 社製）を用いて、サンプリング周波数 240Hz で測定を行った。8つのセンサーを両側の大腿、非投球側の下腿、Th1 棘突起、Th12 棘突起、S2、胸骨、投球側の肩峰に貼付し、両側の股関節、腰椎、胸椎、肩甲骨の3次元的角度を求めた。胸椎角度は Th12 センサーに対する Th1 センサーの相対的な角度、腰椎角度は S2 センサーに対する Th12 センサーの相対的な角度とした。また、骨盤に対する大腿セグメントのオイラー角を股関節角度、胸郭に対する肩甲骨セグメントのオイラー角を肩甲骨角度と定義した。なお、全ての角度は静止立位時の角度を基準として算出した。測定は屋外で行い、十分なウォーミングアップの後、投球はマウンドから 18.44m 先の捕手に向かって全力で行った。ステップ位置はホームベースから直線を引き、その線上（通常）と 2 足分内側にずらした場所（インステップ）とした。また、スピードガンを用いて球速の測定を行った。なお、本研究の対象者には通常の投球動作がインステップである者は含まれていなかった。両条件とも、足の接地位置の条件を満たし、かつ捕手の位置からボールがそれたり投球後にバランスを崩したりしなかった 2 試行の平均値を解析に用いた。股関節、腰椎、胸椎、肩甲骨について、非投球側下肢の接地時の角度および接地後の角度の最大値について両条件間の比較を行った（非正規分布変数を含むため Wilcoxon の符号付順位検定、有意水準 5%）。

【結果】球速には両条件間で有意差はなかった。通常時に比べてインステップ時には、接地時の胸椎の非投球側への回旋角度が有意に増加した（通常； -2.6 ± 13.9 度；インステップ； 1.3 ± 13.9 度）。また、有意差は得られなかったものの、接地後最大値において胸椎の投球側への側屈が増大する傾向を示し（通常； 11.4 ± 12.9 度；インステップ； 13.0 ± 12.7 度）、非投球側股関節の内旋角度がインステップで増加する傾向を示した（通常； 16.4 ± 14.1 度；インステップ； 21.7 ± 13.6 度）。腰椎および肩甲骨角度については、両条件間で有意差を認めなかった。

【考察】インステップでの投球では、非投球側下肢の接地時点では胸椎を、接地後には骨盤をそれぞれ大きく非投球側へと回旋させることで、リリース位置を捕手方向へと修正している可能性が示唆された。また、その際に胸椎より頭側は相対的に後方へ残され、胸椎での投球側への側屈角度が増加傾向を示したのと思われる。本研究により、投球時のインステップを代償するためには、胸椎回旋および非投球側の股関節内旋可動域が重要であることが示唆された。本研究結果は投球障害に関する基礎的知見として重要であると考えられる。

キーワード

投球 動作解析 インステップ

本研究の独創的な点

屋外での実際の全力投球動作を対象として、下肢の接地位置が下肢・脊柱・肩甲骨の運動学的変化に及ぼす影響を3次元的に詳細に分析した点。

脳梗塞発症前の運動による脳梗塞障害軽減効果及び作用機序の検討 ～酸化ストレスに着目して～

濱川みちる¹⁾ 石田章真¹⁾ 玉越敬悟¹⁾ 嶋田 悠¹⁾
中島宏樹¹⁾ 豊國伸哉²⁾ 石田和人¹⁾

- 1) 名古屋大学大学院医学系研究科リハビリテーション療法学専攻理学療法学分野
- 2) 名古屋大学大学院医学系研究科病理病態学講座生体反応病理学/分子病理診断学

【はじめに】脳梗塞発症時には活性酸素やフリーラジカルが大量に産生され、その酸化ストレスは脳梗塞を増悪させる主要な因子であり、組織損傷を拡大させる。先行研究では、脳梗塞モデルラット作成前に一定期間の運動をさせると、運動していないラットに比べて、脳梗塞後の梗塞体積が減少し運動機能障害も軽減するといった脳梗塞障害軽減効果が報告されている。運動は脳内の抗酸化作用を高めることが示されているが、これが脳梗塞時の酸化ストレスに影響を及ぼしているかどうかは不明である。そこで本研究では、脳梗塞発症前の運動の効果および作用機序を酸化ストレスに着目して検討することを目的とする。

【方法】実験動物には Wistar 系雄性ラット (5 週齢) を用いた。無作為に Ex+MCAO 群, MCAO 群, Ex+Sham 群, Sham 群に分け, Ex+MCAO 群と Ex+Sham 群は 3 週間トレッドミル運動 (15 m/min, 30 分/日) を毎日行った。この速度は、ラットの最大酸素摂取量の 60% に相当する。3 週間後, Ex+MCAO 群と MCAO 群に対し, 小泉法による脳梗塞モデル作成手術 (Middle cerebral artery occlusion) を施行した。手術 24 時間後に, 運動-感覚機能評価として, 麻痺の重症度を評価する Neurological Deficits (ND), 歩行時のバランス能力の評価として Beam Walking (BW), はしご上の歩行における前肢の協調運動機能の評価する Ladder test, 前肢の感覚運動機能の評価として Limb Placing (LP) を行った。その直後に脳を採取し, TTC 染色により非梗塞半球体積に対する梗塞体積の割合を算出した。また, 酸化ストレス関連指標として, 過酸化脂質の指標である 4-hydroxy-2-nonenal (4-HNE) と DNA の酸化的損傷の指標となる 8-Hydroxydeoxyguanosine (8-OHdG), 抗酸化酵素である Thioredoxin (TRX) の免疫染色を行い, 陽性細胞数及びグレースケール階調を計測した。なお, 本研究は名古屋大学医学部保健学科動物実験委員会の承認を得て行った (承認番号: 022-028 号)。

【結果】脳梗塞手術 24 時間後の機能評価のうち, ND (麻痺の重症度) と Ladder test (前肢の協調運動機能障害) は Ex+MCAO 群の方が MCAO 群に比べて軽度で, 有意差が認められた。一方, LP (前肢の感覚機能) 及び BW (歩行時の後肢機能) は群間に有意差は認められなかった。また, 梗塞体積割合は, Ex+MCAO 群の方が MCAO 群よりも有意に小さかった。4-HNE 及び 8-OHdG 陽性細胞数は, 梗塞側, 非梗塞側ともに Ex+MCAO 群の方が有意に少なかったが, TRX は群間に明らかな差は認められなかった。

【考察】本研究では, 脳梗塞モデル作成前に 3 週間トレッドミル運動を継続すると, 脳梗塞後の麻痺の重症度及び前肢の協調運動機能障害を軽減すること, 梗塞体積を縮小すること, さらに脳梗塞時の脂質や DNA に対する酸化ストレスを抑制することが示された。しかし, 抗酸化酵素である TRX の発現には影響を及ぼさなかった。これらの結果より, 脳梗塞前の運動による脳梗塞の障害軽減効果には酸化ストレスの抑制が関与していることが示唆された。

キーワード

脳梗塞モデルラット 運動 酸化ストレス 抗酸化酵素

本研究の独創的な点

脳梗塞発症前の運動による脳梗塞の障害軽減効果は先行研究で示されているものの, その作用機序については明らかにされていない。中でも, 脳梗塞増悪経路の上流に位置する酸化ストレスに対し, 発症前の運動がどのように作用しているのかを検討している報告はない。本研究はそれに着目し, 発症前の運動が, 脳梗塞時の酸化ストレスを抑制することにより脳梗塞の障害を軽減させることを示唆した最初の知見である。

生体内における筋膜連結の機能的役割 – 膝伸展筋について –

石井禎基¹⁾

崎田正博¹⁾

笹井宣昌³⁾

土屋禎三²⁾

- 1) 姫路獨協大学医療保健学部理学療法学科
- 2) 帝京平成大学健康メディカル学部健康栄養学科
- 3) 鈴鹿医療科学大学保健衛生学部理学療法学科

【はじめに】本研究では、生体内における筋膜連結の作用・役割を調べるために、カエルの膝伸展筋を用いて機械的収縮特性を測定した。実験に際して、*in vivo* において測定するために、精密な実験システムを新しく構築し、標本が他筋と筋膜で連結した状態（連結条件）と筋膜を切断し他筋との連結を無くした状態（切離条件）で実験を行いその結果を比較検討した。

【方法】実験には 12 匹のウシガエル (*Rana catesbeiana*) (体長: 126 ± 5 mm) の膝伸展筋である大腿三頭筋 (ヒトの大腿四頭筋にあたる) の内・外側広筋 (以下、三頭筋) を標本として用いた (一部両側下肢を使用した)。ウレタンを用いて麻酔後、坐骨神経を尾骨部分から露出させ、さらに筋膜をできるだけ温存しながら内・外側広筋の支配神経分枝だけを残して、他筋への分枝をすべて切断した。カエルを実験バスに固定し、三頭筋と腱の移行部に取り付けたフックを張力計に固定をした。適宜標本の筋長を変えて十分な強度の電気刺激 (60 Hz, 0.5 s) を坐骨神経に与え、そのときに発生した等尺性強縮張力をオシロスコープにて記録 (静止張力+収縮張力) した。同時に高速度 CCD カメラ (ディテクト, 大阪) で撮影し、張力発生時の筋長 (起始-筋腱移行部) を画像処理解析ソフト (デジモ, 大阪) を用いて解析した。連結条件の長さ-張力関係 (N=7)、および三頭筋を他筋から切り離した切離条件の長さ-張力関係 (N=7) を比較検討した。張力データは各標本の最大張力、そして筋長データは大腿骨長 (大腿骨頭-膝関節面) でそれぞれ除して正規化した。実験は SpO₂ を確認しながら呼吸管理を行い、実験はすべて 20 ± 0.5 °C の温度条件下で行った。なお、本研究に際して、事前に本学の動物実験委員会の承認を得た後、実験動物に苦痛を与えないようにして実験を行った。

【結果】三頭筋の収縮張力は筋長が約 0.72 から 1 の範囲で測定された。連結条件の収縮張力は、筋長が約 0.73 から発生して急速に増加、約 0.84 で最大張力に達し約 0.88 まで続きその後低下した。静止張力は、筋長約 0.82 から出現し急速に増加した。一方、切離条件の収縮張力は、筋長が約 0.72 から発生し 0.75 まで緩やかに増加し、その後増加率が増大し約 0.86 で最大張力となり約 0.89 まで続きその後低下した。静止張力は筋長約 0.79 からとても緩やかに増加し約 0.85 から急速に増大した。長さ-張力曲線の上行脚の増加率および下行脚の低下率ともに連結条件の方が切離条件より大きく、最大張力持続範囲も長かった。切離条件の長さ-張力関係は、連結条件のそれよりも右 (筋長がより長い方向) へシフトしていた。

【考察】これらの *in vivo* における実験結果により、連結条件と切離条件とでは膝伸展筋の長さ-張力関係が異なり、標本と他筋とを連結する筋膜が筋出力に大きく関与していることが明らかとなった。本研究で用いた標本は三頭筋の内側広筋と外側広筋であり、それぞれが羽状筋の形態をしている。この 2 筋が立体的に配置して筋膜によりパッキングされている。つまり筋膜切離により伸張による羽状角変化と筋線維伸長程度に違いが生じたことを意味している。この実験結果が示唆する筋膜連結の機能的な役割は、全筋の外形を整えて 2 つの羽状筋内の複雑な配置にあるすべての筋線維がより効率的に張力を発生できるように助けることである。

キーワード

膝伸展筋 筋膜連結 長さ-張力関係 羽状筋

本研究の独創的な点

筋膜の機能的役割を生体内における実験にて明らかにしたこと。

フォワードランジにおける接地直後の脛骨引き出し力の検討

今泉史生^{1,2)}

金井 章²⁾

柵木博貴³⁾

永野将義³⁾

- 1) (医) 整友会 豊橋整形外科江崎病院
- 2) 豊橋創造大学大学院健康科学研究科
- 3) 豊橋創造大学リハビリテーション学部理学療法学科

【はじめに】フォワードランジ（以下、FL）とは片脚を一步前に踏み出し、足関節背屈と同時に膝関節、股関節屈曲を行う動作である。また、日常生活や多くのスポーツ場面で頻回に繰り返される基本的な動作であり、エクササイズとして下肢の筋力強化や協調性トレーニングとしても用いられている。FLは、脛骨後方引き出し力が生じるため、ACL損傷後のリハビリにおいて有用であると報告されている。一方、接地直後においては前方引き出し力が生じる可能性があるかと報告されているが、定量的に検討されていない。

【目的】FLにおける接地直後の脛骨引き出し力を検討する。

【方法】対象は、下肢関節に傷害の既往が無く、現在下肢運動機能に問題のない健康青年男性9名（平均年齢 20.0 ± 0 歳、平均身長 171.2 ± 4.5 cm、平均体重 63.4 ± 4.3 kg）とした。FLの計測は、立位から片脚を一步前に踏み出して足関節背屈と同時に股関節・膝関節を屈曲し、再び立位へ戻る一連の動作とした。踏み込み側の膝関節最大屈曲角度は50度、60度、70度、80度、90度、100度の6種とし、動作中の膝関節角度を電子角度計Data Link（バイオメトリクス社製）を用いて被験者にフィードバックした。頸部・体幹は中間位、両手は腰部、歩隔は身長1割、足部は第二中足骨と前額面が垂直となるように指示した。ステップ幅は棘果長とし、速度はメトロノームを用いて2秒で前進、2秒で後退、踏み出し時の接地は踵部からとした。各被験者は測定前に充分練習した後、動作は各設定角度にて5回ずつ行い、接地直後（1/60秒）を解析対象とした。動作分析は、三次元動作解析装置VICON-MX（VICON MOTION SYSTEMS社製）および床反力計OR6-7（AMTI社製）を用いて計測し、得られた結果から筋骨格コンピューターモデル（労災リハビリテーション工学センター製）を用いてFL中の関節運動及び筋張力を算出した。統計処理には、ピアソンの相関係数を用いた。

【説明と同意】本研究の実施にあたり被験者へは十分な説明をし、同意を得た上で行った。尚、本研究は、豊橋創造大学生命倫理委員会にて承認されている。

【結果】接地直後において、膝関節屈曲角度に関係なく脛骨前方引き出し力が多く生じていた。接地直後の脛骨引き出し力は、大腿直筋張力と低い正の相関（ $r=0.32$, $p<0.01$ ）が、ハムストリングス張力と有意な負の相関（ $r=-0.61$, $p<0.01$ ）が認められた。また、膝関節合力の矢状面角度と有意な正の相関（ $r=0.87$, $p<0.01$ ）、床反力の矢状面角度と低い負の相関（ $r=-0.43$, $p<0.01$ ）、矢状面における脛骨傾斜角度と低い負の相関（ $r=-0.21$, $p<0.01$ ）を認めた。

【考察】今回の結果では、接地直後において脛骨前方引き出し力が認められた。前方引き出し力は、前方へ突き出すように接地すると下腿が後方傾斜となるため、相対的に膝関節合力の矢状面角度が下腿軸に対して前方となることが要因と考えられた。一方、後方引き出し力は、上から押し付けるように接地すると下腿が前方へ起き上がるため、膝関節合力の矢状面角度が下腿軸に対して後方となることが要因と考えられた。よって、ACL損傷後のFLにおける初期接地時において、上から押し付けるように接地して脛骨前方引き出し力を抑制する必要性が示唆された。

キーワード

フォワードランジ 脛骨前方引き出し力 関節合力

本研究の独創的な点

FLにおいて、接地直後の脛骨引き出し力は接地方法によって変化することが明らかになった点。

自然発症 II 型糖尿病ラットの血糖及び骨格筋毛細血管退行に対する 長期持久運動の予防効果

森藤 武^{1,2)} 椎名祥子³⁾ 村上慎一郎^{1,4)}
藤田直人¹⁾ 近藤浩代⁵⁾ 藤野英己¹⁾

- 1) 神戸大学大学院保健学研究科
- 2) 関西医科大学理理学療法学科
- 3) 神戸大学医学部保健学科
- 4) 姫路獨協大学医療保健学部理学療法学科
- 5) 名古屋女子大学食物家政学部食物栄養学科

【はじめに】II 型糖尿病の発症には生活習慣に加えて遺伝的素因が関与するとされている。II 型糖尿病を予防するには持久運動が慣例的に有効とされているが、その効果は十分に検証されていない。そのため、II 型糖尿病の遺伝的素因を有する対象者に対して発症前から持久運動を行い、発症予防効果を検証することは、効果的な運動療法を処方するうえで重要である。また、進行した糖尿病は骨格筋内毛細血管の退行性変性 (Sexton, 1994) を生じ、難治な合併症である微小循環障害を引き起こすため、発症前からの予防的介入が必要である。本研究では、遺伝的素因によって II 型糖尿病を自然発症するモデル動物を使用し、病期の進行に伴う血糖の上昇及び骨格筋毛細血管退行に対する長期持久運動の予防効果を検証した。

【方法】自然発症 II 型糖尿病モデル動物として 11 週齢の雄性 Spontaneously Diabetic Torii ラットを使用し、持久運動群 (Ex) と非運動群 (DB) に区分した。対照群 (Con) には同一週齢の雄性 Sprague-Dawley ラットを用いた。Ex 群に対する持久運動は、トレッドミル走行(速度 15 m/min, 60 分間)を週 5 回の頻度で、25 週齢時点までの 14 週間継続して行った。血糖値は、実験期間中 2 週間ごとに測定した。尚、餌摂取量は、3 群間で均等になるように調整した。25 週齢時点において、空腹時血糖値とグリコヘモグロビン (HbA1c) を測定した後、足底筋を摘出し、 -80°C で凍結保存した。得られた足底筋試料は $12\ \mu\text{m}$ 厚に薄切し、アルカリホスファターゼ染色を行い、足底筋の深層における毛細血管-筋線維比 (C/F 比) を算出した。得られた測定値は一元配置分散分析、及び post-hoc テストとして Tukey 法を使用し、有意水準を 5% として統計処理を行った。本研究は所属機関における動物実験委員会の承認を得たうえで実施した。

【結果】DB 群の血糖値は 16 週齢時以降上昇し、Con 群と比較して有意に高値を示した。一方、Ex 群の血糖値は Con 群との間に有意差を認めず、DB 群と比較して有意な低下した。HbA1c に関しても同様の傾向を認め、Con 群に対して DB 群は有意に上昇した。しかし、Ex 群の HbA1c 値は Con 群との間に有意差を認めず、DB 群と比較して有意に低下した。足底筋の深層における C/F 比では、DB 群は Con 群に比べて有意に減少した。一方、Ex 群は Con 群との間に有意差を認めず、DB 群と比較し有意に増加した。

【考察】本実験で使用した自然発症 II 型糖尿病モデルラットは 16 週齢時から血糖値が上昇し始めたが、長期間の持久運動を実施したラットでは、血糖値の上昇を防ぐことができた。これは、長期間の持久運動が、II 型糖尿病に付随する骨格筋の糖耐能異常の発生を予防したためであると予想される。また、長期間の持久運動による骨格筋毛細血管退行の予防効果も認めており、長期間の持久運動が代表的な糖尿病合併症である微小循環障害の予防にも効果的であると示唆された。

キーワード

自然発症 II 型糖尿病 持久運動 血糖 毛細血管 退行

本研究の独創的な点

長期間の持久運動が II 型糖尿病の発症と骨格筋毛細血管の退行に及ぼす予防効果を組織学・生化学的に検証することができたこと。

筋萎縮による骨格筋毛細血管の三次元構造退行に対する アスタキサンチンの予防効果

金指美帆¹⁾ 奥村 裕¹⁾ 藤田直人¹⁾
村上慎一郎^{1,2)} 藤野英己¹⁾

- 1) 神戸大学大学院保健学研究科
- 2) 姫路獨協大学医療保健学部理学療法学科

【はじめに】筋萎縮により、骨格筋毛細血管の退行性変化や血管内皮細胞の障害が生じると報告されていて、その原因として活性酸素種 (ROS) が考えられている。一方、ROS 発生を軽減させる栄養補助食品として、強力な抗酸化作用を持つアスタキサンチンが知られている。そこで、不活動時にアスタキサンチンを摂取することで ROS の過剰発現を軽減すれば、骨格筋毛細血管の退行性変化も予防できるという仮説を立てた。本研究では、ラットを用いて、廃用性筋萎縮時の骨格筋毛細血管退行に対するアスタキサンチンの予防効果を検証した。

【方法】12 週齢の Wistar 系雄ラット 24 匹を対照群 (CON)、アスタキサンチン投与群 (ASX)、後肢非荷重群 (HU)、後肢非荷重+アスタキサンチン投与群 (HU+ASX) の 4 群に区分した。アスタキサンチン (富士化学工業) の 1 回投与量は 50 mg/kg とし、1 日 2 回の経口投与を 7 日間継続した。実験期間終了後にヒラメ筋を摘出し、液体窒素を用いて急速凍結した後に -80℃ で保存した。左ヒラメ筋試料から凍結切片を作製し、アルカリフォスファターゼ染色を行った。染色像から筋線維数に対する毛細血管数の割合 (C/F 比) と、単一筋線維あたりの毛細血管数を算出した。一方、右ヒラメ筋は蛍光造影剤灌流後に摘出し、共焦点レーザー顕微鏡で毛細血管の三次元構造を構築した。その観察像から毛細血管容積と毛細血管直径を測定した。また、酸化ストレスの指標としてスーパーオキシドディスムターゼ (SOD-1) と血管内皮細胞増殖因子 (VEGF) の発現量を Western blotting にて定量化した。全ての測定値は一元配置分散分析および Tukey テストを用い、有意水準を 5% 未満として統計処理した。本研究は、所属機関における動物実験委員会の承認を得たうえで実施した。

【結果】C/F 比、単一筋線維あたりの毛細血管数、毛細血管容積と直径の全項目において、HU 群は CON 群に比べて有意に低値を示した。一方、HU+ASX 群は上述した全項目において、HU 群と比較して有意に高値を示し、CON 群との有意差は認められなかった。さらに赤血球が通過できないとされる 2.5µm 以下の毛細血管直径割合を算出したところ、HU 群は CON 群の 13.6 倍にも増加したが、HU+ASX 群は HU 群の半分に留まった。SOD-1 発現量は、HU 群では CON 群に比べて有意に高値を示し、HU+ASX 群は HU 群と比較して有意に低値を示し、CON 群との有意差は認められなかった。また、HU 群における VEGF 発現量は、CON 群と比較して有意に低値を示した。一方、HU+ASX 群の VEGF 発現量は、HU 群に比べて高値を示し CON 群との有意差は認められなかった。

【考察】後肢非荷重期間中にアスタキサンチンを投与すると、酸化還元酵素である SOD-1 発現の増加が軽減され、さらに VEGF 発現の低下も軽減され、ヒラメ筋毛細血管構造の退行性変化は予防された。これらの結果から、アスタキサンチンは不活動に伴う活性酸素種の過剰発現を軽減し、血管内皮細胞の機能の維持や毛細血管の退行性変化を予防することが明らかとなった。

キーワード

活性酸素種 毛細血管 退行性変化 アスタキサンチン

本研究の独創的な点

アスタキサンチンの毛細血管退行予防効果を確認したことで、将来的にはサプリメントを併用したリハビリテーションへと発展できうる可能性が考えられる点。

ラット下肢深層筋における完全埋め込み電極を用いた 治療的電気刺激の筋萎縮予防効果

田中 稔¹⁾ 光吉俊之¹⁾ 藤田直人²⁾ 藤野英己²⁾

- 1) 神戸大学医学部保健学科
- 2) 神戸大学大学院保健学研究科

【はじめに】経皮的な表面電極を用いた治療的電気刺激 (Therapeutic Electrical Stimulation : TES) は、筋萎縮に対して予防効果があると報告されている。一方、経皮的に TES を行った場合、浅層骨格筋の萎縮に対しては効果を認めるが、深層骨格筋に対しては効果が低いとされている。深層部は遅筋線維の割合が高く、抗重力下での姿勢制御に対して重要な役割を果たしている。本研究では、体内に留置可能な完全埋め込み刺激電極と電気刺激装置を試作し、下肢深層筋の廃用性筋萎縮に対する予防効果を検証した。

【方法】Wistar 系雄ラットを用い埋め込み電極体内留置群 (TES 群) と対照群に区分した。TES 群には、ペントバルビタールを腹腔内注射 (50mg/kg) し、深麻酔下で電気刺激装置を腰部皮下に留置した。また、刺激電極は左坐骨神経周辺に埋め込み (Stimulation : ST 肢)、右坐骨神経周辺には腰部皮下に留置した電気刺激装置と非接続の電極を埋め込んだ (非 ST 肢)。なお、対照群の両側下肢は Control とした (Con 肢)。TES 群のラットには廃用性筋萎縮を惹起するために後肢懸垂を行い、その翌日から無線による ST 肢への TES を開始した。刺激条件は、100Hz の矩形波で、パルス幅 6msec、最大張力が得られる定電圧刺激とした。また、TES は 1 秒 ON、2 秒 OFF の刺激サイクル 20 回を 1 セットとし、5 セットを 1 日 2 回、1 日合計 200 秒刺激し、これを 1 週間継続した。1 週間の後肢非荷重期間終了後、ラットのヒラメ筋と長指伸筋を摘出し、筋湿重量と相対重量比を算出した。また、摘出筋試料はイソペンタンで急速凍結し、保存した。凍結切片を作製した後、Hematoxylin and Eosin 染色を行い、光学顕微鏡で観察した。画像はデジタル化し、Image J で筋線維横断面積を計測した。測定データは一元配置分散分析を行い、Tukey-Kramer の多重比較検定を用いて統計解析を行った。また、有意水準は 5% 未満とした。全て実験は所属機関における動物実験に関する指針に従い、動物実験委員会の許可を得たうえで実施した。

【結果】TES 群におけるヒラメ筋と長指伸筋の筋湿重量では、ST 肢は非 ST 肢と比べて高値を示し、Con 肢と同程度の値を保った。一方、ヒラメ筋と長指伸筋の相対筋重量比は、非 ST 肢では Con 肢に比較して低値を示したが、ST 肢と Con 肢の間には有意差を認めなかった。また、ヒラメ筋の筋線維横断面積は、ST 肢が非 ST 肢に比べて高値を示した。

【考察】ヒラメ筋と長指伸筋の筋湿重量、及び相対筋重量比の結果から本研究で試作した完全埋め込み電極 TES は筋萎縮に対して予防効果が確認できた。また、ヒラメ筋の筋線維横断面積においても、TES により萎縮予防効果を認めた。これらの結果から埋め込み電極 TES を行った場合、表面電極では得られない深層筋に対して萎縮予防があることが明らかとなった。今後は、筋線維の微細構造や構造タンパク質構成等、より詳細な分析を用いて筋萎縮予防効果を検証していく必要があると考えられる。

キーワード

完全埋め込み電極 治療的電気刺激 筋萎縮 遅筋

本研究の独創的な点

従来の TES では廃用に伴う筋萎縮の予防が困難とされていた深層筋をターゲットにした刺激電極及び電気刺激装置の試作を行ったこと。

内包出血モデルラットに対する CI therapy の実施時期による効果の違い

石田章真^{1,2)} 足立拓史¹⁾ 石川順平¹⁾ 玉越敬悟¹⁾
濱川みちる¹⁾ 嶋田 悠¹⁾ 中島宏樹¹⁾ 飛田秀樹²⁾ 石田和人¹⁾

- 1) 名古屋大学大学院医学系研究科リハビリテーション療法学専攻
- 2) 名古屋市立大学大学院医学研究科脳神経生理学

【はじめに】近年、脳損傷後における麻痺肢集中的使用 (constraint-induced movement therapy: CI therapy) が注目を集めている。しかし、CI therapy が中枢神経系に及ぼす具体的な影響については検討が少なく、最適なプロトコルや適応・禁忌については不明な点が多い。本研究では、内包出血ラットに麻痺肢を強制的に使用させ、中枢神経系に生じる影響を解析した。加えて損傷後の実施時期の違いにより、CI therapy の効果がどのように変化するかを確認した。

【方法】実験動物には Wistar 系雄性ラット (250-300 g) を用いた。実験群として (1) 早期 CI 群 (n=8)、(2) 後期 CI 群 (n=5)、(3) 対照群 (n=9)、(4) Sham 群 (n=6) を設定した。CI 群および対照群のラットには利き手と対側の内包に collagenase (15 units/ml, 1.4 μ l) を注入した。Sham 群には同量の生理食塩水を注入した。早期 CI 群には術後 1-7 日、後期 CI 群には術後 17-24 日において、ラットの非麻痺側前肢をギプス包帯にて拘束し、麻痺肢のみを使用させた。対照群および Sham 群は両前肢が自由に使用できる状態においた。術後 10-12 日目および 26-28 日目において前肢のリーチ機能を評価した。また、術後 8 日目および 25 日目において脳組織を採取し、組織学的解析として脳障害体積、感覚運動野前肢領域における神経活動マーカー蛋白 (Δ FosB) およびシナプスマーカー蛋白 (synaptophysin) の発現を解析した。加えて、Golgi-Cox 染色を用いて同領域の樹状突起の分枝数を解析した。

【結果】麻痺側前肢のリーチ成功率において、早期 CI 群は対照群と比べ有意な改善を示したが (早期 CI 群; 35.5 \pm 9.3%, 対照群; 12.3 \pm 6.4%, p <0.05)、後期 CI 群では有意差は認めなかった (25.3 \pm 4.4%, p >0.05)。組織学的解析に関し、脳障害体積には群間で有意差を認めなかった (早期 CI 群; 7.1 \pm 1.1 mm³, 後期 CI 群; 7.4 \pm 2.4 mm³, 対照群; 8.0 \pm 1.1 mm³, p >0.05)。しかし早期 CI 群においては、出血側感覚運動野において、 Δ FosB 陽性細胞数 (早期 CI 群; 3417 \pm 92, 対照群; 2812 \pm 44, p <0.05) および synaptophysin 光学濃度 (早期 CI 群; 0.31 \pm 0.02, 対照群; 0.16 \pm 0.04, p <0.05) の増加が認められた。また、早期 CI 群では対照群と比して有意な分枝数の増加が認められたが (早期 CI 群; 15.5 \pm 1.2, 対照群; 11.0 \pm 1.4, p <0.05)、後期 CI 群では有意差はみられなかった (14.5 \pm 1.2, p >0.05)。

【考察】本研究では麻痺肢強制使用による具体的な可塑的变化の惹起を示した。これらの変化は出血側感覚運動野でのみ生じており、集中的使用に対応する部位の局所的再編を示すものと考えられる。加えて、これらの変化は損傷後早期に強制使用を実施した方が大きく、早期 CI therapy の有効性を示唆していると考えられる。臨床における CI therapy の効果および副作用の報告は脳梗塞患者を対象としたものが主であり、本研究は皮質下小出血例に対する早期集中的リハビリテーションの適応の可能性を示唆するものである。

キーワード

脳出血 上肢機能 早期リハビリテーション use-dependent plasticity
感覚運動野

本研究の独創的な点

脳出血後の麻痺肢使用に伴う中枢神経系の具体的な変化を捉えた。
強制使用の実施時期の差異により、その効果がどのように変化するかを検討した。

マウス ES 細胞由来間葉系幹細胞は生体内で骨格筋へ分化し、 損傷骨格筋の機能回復を促進する

蛭川菜々¹⁾ 磯部恵里²⁾ 小玉 学²⁾
小林麻美²⁾ 細江民美²⁾ 鳥橋茂子^{1,2)}

- 1) 名古屋大学大学院医学系研究科リハビリテーション療法学専攻
- 2) 名古屋大学医学部保健学科理学療法学専攻

【はじめに】骨髄や脂肪組織中には間葉系幹細胞(MSCs)が存在し、様々な間葉系組織へ分化することが知られている。また、MSCs が分泌する様々なサイトカインや成長因子は損傷治癒促進効果を持つことも報告されており、再生医療の分野では非常に有益な細胞として注目されている。しかし、それらの細胞は量的にごく少なく、骨髄や脂肪組織から MSCs を高純度で分離することは困難であり、細胞採取時のドナーに対する侵襲性やドナーの個体差によって生じる細胞の性質の違い等、問題点も多く挙げられている。さらに、これまでに MSCs の骨格筋分化を報告した例はほとんどない。我々は、ES 細胞の脂肪分化誘導過程で MSCs を獲得する方法を確立し、それらの細胞が生体外において骨格筋を含む様々な種類の間葉系細胞へ分化可能であることも確認した。そこで、ES 細胞由来の MSCs をマウスの損傷骨格筋へ移植し、移植一週間、二週間、三週間と経過を追うことで ES 細胞由来の MSCs の生体内における骨格筋分化能を確認した上で、ES 細胞由来の MSCs が骨格筋再生過程にどのように関与するのか、さらに損傷骨格筋の機能回復を促進するかどうか検証することを目的とした。

【方法】挫滅によって前脛骨筋を損傷させる骨格筋損傷モデルマウスを作成した。損傷部位へ移植する細胞は、EGFP でラベルされたマウス ES 細胞(G4-2)の脂肪分化誘導過程に CD105 を指標として磁気ビーズ法で分離収集することで作製した。この細胞を前脛骨筋の損傷部位へ損傷 24 時間後に直接注入した。1・2・3 週間後凍結切片を作成し、HE 染色、EGFP、MHC、M-cadherin 免疫蛍光染色を行い移植細胞の動態を観察した。また、片方の前脛骨筋を挫滅損傷させたモデルマウスに細胞を移植した群と細胞移植しない群とに分け、それぞれについて CatWalk (Noldus 社) による歩行分析を行い、損傷筋の機能回復を比較した。

【結果】HE 染色の結果、移植一週間後から中心核を有する再生骨格筋が出現し始め、移植二週間後には損傷骨格筋の修復が観察された。また、細胞の移植の 1 週間後に免疫蛍光染色を行い観察したところ、移植細胞由来であることを示す EGFP 陽性の細胞が骨格筋中に観察された。さらに 2 週間後・3 週間後でも同様に移植細胞の生着が認められ、骨格筋の再生過程に沿って ES 細胞由来 MSCs の分化が確認できた。また、歩行分析では、移植を行わない群より行った群の方で機能改善する傾向が明らかとなった。

【考察】ES 細胞から作製した MSCs は損傷骨格筋に移植すると、骨格筋細胞へ分化して筋再生に関与し、機能回復を促進することが示唆された。MSCs は様々な種類のサイトカインを分泌しており、それらによる損傷治癒促進効果も報告されている。よって、ES 細胞から作製した MSCs の生体内におけるサイトカイン分泌が証明され、そのサイトカインによる損傷治癒・機能回復促進効果が明らかとなれば、再生医療、さらにはリハビリテーションにおいて有益な細胞源となる。

キーワード

ES 細胞 間葉系幹細胞 細胞移植 前脛骨筋損傷 骨格筋分化 機能回復

本研究の独創的な点

これまでに、ES 細胞から作製した間葉系幹細胞の骨格筋分化に関する報告はない。また、間葉系幹細胞を前脛骨筋損傷モデルマウスに移植し、筋機能の回復促進を評価したものもなく、リハビリテーションと再生医療、両分野において新しい有益な研究であると考えられる。

高齢者における focal balance exercise の運動学習転移 に関する実験動物学的研究

前島 洋¹⁾

金村尚彦²⁾

西川裕一³⁾

高柳清美²⁾

1) 帝京科学大学医療科学部東京理学療法学科

2) 埼玉県立大学保健医療福祉学部

3) 埼玉県立大学大学院保健医療福祉学研究科

【はじめに】今日、高齢者の転倒防止、バランス機能の改善を目的とする運動指導が広く行われている。バランス運動の学習においては、一つのタスクの習得が波及的にその後の異なる環境でのバランス運動改善に及ぼす運動学習転移が期待される。ヒトを対象とする研究において、介入内容や背景となる環境の差異により、ある運動学習の転移の検証には限界を伴う。一方、これらの限界は条件設定の可能な実験動物を用いることにより容易に解消できる。そこで、本研究の目的は、一つのバランスタスク (focal balance exercise) の学習が他のバランス機能の改善に与える運動学習転移とそれに対する老化の影響について、高齢モデル動物を用いて検証することであった。

【方法】老化促進モデルマウス 28 匹を①成体・対照群、②成体・運動群、③高齢・対照群、④高齢・運動群の 4 群 (各群 7 匹) に群分けした。実験開始時における週齢は成体で 10 週齢、高齢で 44 週齢であった。運動介入の focal balance exercise として、マウスの運動協調性の試験としても用いられるローターロッド運動 (25rpm, 15 分間) を週 3 回の頻度で 4 週間課した。体重計測および運動機能検査として同上のローターロッド試験に加えて、beam walking test, incline test, ぶら下がり試験を実施した。統計解析として二元配置分散分析法を用いて、老化と運動介入の効果について検証し、交互作用が認められた場合には、水準ごとに一元配置分散分析を行った。尚、本研究は埼玉県立大学実験動物委員会の承認のもとで行われた。

【結果】体重については老化と運動介入共に主効果が認められた。体重は老化により増加し、運動介入により減少した。ローターロッドの耐久時間については、運動介入の主効果が認められ、延長した。beam walking test の所要時間については老化と運動の主効果が認められ、交互作用も認められた。一元配置分散分析の結果、対照、運動の何れのマウスにおいても老化により所要時間は延長した。また、成体、高齢の何れにおいても運動介入により所要時間は短縮した。incline test については、老化と運動の何れの主効果も認められ、老化により耐久角は増加し、運動介入によっても増加した。ぶら下がり試験については、老化により耐久時間は短縮したが、運動介入の効果は認められなかった。

【考察】多くの指標において、老化による成績の退行は認められるが、4 週間のローターロッドを用いた focal balance exercise によりロッドの成績に加えて、beam walking, incline test といった協調性、バランス機能を伴う運動タスクに改善が生じ、運動学習転移が確認された。一方、主に筋持久を要するぶら下がり試験への影響は認められなかった。本研究は、限られたリハ環境における focal balance exercise の波及的なバランス運動学習効果の可能性について示し、その有効な focal exercise の選択の重要性について示唆するものである。

キーワード

バランス 老化 学習転移 運動

本研究の独創的な点

バランス運動学習における学習転移について実験動物の行動評価を通して検証した点。

認知障害を有する高齢者における dual-task 歩行

土井剛彦¹⁾ 牧迫飛雄馬¹⁾
島田裕之¹⁾ 吉田大輔¹⁾ 鈴木隆雄²⁾

- 1) 国立長寿医療研究センター 認知症先進医療開発センター
在宅医療・自立支援開発部 自立支援システム開発室
- 2) 国立長寿医療研究センター 研究所

【はじめに】身体機能と認知機能の関連について、二重課題 (dual-task) により歩行が不安定化することに着目して、多くの研究が行われてきた。一方、認知機能低下そのものが歩行能力低下と関連するとも報告されている。そこで、dual-task 歩行における歩行変化を、歩行条件の違いだけでなく認知機能低下の面からも検討するために、認知障害を有する高齢者を対象とした dual-task 歩行条件下における各歩行指標の変化と認知機能との関連を検討することを本研究の目的とした。

【方法】対象は、記憶に関する主観的訴えを有する者もしくは clinical dementia rating が 0.5 に該当する地域在住高齢者のうち、鬱傾向のみられる者 (Geriatric Depression Scale の合計得点が 10 以上)、重度の後遺症のみられる中枢・神経疾患を有する者を除き、全ての測定を受けた 110 名とした。Mini-Mental State Examination が 24 以上で Wechsler Memory Scale-Revised における論理的記憶低下のみられる者を mild cognitive impairment 群 (n = 37, age = 76 ± 8 歳)、MMSE が 24 未満のものを probably Alzheimer's disease 群 (n = 15, age = 82 ± 7 歳)、それ以外の者を control 群 (n = 58, age = 74 ± 6 歳) とした。歩行条件は、普段通りに歩く normal 条件と数字の逆唱を行いながら歩く dual-task 条件の 2 条件とした。歩行指標には、3 軸加速度計を腰部と足部に装着し、歩行速度、stride time (ST)、stride time variability (STV)、stride length (SL) を算出し用いた。統計解析は、年齢を群間比較するために一元配置分散分析を、各歩行指標に対する群要因、歩行の条件要因を検討するために反復測定二元配置分散分析を用いた。統計学的有意水準は 5% 未満とした。本研究は国立長寿医療研究センター倫理・利益相反審査委員会の承認を受けて実施した。

【結果】年齢において有意な群間差がみられた ($p < .001$)。歩行速度に対しては、群要因 ($p < .001$) と条件要因 ($p = .02$) が、ST と STV には条件要因 (ST: $p = .02$, STV: $p < .001$)、SL には群要因 ($p < .001$) が各々有意な関連を示した。交互作用は、いずれの歩行指標においてもみられなかった。年齢による調整を行ったところ、群要因は歩行速度と SL に対し ($p = .02$)、条件要因は STV において ($p = .03$) 有意な関連性が認められた。

【考察】各歩行指標における認知機能低下との関連性には指標特性がみられ、dual-task による歩行変化には認知機能の状態をふまえた解釈が必要である。今後は対象者数を増やし、認知機能低下と dual-task 歩行との関連性を再考する必要がある。

キーワード

軽度認知機能障害 歩行

本研究の独創的な点

軽度認知機能障害を含む認知機能障害を有する者を対象に dual-task 歩行を検討し、dual-task そのものと認知機能との両面から歩行との関連性を検討している点。

低強度の持久運動が右心不全ラットのヒラメ筋における 毛細血管の退行性変化と筋萎縮に及ぼす影響

田中雅侑¹⁾

藤田直人¹⁾

藤野英己¹⁾

1) 神戸大学 医学部 保健学科

【はじめに】心不全患者の運動耐容能制限因子には、骨格筋の萎縮や機能低下が関与する。心不全に伴う骨格筋機能の低下に対して持久運動が盛んに行われているが、その効果を明らかにするには、骨格筋の筋線維タイプや骨格筋内の微小循環に着目した検証が必要である。本研究では、右心不全を誘導したモデル動物に対して低強度の持久運動を行い、心不全に伴う骨格筋の変化に対する運動の効果を検証した。

【方法】4週齢のWistar系雄ラットを対照群、右心不全群(Heart Failure: HF群)、運動を行った右心不全群(Heart Failure with Exercise: HFEx群)に分けた。右心不全はモノクロタリンの腹腔内注入(30 mg/kg)で誘導した。運動はトレッドミル走行(13.3 m/min)を行い、1日に30分間、週5回の頻度で4週間継続した。実験期間終了後、心臓を摘出して湿重量を測定した。また、ヒラメ筋は摘出後に湿重量を測定し、凍結保存した。薄切したヒラメ筋試料にはAdenosine Triphosphatase(ATP)染色(pH 4.4)とAlkaline Phosphatase(AP)染色を実施した。ATP染色後の光学顕微鏡所見より、筋線維をタイプIとタイプIIに分別し、筋線維タイプ割合と筋線維横断面積を算出した。AP染色後の光学顕微鏡所見からは、筋線維あたりの毛細血管比率(Capillary-to-Muscle Fiber Ratio: C/F比)と単一筋線維毎の毛細血管数を算出した。また、心重量は体重に対する心重量比を算出した。統計処理は一元配置分散分析とTukey-Kramerの多重比較検定を行い、有意水準は5%未満とした。全ての実験は所属機関における動物実験委員会の許可を得て実施した。

【結果】ヒラメ筋の湿重量及びタイプI線維とII線維の横断面積では、HF群とHFEx群が対照群に比べて有意に減少した。ヒラメ筋のタイプII線維割合については、HF群とHFEx群が対照群に比べて有意に高かった。C/F比では、対照群、HFEx群、HF群の順にHF群が最も低く、各群間に有意差を認めた。単一筋線維毎の毛細血管数については、HF群が対照群とHFEx群に比べて有意に低値を示したが、対照群とHFEx群の間に有意差を認めなかった。心重量比では、HF群とHFEx群が対照群に比べて有意に高く、HFEx群はHF群に比べて高い傾向があった。

【考察】AP染色に関する結果から、右心不全に伴う骨格筋内毛細血管の退行性変化は、低強度の持久運動にて軽減することが明らかになった。持久運動は骨格筋内の血管新生因子発現量を増加するとされており、この作用機序が関与していると考えられる。また、低強度の持久運動は右心不全に伴うヒラメ筋の萎縮や速筋化を予防できず、心重量の増加傾向も認めた。本研究は、肺高血圧症の進行期において運動を実施したため、心肺系への過度な負荷が右心不全を悪化させた可能性がある。今後は、心肺系への負荷や骨格筋の萎縮に関する因子について検証を加える必要があると考えられる。

キーワード

右心不全

毛細血管の退行性変化

持久運動

筋萎縮

本研究の独創的な点

低強度の持久運動は、右心不全の進行に伴う骨格筋内毛細血管の退行性変化を軽減することが、組織学的に証明できたこと。

神経筋電気刺激の最大刺激強度とランプアップタイムが 筋収縮による関節トルクに及ぼす影響

榊 善成¹⁾ 金子文成²⁾ 青木信裕¹⁾
速水達也²⁾ 滝川光一³⁾ 大西郁夫³⁾

- 1) 札幌医科大学大学院保健医療学研究科
- 2) 札幌医科大学臨床理学療法学講座
- 3) 伊藤超短波株式会社

【はじめに】これまでに我々のグループは、神経筋電気刺激 (Neuromuscular Electrical Stimulation : 以下 NMES) で生じる最大刺激強度が強くなる、またはランプアップタイムが長くなると肘関節屈曲到達関節角度が大きくなることを報告した (榊ら, 2010)。しかし、最大刺激強度やランプアップタイムが、肘関節屈曲トルクに及ぼす影響は明らかではない。ランプアップタイムとは、電気刺激開始から最大電気刺激に至るまでの時間である。NMES の現状の用途は特定の動作を補助するものが多く、より健常者に近い動作を実現するためには、電気刺激の条件により筋収縮に伴う関節トルクがどの程度生じるのかを明らかにする必要がある。本研究では、NMES の最大刺激強度とランプアップタイムが、NMES で生じる関節トルクに与える影響を明らかにすることを目的とした。

【方法】対象は、神経学的・整形外科学的な既往歴、現病歴のない男性 8 名とした。測定姿勢は、肩関節軽度屈曲位、内外転・内外旋 0° 位、肘関節屈曲 45° 位、前腕回外位、体幹垂直位の端座位とし、全被験者で利き手であった右側を対象側とした。NMES の実施には、低周波治療器 (イトー ES420) を使用した。NMES の設定値は、刺激周波数は 50Hz、パルス幅は 400 μ s、波形は対称性二相性のパルス波とした。刺激電極は、陰極を上腕二頭筋の筋腹中央、陽極を肩峰に貼付した。最大刺激強度は、15mA、20mA、25mA とし、ランプアップタイムは 1 秒、3 秒、5 秒とした。関節トルクの記録には動ひずみ測定器 (DPM-612B) を使用した。動ひずみ測定器から出力された電圧をサンプリング周波数 1kHz にて A/D 変換した後に、オリジナルプログラム (LabView ver.8.6) を用いて高域遮断 10Hz にてフィルタ処理を行った。その後オフラインで関節トルクに換算した。関節トルクは、ランプアップタイム区間における肘関節屈曲最大トルクについて、最大刺激強度 (15mA、20mA、25mA) とランプアップタイム (1 秒、3 秒、5 秒) を要因とした反復測定による二元配置分散分析を実施した。多重比較検定は Bonferroni を用いて行った。いずれも有意水準は 5%未満とした。

【結果】関節トルクは、最大刺激強度 ($F=18.34$, $p<0.0005$) に有意な主効果がみられた。ランプアップタイムは有意な差がみられなかった ($F=3.02$, $p=0.06$)。多重比較検定の結果、最大刺激強度 15mA と比較して、20mA ($p<0.0005$) と 25mA ($p<0.0005$) における関節トルクが有意に高値を示した。また、20mA と比較して 25mA ($p<0.0005$) における関節トルクが有意に高値を示した。交互作用はなかった ($F=2.39$, $p=0.75$)。

【考察】最大刺激強度が強くなるに従い、関節トルクが大きくなることが明らかになった。一方で、今回の例数ではランプアップタイムにより関節トルクの差が検出されなかった。このことから、刺激強度を変化させることで関節トルクが制御できる可能性が示された。

キーワード

神経筋電気刺激 最大刺激強度 ランプアップタイム 関節トルク

本研究の独創的な点

電気刺激における最大刺激強度とランプアップタイムの 2 種類の条件のうち、最大刺激強度を変化させることで関節トルクを制御できる可能性が示された点。

近赤外線分光法（NIRS）を用いた高齢者の四肢筋量ならびに脂肪量の推定果

吉田大輔¹⁾ 島田裕之¹⁾
牧迫飛雄馬¹⁾ 土井剛彦¹⁾ 鈴木隆雄²⁾

- 1) 国立長寿医療研究センター 認知症先進医療開発センター
在宅医療・自立支援開発部 自立支援システム開発室
- 2) 国立長寿医療研究センター 研究所

【はじめに】高齢期のサルコペニアや低栄養状態を適切に評価するためには、身体組成の測定が不可欠である。しかし、要介護状態にあるような虚弱な高齢者を対象として簡便かつ妥当に評価できる測定方法や評価指標は十分な検証がなされていない。本研究では、要介護高齢者でも測定可能な身体組成の簡便な評価方法の検討を行った。

【方法】身体組成の測定には NIRS (BFT-3000) を用いた。実験 1 では、健康な若年者 9 名 (平均 26.6 歳, 男性 7 名, 女性 2 名) を対象として NIRS 測定値の再現性を検討した。測定は、前腕前面と大腿前面に近赤外光を当て、その拡散反射した光量 (NIRS 測定値) を 1 日間隔で 2 回測定し、測定値の級内相関係数を算出した。実験 2 では、地域在住高齢者 90 名を対象とし、前腕前面および大腿前面の NIRS 測定値と超音波による脂肪および筋厚との相関関係を検討した。実験 3 では、入院患者 11 名 (平均 72.1 歳, 男性 4 名, 女性 7 名) を対象とし、二重 X 線エネルギー吸収法により測定した四肢筋量の指標 (skeletal muscle index: SMI = 四肢筋量 / 身長²) および脂肪量と NIRS 測定値 (上腕前面・後面, 前腕前面, 大腿前面, 下腿前面・後面) との関係調べ、重回帰分析を用いて筋量および脂肪量の推定式を算出した。

【結果】実験 1 : NIRS 測定値の級内相関係数 (1,2) は 0.952~0.965 ($p < 0.01$) であった。実験 2 : 前腕前面ならびに大腿前面の脂肪厚と NIRS 測定値との相関関係は、 $-0.437 \sim -0.518$ といずれも統計学的に有意であった ($p < 0.01$)。一方、前腕前面ならびに大腿前面の筋厚と NIRS 測定値との相関関係は、 $-0.074 \sim 0.200$ といずれも有意な相関関係を認めなかった。実験 3 : SMI を従属変数とし、筋量との相関関係が高かった前腕前面の NIRS 測定値および身長と体重を独立変数とした重回帰分析の結果、標準偏回帰係数は身長が -0.681 ($p = 0.211$)、体重が 1.452 ($p = 0.015$)、前腕前面の NIRS 測定値が 0.375 ($p = 0.161$) であり、このモデルの決定係数は 0.83 であった。四肢脂肪量を従属変数としたモデルにおいては、標準偏回帰係数は身長が -0.467 ($p = 0.205$)、体重が 0.516 ($p = 0.135$)、前腕前面の NIRS 測定値が -0.778 ($p = 0.002$) となり、決定係数は 0.92 であった。

【考察】NIRS を用いた身体組成の測定は高い級内相関係数を示し、信頼性の高い方法であると考えられた。NIRS 測定値は、同一部位の脂肪厚と相関関係を認めたものの筋厚とは有意な関係を認めず、NIRS を用いて脂肪下の筋量を直接測定することは難しいと思われた。SMI と脂肪量の推定では、NIRS 測定値と身長と体重を合わせたモデルにおいて、それぞれ 83% と 92% が説明可能であり、NIRS によってある程度の筋量と脂肪量を推定することが可能であった。とりわけ脂肪量の推定では、NIRS 測定値が最も高い寄与率を示し、身体組成の測定に有益である可能性が示された。

キーワード

高齢者 身体組成 NIRS

本研究の独創的な点

身体組成の測定が困難とされる高齢者であっても、四肢筋量あるいは脂肪量を簡便かつ妥当性の高い方法で推定できる可能性を明示した点。

二種類の筋硬度計による有用性の比較

天野幸代¹⁾

肥田朋子¹⁾

1) 名古屋学院大学リハビリテーション学部

【はじめに】近年、簡便な筋硬度計を用いて筋の硬さを評価した研究が様々な分野で報告されているが、その再現性に関する研究は少ない。そこで、各研究で多く用いられている筋硬度計 NEUTONE (TRY-ALL 社製, NEUTONE TDM-NA1) と PEK-1 (株式会社井元製作所製, Muscle Meter PEK-1) の再現性を比較し、有用性を探った。

【方法】対象は、各測定器につき健康成人 10 名とし、測定者は、各測定器につき 3 名 (臨床経験者 2 名, 臨床未経験者 1 名) とした。被験者に腹臥位をとらせ、下腿最大周径の後面中央部を NEUTONE もしくは PEK-1 で二度、10 分間隔で測定した。一度の測定値は、連続して 5 回測定した各値の最大および最小を除き、平均して求めた。統計学的解析には、級内相関係数 (ICC) を用いた。さらに、測定者を臨床経験の有無に分け、ICC(2,1), ICC(3,1), およびそれぞれの標準誤差 (SEM) を算出した。なお、本実験の全対象者には、実験の趣旨を説明し、同意を得たうえで実施した。

【結果】各測定値は、いずれの測定器でも各被験者で異なっていた。ICC(1,1) は、NEUTONE で 0.94~0.96, PEK-1 で 0.91~0.95 であった。この値を対応した測定者ごとに比較すると、いずれの測定者でも NEUTONE の方がわずかに高かった。NEUTONE の ICC(3,1) は、一度目が 0.88, 二度目が 0.93 であったのに対し、臨床未経験者を除いた ICC(2,1) は、それぞれ 0.84, 0.95 と、臨床経験の有無に関係なく、高い一貫性を示した。この時の SEM は、それぞれ 2.37, 2.13 が 2.17, 1.84 となった。PEK-1 の ICC(3,1) は、それぞれ 0.77, 0.71 で、同 ICC(2,1) は、0.89, 0.84 となり、一貫性は向上した。この時の SEM は、2.58, 2.69 が 2.02, 2.19 となった。また、PEK-1 の各測定値は、未経験者で高い傾向にあった。

【考察】下腿後面の筋硬度は被験者によって異なるため、効果の評価に利用することは可能であっても、正常値との比較は困難であることが分かった。各測定者内の測定値の比較では、いずれの測定者および、いずれの測定器においても非常に高い再現性が認められた。さらに、NEUTONE は、いずれの測定者においても ICC は高く、より有用性が高いと考えられた。測定者間の測定値の比較では、NEUTONE は PEK-1 よりも ICC が高く、臨床経験による影響も受けなかった。また、PEK-1 では未経験者による測定値が高値を示しており、その変動もわずかながら大きかった。これは、未経験者は生体の扱いに慣れておらず、軟部組織を触診する際の力のコントロールが不十分で測定器の押圧量が大きくなり、測定値が高くなったと考えられた。さらに、NEUTONE は PEK-1 に比べ価格が安価で、汎用性は高い。以上のことより、NEUTONE は PEK-1 に比べて扱いやすく、臨床データの集積においてより有用であることが示唆された。

キーワード

筋硬度計 有用性 臨床経験

本研究の独創的な点

市販されている二種類の筋硬度計について、再現性から有用性を比較・検討した点。

遠心性収縮による再現性の高い筋損傷モデルの作製

森 友洋^{1,2)} 縣 信秀³⁾ 柴田篤志⁴⁾
岡元信弥⁵⁾ 宮津真寿美⁶⁾ 河上敬介¹⁾

- 1) 名古屋大学大学院医学系研究科 リハビリテーション療法学専攻
- 2) 名古屋大学医学部附属病院医療技術部 リハビリ部門
- 3) 浜松大学保健医療学部 理学療法学科
- 4) 熱田リハビリテーション病院
- 5) 名古屋市総合リハビリテーションセンター リハビリテーション科
- 6) 愛知医療学院短期大学 リハビリテーション学科

【目的】筋損傷に対する効果的な理学療法を実験的に検証するためには、常に再現性の高い損傷モデル動物の作製が必要である。そこで、本研究の目的は、再現性の高い筋損傷モデルを作製する為の遠心性収縮条件を検討することである。

【方法】対象は、8 週齢 Wistar 系雄性ラット 41 匹とした。ラットの前脛骨筋に電気刺激 (5 mA, frequency 100 Hz, duration 1 ms) を与えて収縮させ、その直後にそれぞれ異なる角速度 50, 100, 200, 400 度/秒で遠心性収縮を加え筋損傷を生じさせた。また、遠心性収縮時の足関節の運動範囲は 90 度、収縮回数は 50 回とした。遠心性収縮 24 時間後に損傷している筋線維を判定することができる Evans Blue Dye (EBD) を腹腔内へ投与した。遠心性収縮 48 時間後に前脛骨筋の採取を行い、筋腹横断切片を作製し、EBD 陽性領域と陰性領域とをデジタル的に二値化した後の筋腹横断面全体の EBD 陽性領域面積を測定し、変動係数を算出した。また、機能的評価として、遠心性収縮の前と筋採取の直前に、足関節背屈筋群の等尺性収縮時の足関節背屈トルクを測定した。なお、本研究は名古屋大学医学部保健学科動物実験委員会の承認を得て行った。

【結果】角速度 50 度/秒は、EBD 陽性領域面積が $0.8 \pm 0.3 \text{ mm}^2$ で、損傷量が少なく損傷モデルに適さないと判断した。一方、他の角速度における EBD 陽性領域面積と変動係数は、100 度/秒で $5.9 \pm 5.2 \text{ mm}^2$ と 0.88, 200 度/秒で $12.1 \pm 3.1 \text{ mm}^2$ と 0.25, 400 度/秒で $15.8 \pm 4.6 \text{ mm}^2$ と 0.29 となり、200 度/秒が最も変動係数が小さく、損傷量のばらつきが少ない条件であることが分かった。しかし、200 度/秒における EBD 陽性領域面積の最小値、最大値はそれぞれ 4.8 mm^2 , 17.2 mm^2 であり、依然ばらつきがみられた。さらにばらつきの少ない条件を探るため、EBD 陽性領域面積と足関節背屈トルクとの関係が負の相関 ($R^2=0.80$) を示したことから、200 度/秒の中で遠心性収縮 48 時間後の足関節背屈トルクが 12, 10 mN・m 以下となる筋を抽出した時の EBD 陽性領域面積の変動係数を調べた。その結果、12 mN・m 以下では 0.19, 10 mN・m 以下では 0.13 となり、10 mN・m 以下でばらつきが少なかった。なお、角速度 200 度/秒で、遠心性収縮 48 時間後の足関節背屈トルクが 10 mN・m 以下の筋のみを抽出した時の平均 EBD 陽性領域面積は $13.4 \pm 1.7 \text{ mm}^2$ であり、全筋線維数の $40.0 \pm 5.4\%$ の筋線維が損傷していることが算出できた。

【考察】角速度 200 度/秒で前脛骨筋の遠心性収縮を行わせ 48 時間後の足関節背屈トルクが 10 mN・m 以下の筋のみを抽出すると、再現性の高い損傷モデルが作製できると考えられた。本モデルを用いると、筋損傷からの回復促進に効果的な理学療法を検証していくことができると考える。

キーワード

遠心性収縮 筋損傷 定量的評価

本研究の独創的な点

機能的、組織学的な定量的評価方法を用いて再現性の高い筋損傷モデルの作製を行ったこと。

片松葉杖を用いた部分荷重歩行時の股関節合力の検証 —健常者を用いた予備的検証—

岡島 裕¹⁾ 阿部友和²⁾ 鈴木康雄³⁾
金井 章⁴⁾ 山田和政²⁾ 元田英一(MD)⁵⁾

- 1) 和光会山田病院リハビリテーション科
- 2) 星城大学リハビリテーション学部理学療法学専攻
- 3) 労働者健康福祉機構吉備高原医療リハビリテーションセンター
- 4) 豊橋創造大学医療保健学部理学療法学科
- 5) 南生協病院整形外科リハビリテーション科

【はじめに】 臨床現場において、片松葉杖を用いた部分荷重歩行は疼痛を有する変形性股関節症患者に対して股関節にかかる荷重を分散し、関節の変形、および疼痛の回避を目的に実施される。しかし、股関節に対する直接的な荷重は計測が困難であるため、その安全性等の効果検証は必ずしも十分に行われている訳ではない。本研究の目的は片松葉杖を用いた部分荷重歩行について、筋骨格モデルを用いた筋張力計算から、股関節合力を推定し、同訓練の安全性等の効果を検証することである。

【方法】 被験者は整形外科疾患を既往に持たない若年健常成人男性3名とした（平均年齢 20 ± 0 歳，平均身長 169.6 ± 5.1 cm，平均体重 63.3 ± 7.0 kg）。実験試技は片松葉杖を持たない通常歩行（以下 N-G）と片松葉杖を用いた全荷重歩行（以下 FWB-G），および体重の $2/3$ を荷重した部分荷重歩行（以下 $2/3$ PWB-G）の3試行とし，動作が安定する3～5回計測を実施した。部分荷重の確認は臨床にて行われる静止立位での側方体重移動訓練とし，体得されるまで十分に練習を実施した。実験試技時，被験者は身体標点計15箇所（赤外線反射マーカ）を貼付し，歩行時の関節角度変化および，床反力の変化を VICON250 と床反力計2枚にて計測した。計測されたデータは労災リハビリテーションセンター製筋骨格モデルソフト（以下筋骨格モデル）にて，床反力鉛直方向成分第1Peak時の床反力鉛直・左右方向成分と股関節外転モーメント，および矢状面と前額面の股関節合力を計算した。

【結果】 VICON250 および床反力計にて計測された各3試行の歩行速度，歩幅はほぼ同じであった。また，FWB-G と $2/3$ PWB-G における部分荷重量の確認を床反力垂直方向成分にて確認を行うと，概ね目標値であったことが確認された。筋骨格モデルから計算された部分荷重量の違いによる股関節内回りの外転モーメントでは，部分荷重量の減少に従い増加することが確認され，その変化は $2/3$ PWB-G において FWB-G の約2倍であったことが確認された。それとは反対に矢状・左右方向の股関節合力は部分荷重量の変化に従い，減少することが確認されたが，その変化は $2/3$ PWB-G において FWB-G の約0.6倍と大きな変化は見られなかった。

【考察】 検証の結果，片松葉杖を用いた全荷重および $2/3$ 荷重時の部分荷重歩行では，股関節合力に大きな違いはない可能性が伺えた。これは股関節内回りの外転モーメントの変化から杖側への重心移動によって，股関節中心位置に対する床反力ベクトルの向きが変化したためと思われる。そのため，股関節合力のみを考慮すると，杖側への重心移動を考慮すれば $2/3$ PWB-G より FWB-G が有用である可能性を示唆した。しかし，安全検証の観点からは十分な検証には至っていないため，今後はより詳細な検証が必要となる。

キーワード

部分荷重歩行 股関節合力 関節モーメント

本研究の独創的な点

臨床でよく行われる片松葉杖を用いた部分荷重歩行について，コンピューターシミュレーションによる検証を行った。その結果，床反力第一 Peak 時の股関節合力においては， $2/3$ PWB-G と FWB-G 間で大きな差がない可能性が伺えた。

動画を用いたメンタルプラクティスが短期的な練習による運動学習効果の維持に及ぼす影響 —剣道の突き打ち動作からの検討—

岡和田愛実¹⁾ 金子文成²⁾
柴田恵理子³⁾ 青木信裕³⁾ 片寄正樹²⁾

- 1) 札幌医科大学 保健医療学部 理学療法学科
- 2) 札幌医科大学 臨床理学療法学講座
- 3) 札幌医科大学大学院 保健医療学研究科

【目的】本研究では、剣道の非鍛錬者を対象とし、被験者が経験したことの無い動作として剣道の突き打ちを実験課題とした。そして動画を用いたメンタルプラクティスが、練習によって向上した突き打ちのパフォーマンスの維持に役立つという仮説を立て、検証した。

【方法】対象は健康な成人とし、剣道経験者は除外した。被験者は動画を使ったメンタルプラクティスを2週間行う介入群と、2週間何も行わない対照群の2群に無作為に割りつけた。実験課題はGo/No go課題による剣道の突き打ちとした。Go/No go課題ではGoの指示が提示された時は突き打ちを遂行、No goの指示が提示された時は遂行しない。測定は2週間の介入前(前測定)、およびその14日後(後測定)に実施した。前測定は、突き打ちの教示、安静、突き打ち10回を1セットとし、合計5セット繰り返した。後測定では教示は行わなかった。介入群は、メンタルプラクティスを2週間毎日行わせた。メンタルプラクティスは、突き打ちの動画を見ながら運動感覚的な一人称イメージ想起を一日につき20回行わせた。対照群には、2週間の活動休止期間中、剣道または突き打ちのことを考えずに過ごすように指示した。データ解析ではGoの試技を採用し、前測定と後測定の1セット目(前測定1・後測定1)・5セット目(前測定5・後測定5)を解析した。解析項目は、的中心と打点間の距離の平均である絶対誤差と、絶対誤差の標準偏差である変動誤差、前測定5に対する絶対誤差と変動誤差の変化率を算出した。得られたデータは群と測定時期を要因とした二元配置分散分析を行い、交互作用があった場合には、単純主効果の検定を行った($p<0.05$)。

【結果】成績の基準とした、前測定5において、両群の絶対誤差および変動誤差に統計学的有意差はなかった。前測定と後測定の差異について、絶対誤差の変化率では、介入群では後測定1は108.29%、後測定5は99.58%で、前測定5から後測定1および後測定5を比較して有意な変化がなかった($p=1.000$)。それに対し対照群では後測定1は130.14%、後測定5は98.35%で、前測定5と比較して後測定1で有意に増大した($p=0.046$)。変動誤差は両群共に、前測定5と比較して後測定で有意差はなかった。

【考察】介入群の結果からパフォーマンスは短期的な練習で向上し、2週間後も維持されたと考える。一方、対照群の結果からパフォーマンスは短期的な練習で有意な変化はみられないが、向上した傾向がみられ、2週間後にパフォーマンスが低下した。林ら²⁾は、非鍛錬者が動画を見ながら運動イメージ想起すると、その運動出力に関わる脳部位が活動することを示している。このことから本研究では、メンタルプラクティスを行ったことにより突き打ちの運動出力に関わる脳部位が活動したため、向上したパフォーマンスが介入群においてのみ維持された可能性が考えられる。以上より、動画を用いたメンタルプラクティスを行うことにより、非鍛錬者においても向上したパフォーマンスが維持される可能性が示唆された。

キーワード

メンタルプラクティス 突き打ち 運動学習

本研究の独創的な点

本研究では身体運動を伴わないメンタルプラクティスに着目し、メンタルプラクティスが非鍛錬者において活動休止期間中のパフォーマンス低下を防ぐ可能性を示唆した点において独創的である。また、今後さらなる研究を重ねることで、メンタルプラクティスを理学療法の臨床現場に応用することが可能であると考える。

脳血管障害患者の麻痺側上肢の痛みの発生要因に関する検討

西本加奈^{1,3)} 原田直樹¹⁾ 武藤晶子¹⁾ 森山祐志¹⁾
溝口真一¹⁾ 横田美佐子¹⁾ 安楽真由美¹⁾ 大木田治夫¹⁾
瀬戸牧子²⁾ 辻畑光弘²⁾ 吉村俊朗²⁾ 沖田 実³⁾

- 1) 社会医療法人 春回会 長崎北病院 総合リハビリテーション部
- 2) 社会医療法人 春回会 長崎北病院 神経内科
- 3) 長崎大学大学院医歯薬学総合研究科 運動障害リハビリテーション学分野

【目的】脳血管障害患者はしばしば麻痺側上肢に痛みを訴え、これが睡眠や日常生活動作などの阻害因子となることも多い。このような痛みは経験的にはよく知られているが、先行研究の多くは肩関節に局限した画像診断に基づいて、その発生要因が検討されているにすぎない。一方、難治性の痛みを呈する複合性局所疼痛症候群（CRPS）の発生要因として近年、患肢の不活動が指摘されている。そして、脳血管障害患者では麻痺のために上肢が不活動状態に曝されていると考えることもでき、このことが痛みの発生に影響をおよぼしている可能性もある。そこで、本研究では脳血管障害患者の麻痺側上肢の痛みに関する実態調査を行い、痛みを有す患者の特性からその発生要因を検討した。

【対象】平成22年4月～平成23年2月までに当院へ入院となった脳血管障害患者で、著明な認知症や上肢に骨・関節疾患を有する者を除いた90名を対象とした。その内訳は脳梗塞58名、脳出血28名、くも膜下出血4名で、平均年齢は74.5±11.0歳、上肢のBrunnstrom StageはIが6名、IIが19名、IIIが8名、IVが12名、Vが11名、VIが34名であった。

【方法】対象者から安静時痛・運動時痛の有無ならびにそれらの痛みの発生部位を聴取し、肩・肘・手関節における関節可動域（ROM）制限の有無を調査した。また、上肢機能の評価ツールであるMotor activity logを用い、上肢の使用頻度（AOU）を、さらにカルテからスリング使用の有無や視床病変の有無を調査した。そして、対象者を安静時痛・運動時痛の有無によって2群に分け、他のデータを比較した。なお、統計処理には χ^2 検定ならびにMann-WhitneyのU検定を用い、有意水準は5%未満とした。

【結果】安静時痛は15名（16.7%）、運動時痛は40名（44.2%）に認め、いずれも肩・手・肘関節の順に多くみられた。次に、安静時痛・運動時痛の有り群と無し群でROM制限の有無を比較した結果、安静時痛有り群では肩関節屈曲・外転、手関節掌屈に、運動時痛有り群では肩関節屈曲・伸展・外転・外旋、前腕回内にROM制限を有す者が有意に多かった。AOUにおいては、安静時痛・運動時痛のいずれにおいても有り群が無し群より有意に低値を示した。そして、安静時痛・運動時痛の有り群は無し群に比べスリングを使用している者が有意に多かった。一方、安静時痛・運動時痛の有り群と無し群で視床病変の有無を比較するといずれも有意差は認められなかった。

【考察】今回の結果から、脳血管障害患者のほぼ半数に麻痺側上肢の運動時痛が認められ、これらの患者は肩関節にROM制限を有し、上肢の使用頻度が少なく、スリングを使用している傾向にあった。また、安静時痛が発生している患者では、肩関節に加えて手関節にもROM制限を有し、上肢の使用頻度が少なく、スリングを使用している傾向にあった。これらのことから、脳血管障害患者においては麻痺側上肢の不活動が痛みの発生要因として関与している可能性が示唆された。

キーワード

脳血管障害 麻痺側上肢 痛み 不活動

本研究の独創的な点

脳血管障害患者においては、麻痺側上肢の不活動が痛みの発生に関与し、しかもスリング使用が痛み発生のリスクを高めている可能性があることを示唆している点。