

ISSN 1343-9480
MBPT

理学療法の 医学的基礎

Volume 6. No 1. June 1
2002

理学療法の医学的基礎研究会雑誌

The Society for the Study of Medical Basis of Physical Therapy

MBPT

筋骨格コンピュータモデルの理学療法への応用

元田 英一

労災リハビリテーション工学センター

理学療法の中でも運動療法は筋骨格等の運動器に対して様々な負荷をかけることが基本となる。例えば骨折外傷等の後療法としての理学療法は関節拘縮の予防・治療のための可動域訓練と廃用性による骨筋の萎縮の防止・改善のための筋トレ、荷重負荷等が行われる。しかし、負荷が強すぎれば、損傷部に傷害を与えるし、弱すぎれば効果が小さくなる。個々の疾病、傷害にあった最適な運動の方法とその強さは、たぶんに経験則からもたらされたものが多く、理論的なうらづけのあるものは少ない。人体に対するさまざまな運動負荷が各運動器（骨、関節、筋肉、靭帯等）にどのような力を与えているかを知ることができれば、以上の問題に答えることができる。

しかし、直接このような力を測定することは困難であり、センサー付きの人工骨頭で股関節合力を測定した報告もあるが倫理的に問題がのこる。一般的には屍体標本をつかった実験的方法が行われているが、外力として与えられる条件も限られ、筋力を考慮することも難しい。

一方、歩行分析を始めとする動作分析の手法は、主に動きのみの変化に主眼がおかれ、動作により各運動器にどのような力が加わっているかと言う問題には十分に答えていない。

そこで、近年飛躍的に発達してきたコンピュータシミュレーションの技法を使い、筋、骨、靭帯、腱等の運動器からなる筋骨格コンピュータモデルを構築することによって、動作分析データから各運動器と各関節に加わる力の推定を試みた。

この手法が有効であるならば、運動器の疾患（骨折、麻痺、変形等）の病態、病因の解明、治療方法の選択のみならず、新しい治療方法の開発、また、効率的でかつ安全なリハビリテーション方法の確立に大きく役立つものと思われる。方法の概略は、

1. 骨、筋肉、靭帯の形態モデルの作製を行う。レントゲン写真、CT、MRIのデータを使用し、3次元骨、筋肉、靭帯のコンピュータモデルを作製する。
2. アニメーション：運動計測装置を用いて人体の動作データを採取し、それと1のデータと組み合わせ、計測結果のリアルな表示をする。
3. 運動中の筋肉、関節に働く力を計算する。人体の計測から手足など各運動単位ごとに分けられた部分の質量、慣性モーメントを計算する。運動計測装置から得られた動作分析のデータと組み合わせ、逆動力学の手法で各運動単位に働く力を求める。これに各筋肉の位置、太さのデータより最適化手法を用いて、筋力、関節に働く力をもとめる。
4. 剛体バネモデル、有限要素法を使用して、3より得られた力を外力として、関節面圧、骨内の応力を計算する。

今回この手法の紹介と、理学療法に応用した例を示す。

キーワード

コンピュータシミュレーション、筋骨格モデル、運動療法

バーチャルリアリティ (VR) 技術の臨床応用

田中 敏明

札幌医科大学保健医療学部理学療法学科

バーチャルリアリティ (VR) は1980年代後半からCG技術の急速な進歩にともない、先端科学技術を集約した発展性のある分野として期待されている。現在VRの研究は工学関係分野で最も行われている。日本における産業界でのVRの取り組みは、立体映像の分野ではアミューズメントゲームなど遊びの分野が先行し、都市の景観保全チェックシステムのための立体画像表示への利用へと展開している。医療・医学教育への応用としては手術場面の立体映像化などによる技術向上のための手術シミュレーションシステム開発や遠く離れた患者への相互遠隔通信による医療サービスへの利用なども考えられている。このほかに心療内科的不安分析と不安除去訓練や、ストレス解消、精神的疲労回復のためのリラクゼーションの支援などヒトの情緒や精神面に役立てる試みも研究されつつある。

VRを利用したリハビリテーション分野での研究は、過去10年間の欧米での医学系の文献検索を行って見たところ、わずかに十数件であり、まさに創世記の感がある。そのうち患者のmotivation (動機づけ、意欲) に関する研究が多くを占める。例えば脳性麻痺児に対するリハビリテーションにおいて、セラピストがいかに治療・教育に対し子供を動機づけていくかが重要なテーマになり、この点からもVRは貢献できる。また、VRの特徴でもある映像との一体感 (プレゼンス: 臨場感) により、患者の自発的な動きを誘発することが可能なため、大人の整形外科的、神経学的疾患に対するリハビリテーションとしてもVR技術は応用できる。その他のVR利用としては、家庭および社会への復帰のための屋内外歩行時の転倒危険度の予測・訓練や移動動作に必要な車椅子もしくは杖使用時のシミュレーションを行うことによる日常生活動作の評価・訓練、職場復帰に必要な動作の評価・訓練などが考えられる。これらに臨床応用していくための理想的なVRシステムは、高性能ワークステーション、軽量化・広視野・高解像度のHMD、3次元運動学的・運動力学的分析、自律神経系情報計測、聴覚・体性感覚刺激装置などで構成するのが理想であると考えられる。

日本電子工業振興協会ではVRを含めたマルチメディアの開発のあり方に関して提言している。この中でリハビリテーション分野としては、特に環境・社会に対する責任、将来の人間、特に子供にたいする責任、インフォームドコンセントによる公正の原則は、慎重に吟味しVRに利用すべきであろう。また、医療関係者としては、医療、福祉分野でのVRに関する実証的研究を充実させ、特に高齢者や障害者などの弱者への負担を考慮した違和感の少ないより現実的で、快適・安全なVRシステムに関して早急に提言していく責務があると考えられる。この実現のためには、工学、医学、社会学、心理学など関連分野との共同研究は益々欠かすことのできないものである。

本講演においては、VRのリハビリテーションへの応用について運動学的・リハビリテーション工学的観点に立脚して解説し、今後の課題、展望について私見を交え述べる。特にバランス不良な高齢者・障害者や高次脳機能障害の1つである視空間認知障害を有する患者のための視覚、聴覚、体性感覚を利用した福祉機器・訓練機器についての研究を小著から紹介し、VR技術の理学療法応用についても考察する。

キーワード

VR技術、リハビリテーション工学、臨床応用

足底部の知覚学習が立位平衡に及ぼす影響

森岡 周

高知医療学院理学療法学科

【目的】

足底部への冷却や電気、振動刺激、あるいは床面形状変化などの手段を用いた研究によって足底感覚が立位平衡に影響を与えることが明らかになった。しかし、これらはすべて感覚レベルでの操作であり、内外の事物、事変を知ることの意味する知覚レベルでの操作でない。本研究では足底部の知覚学習に硬度識別トレーニングを採用し、硬度識別能力の向上が立位平衡に及ぼす影響について明らかにする。

【方法】

実験1では健康男性15名(平均年齢 22.7 ± 3.6 歳)を対象にした。実験2の対象は、脳卒中片麻痺患者10名(実施群)とし、比較検討するために同機能レベルの対照者10名(非実施群)を設定した。硬度識別には、5, 10, 15mmの厚さの異なる三友産業製スポンジゴム(以下ゴム)を用い、これらの組合せにより5, 10, 15, 20, 25mmの5段階の異なる厚さを設定し、硬度を変化させた。アイマスクにて被験者の視覚を遮断した後、被験者に対し座位からゴム上に立位をとるように指示した。その際、ゴムの沈み込みによって生じる触覚を用いた識別を抑制するために、ゴムと足底部の間に簾上の木材マットを敷いた。硬度識別トレーニング(以下知覚学習)は二人一組にて実施し、パートナーは5回、異なる硬度のゴムを設定し、何れの硬さであるかを学習者に解答させた。この際、結果の知識は解答直後に与えた。30秒間の休憩後、ランダム表に基づいたものを10回行った。この際、結果の知識は与えなかった。この10回の誤解答数を学習結果とした。知覚学習は2週間で合計10回実施した。なお、知覚学習中の足底圧はZebris社製PDMを用いて計測した。立位平衡の指標には足圧中心動揺を採用し、計測にはAnima社製グラビコーダーを用いた。測定は知覚学習開始1週間前と終了1週間後に開眼、閉眼にて30秒間3回行った。分析項目は総軌跡長、矩形面積、外周面積とし、3回の平均値を求めた。

【結果および考察】

実験1:何れのゴムにおける硬度識別中の足底圧力には著明な変化がみられなかった。また足底圧面積にもほとんど変化がみられなかった。知覚学習中の足底圧力は踵部が高い傾向を示した。誤解答数は試行回数を重ねる毎に減少($F=2.75$, $p<0.01$)し、学習能力の向上を示した。足圧中心動揺値は開眼、閉眼時の全ての項目で知覚学習後が減少した。閉眼時の総軌跡長、外周面積で知覚学習後に有意な減少を認めた($p<0.05$)。実験2:非実施群の足圧中心動揺値には変化が認められなかったのにして、実施群は開眼、閉眼時の全ての項目において知覚学習後が減少した。開眼時の総軌跡長、矩形面積で知覚学習後に有意な減少を認めた($p<0.05$)。これら結果から、健康成人および脳卒中片麻痺患者ともに足底部の知覚学習によって立位平衡の安定がはかれることが明らかになった。

キーワード

足底部知覚, 足圧中心動揺, 立位平衡

外反母趾患者に対する生体力学的な歩行分析と治療応用の有効性 - 骨盤の動きに着目した評価と筋力トレーニングの効果 -

金 承革

昭和大学保健医療学部理学療法学科

1. はじめに

外反母趾発症の原因はハイヒールやつま先の細い靴を多用することであると、一般的には認識されている。したがって、外反母趾患者に対して現在行われている理学療法は、足部にだけ焦点が当てられ、母趾変形の矯正のための装具や、靴と足部の接触を適正化する足底挿板の処方が主な治療となっている印象がある。しかし、ハイヒールやつま先が細い靴を履かない女性や、小学生、男性にも発症することから、靴が足に与える応力だけが母趾変形や痛みの原因ではないと考えられる。母趾への応力以外に、外反母趾患者が家族歴を示すこと、女性に多いことを考慮すると、遺伝や性別の因子も見逃せない。外反母趾の発症には多因子が複合して関与している可能性が高いと考えられる。

筆者は、本質的には、母趾への外部応力が、中足骨や母趾 MP 関節周囲の軟部組織（腱、靭帯、膜）耐性を越える場合に外反母趾が発症すると考えている。骨と軟部組織の耐性には遺伝や性別が影響を与えていると推察している。もう一方で、母趾への外部応力増大に関与する因子は靴だけではなく、上半身の動きも関与すると考えている。すなわち、骨盤や体幹の動きの異常が、下肢の運動連鎖を介して足部の動きの異常を引き起こし、これが足底の接地面変化を起こして足底面への応力の加わり方を偏らせると推測する。

本研究の目的は、歩行中の外反母趾患者における骨盤と体幹の動きの特徴を明らかにし、足部への応力とどのような関係があるかを調べ、母趾への応力増大を引き起こす骨盤と体幹の動きとはどのようなものであるのかを、複数の被験者の歩行計測データから類推することである。そして、骨盤と体幹の動きの特徴がどの筋群の筋力低下によって生じているかも検討する。加えて、類推によって得た知見を外反母趾患者1名の症例検討に適用し、生体力学的な評価と治療の有効性を検討する。

2. 歩行計測から得た外反母趾患者の生体力学的な運動機能特徴と治療応用の有効性

外反母趾患者2名は、股関節屈筋群の筋力値が低い右側立脚期での骨盤回転角が、左側立脚期に比べて5度程度増大した。すなわち、歩行中常に骨盤右側が左側よりも前に出た状態で歩行していた。そして、右側の足圧中心点軌跡が母趾球部へ向かっていた。被験者すべてにおいて、骨盤傾斜角と股関節外転筋筋力との間に一定の関係があった。すなわち、左右を比較して、股関節外転筋群の筋力値が低い側の骨盤側方傾斜角は小さくなるという関係があった。さらに、外反母趾患者の股関節外転筋群筋力が健常者よりも低い値を示した。平均値にすると、外反母趾患者2名と健常者2名の間には1.2（実測値[N] / 体重値[kg]）の差があった。股関節屈曲筋群の筋力左右差による骨盤回転の左右非対称性が、股関節外転筋群の筋力低下と複合することによって、母趾への応力集中が生じる可能性が考えられた。この推測を元にして、1名の外反母趾症例に対して、股関節外転筋群と股関節屈曲筋群の筋力左右差を減少させるように筋力トレーニングを行うと、母趾の痛みが軽減し、足圧中心点軌跡が足底面の中央を通過するようになった。生体力学的な運動機能の解析結果を治療へ応用することの有効性が確かめられた。

キーワード

外反母趾, 骨盤の動き, 足圧中心点軌跡

電位依存性 Na⁺チャンネルにおける Grayanotoxin の感受性の検討

前島 洋¹⁾, 木下英司²⁾, 山岡 薫²⁾, 結城譜次²⁾, 吉村 理¹⁾, 瀬山一正²⁾

1) 広島大学医学部保健学科 2) 広島大学医学部生理学第一

【目的】電位依存性 Na⁺チャンネルは、理学療法学の対象とする運動の中樞処理、末梢への伝導、更に感覚伝導の素子として働き、その分子機構の解明は理学療法の医学的基礎の対象として重要と考えられる。電位依存性 Na⁺チャンネルは、特異的神経毒によりチャンネル開閉の Kinetics が修飾されるが、その程度は Na⁺チャンネルアイソフォームにより異なる。特異的神経毒の一つである Grayanotoxin(GTX)は Na⁺チャンネルの不活性化を阻害するとともに活性化における電位依存性を過分極側に変移させる。GTX の Na⁺チャンネル作用部位として、D1S6 および D4S6 の複数のアミノ酸が確認されている。また、GTX 感受性の高いラット骨格筋由来の Na⁺チャンネル ($\mu 1$) と感受性の低い心筋由来の Na⁺チャンネル (rH1) において、D1S4-5 間ループで唯一異なる $\mu 1$ の 251 番 Ser を rH1 の Ala に置換した変異体 ($\mu 1$ -S251A) では、GTX 感受性が低下することも確認されている。そこで本研究ではこれらの D1, D4 の対称性に着目し、D1, D4 の S4-5 間ループが GTX の作用に与える影響について検討することを目的とした。

【方法】 $\mu 1$ の S4-5 間ループに存在するアミノ酸に対して、Ala 走査置換を行った。作成した Ala 変異体を HEK293 細胞に発現させ、パッチクランプ法により GTX 感受性を検討した。更に $\mu 1$ において GTX 感受性の低下した部位に相当する rH1 のアミノ酸部位の Ala 走査置換を行い、同様に GTX 感受性を検討した。

【結果】 $\mu 1$ の D1S4-5 間ループの Ala 変異による多くの変異体において、GTX 感受性が rH1 レベルまで低下した。 $\mu 1$ において感受性の低下した部位に相当する rH1 の Ala 置換を行うと、D1S4-5 間 244 番目の Ile の Ala 変異体 (rH-I244A) において著しい感受性の低下が認められた。更に、rH244 番目に相当する $\mu 1$ の 243 番 Leu と先述の 251 番 Ser を同時に Ala 置換した変異体 ($\mu 1$ -L243A&S251A) において、著しい GTX 感受性の低下が生じた。

【考察】D1S4-5 間における $\mu 1$ の 243 番目、rH の 244 番目に相当するアミノ酸部位が新たな GTX 作用部位であることが確認された。更に、D1S4-5 間ループ全体が GTX 感受性に関与していることが示唆された。

キーワード

Na⁺チャンネル・Grayanotoxin・パッチクランプ法

本研究の独創的な点

Na⁺チャンネルの構造活性のプロープとなる Grayanotoxin の新たな感受性部位を同定した。

カラゲニン胸膜炎ラットにおける一酸化窒素の抗炎症特性

岩田全広, 高木健次, 野々垣聡, 鈴木重行

名古屋大学医学部保健学科

【目的】一酸化窒素 (Nitric oxide ; NO) は, 循環系・神経系の情報伝達のみならず, 感染・炎症・免疫反応のメディエーターとして機能していることが明らかにされつつある. 特に炎症反応において誘導型 NO 合成酵素 (iNOS) より過剰に産生される NO は, NO そのものによる直接的作用に加えて, NO とスーパーオキシド (O_2^-) が反応して生じるペルオキシニトライト ($ONOO^-$) などの反応性窒素酸化物の生成を経て, 多彩な病態生理活性を発揮する. そのため NO は二面的な側面, すなわち炎症性と抗炎症性という相反する機能を発揮するが, その役割はいまだ明らかでない. そこで本研究では, 急性炎症モデルとして一般に広く使用されているカラゲニン (Cg) 胸膜炎を作製し, 炎症反応における NO の特性を検討した.

【対象と方法】実験動物はウイスター系雄性ラット (150 ± 20 g), 67 匹を使用した. 胸膜炎の惹起は, 1% Cg を右胸膜腔に投与した. また Cg 投与 36 時間後に AE-ITU (選択的 iNOS 阻害薬), または L-NNA (非選択的 NOS 阻害薬) を同胸膜腔に投与した. Cg 投与から 48 時間後にラットを致死させ, 胸膜腔の滲出液量, 滲出液中の総細胞数, 滲出液中の NO, TAOS (間接的な O_2^- の指標), $ONOO^-$ 濃度を測定した.

【結果】AE-ITU 投与群, または L-NNA 投与群の滲出液量と総細胞数は, 対照群と比べて有意に増加した ($p < 0.01$). 一方, NO 産生は両投与群ともに対照群と比べて有意に減少した ($p < 0.01$). TAOS 産生は両投与群ともに対照群と比べて有意に減少し ($p < 0.01$), そのことから滲出液中の O_2^- 産生の増加が示唆された. また $ONOO^-$ 産生においても, 両投与群ともに対照群と比べて有意に増加した ($p < 0.01$).

【考察】Cg 胸膜炎ラットにおける NOS 阻害薬の投与は O_2^- , $ONOO^-$ 産生を増大させるとともに, 炎症の増悪を引き起こした. Moncada らは NO と O_2^- が同時に存在した場合, NO が O_2^- の失活を促進すると報告した. また Freeman らは NO および O_2^- 産生のデリケートなバランスにより, NO が相反する二面的な作用を発揮すると報告している. つまり NO 産生が O_2^- 産生と同程度, もしくはそれを下回る場合, NO による細胞組織保護作用は発現されず, むしろ細胞傷害がもたらされる. 一方, NO が O_2^- 産生を遙かに上回る場合, NO は炎症性病変のみならず, 酸化ストレスによりもたらされる各種組織病変に対し, 防御的機能を発揮するというものである. これらの仮説が正しいとすれば, 今回の知見においても NOS 阻害剤の投与により NO と O_2^- 産生のバランスが障害され, その結果, 炎症の増悪が誘導されたのかも知れない. 以上の知見は, 急性炎症において NO が抗炎症性として作用する可能性を示唆している.

キーワード

一酸化窒素・炎症・カラゲニン

本研究の独創的な点

阻害薬を用いて生体内の NO 産生を抑制することにより, 炎症反応における NO の特性を検討した.

中隔核の海馬内情報伝播における役割

小倉 太一¹⁾ 小倉 彩²⁾ 小林 静香³⁾ 緒形 雅則⁴⁾ 佐治 真理⁴⁾

1) 北里大学大学院 医療系研究科 脳機能科学 博士課程

2) 北里大学 医療衛生学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻

3) 鳥取大学大学院 神経生物学 博士課程 4) 北里大学 医療衛生学部 生理学教室

(目的) 海馬はエピソード記憶などに代表されるような「文脈的な情報」を処理、統合する重要な脳領域と考えられ、この情報処理システムの神経科学的機構が注目されている。特に中隔核や視床下部などの海馬遠隔領域からの入力、海馬での情報処理機構を考察するうえで重要な役割を果たしていると考えられる。この中隔核-海馬入力系を破壊すると、海馬脳波でのシーター波が消失し、さらに作動/空間記憶が障害されることが報告されている。以前、我々の研究室では扁桃体てんかん発作の海馬内伝播が中隔核-海馬入力系の一時的遮断により抑制されることを報告し、「中隔核から海馬への投射入力は、海馬内の内在性抑制ニューロンを脱抑制することで海馬内の神経活動の伝播を増強している」ことを示唆してきた。そこで、今回さらに海馬内情報伝播における中隔核-海馬入力系の役割を明らかにすることを目的に、中隔核から海馬への投射入力のより持続的遮断が、扁桃体てんかん発作により引き起こされる海馬神経細胞障害を制御できるかどうかを、ラット扁桃体てんかんモデルを用いて検証した。

(方法) 埋め込みカニューレを介してカイニン酸(0.1ng/200nl)をラット扁桃体に注入することにより、てんかん部分発作を誘発させてカイニン酸扁桃体てんかんモデルを作成した。一部の扁桃体てんかんモデルにおいて、カイニン酸の扁桃体注入の6日前に神経伝達物質放出関連蛋白質であるシナプトタグミンIのアンチセンスオリゴヌクレオチドを正電荷型HVJリボソーム遺伝子導入法によりラット中隔核神経細胞に導入し、神経伝達物質放出抑制により持続的に中隔核からの海馬へ入力を遮断した。このとき中隔核-海馬入力系の持続的遮断により、海馬内への発作伝播を制御できるかどうかを検討した。カイニン酸誘発扁桃体てんかん発作の発生とその影響を調べる指標として、カイニン酸誘発扁桃体てんかん発作によって引き起こされる海馬神経細胞障害をCA3錐体細胞の生存細胞数にて評価した。

(結果) カイニン酸扁桃体注入(0.1ng/200nl)によるてんかん発作誘発48時間後、海馬錐体細胞CA3領域において多くの錐体細胞に障害像が観察された。また中隔核-海馬入力系のシナプトタグミンIアンチセンス導入による持続的な事前遮断処置は、この海馬全域での錐体細胞障害を著明に防止、または軽減した。

(考察および結論) 今回の結果から、中隔核からの刺激性の入力は脱抑制機構を介しててんかん発作波の海馬内伝播を増強し、この作用により海馬錐体細胞障害を引き起こすことが示唆された。また実験結果から、中隔核-海馬入力系はこの脱抑制機構を利用し、海馬内情報伝播において海馬各領域で情報を変調するような変調器(モジュレーター)としての役割を担っていると示唆された。

キーワード

海馬内情報処理機構・中隔核-海馬系・海馬錐体細胞障害

本研究の独創的な点

遺伝子導入法を用いて、脳局所機能を可逆的に改変することが可能であることが、本研究の独創的な点である。

海馬歯状回 Ca^{2+} 透過型 AMPA レセプター (GluR2Q) 過剰発現は ラットにてんかん原性をもたらす

小倉 彩¹⁾, 小倉太一²⁾, 佐治真理¹⁾

1) 北里大学医療衛生学部

2) 北里大学大学院

【背景・目的】

理学療法の対象である脳性麻痺、脳卒中など脳障害の患者がてんかんを合併することがある。てんかん発作はストレス、感覚刺激などで誘発され、理学療法の阻害因子となりうるため、てんかんの知識を深めることは理学療法上重要であると考えられる。

近年てんかん発作の発現に海馬歯状回(DG)の過剰興奮が関与することが示唆されているが、自発的なてんかん発作の発現に DG の過剰興奮性が関与することを直接的に証明している研究はほとんどない。そこで、「DG は過剰興奮性を獲得させるとてんかん原性を持つようになる。すなわち、通常発作を誘発しないような刺激によって、てんかん発作が誘発される」という仮説を立て、実験を行った。

DG に過剰興奮性を獲得させるために、 Ca^{2+} 透過型 AMPA レセプター (GluR2Q) を過剰発現させる手法を用いた。GluR2Q は AMPA レセプターの GluR2 サブユニットの変異体で、Q/R サイトの Arg が Glu に置換されている。培養海馬細胞に GluR2Q を過剰発現させると、 Ca^{2+} 非透過型 AMPA レセプターは Ca^{2+} 透過型で、強い内向き整流性を持つレセプターに置きかえられる事が報告されており、*in vivo*での GluR2Q 過剰発現は、神経細胞に Ca^{2+} 透過性ととも過剰興奮性を付与することが考えられる。

【方法】

Wistar 系雄ラット(250~300g)の右 DG 顆粒細胞層に HVJ-リボソーム遺伝子導入法にて GluR2Q cDNA プラスミドを導入した(GluR2Q 群)。プラスミド導入2日後にてんかん発作誘発刺激として音響刺激(金属ベル音;90dB)を与えた。てんかん発作誘発の評価は音響刺激前後の行動および脳波の比較によって行った。なお GluR2Q 過剰発現領域の確認は、プラスミドに同時に組み込まれた c-myc 蛋白の免疫組織化学染色にて行った。偽処置群には GFP cDNA プラスミドを導入し、同様の実験を行った(GFP 群)。

【結果・考察】

GluR2Q 群では、海馬脳波上シータ波成分の減少・消失、速波成分の増加がみられ、音響刺激により典型的な側頭葉てんかん部分発作および発作に対応する海馬脳波上のてんかん波が誘発されたが(誘発率66.7%)、GFP 群ではみられなかった。GluR2Q の過剰発現が DG 顆粒細胞層に局限したラットでは音刺激によるてんかん誘発率は62.5%であったが、その周辺部であったラットでは20%(n=5)であった。これらの結果から、GluR2Q の過剰発現によって DG は過剰興奮性を獲得し、ラットはてんかん原性を獲得することが示され、DG がてんかん発作の発現過程において重要な役割を果たす領域である可能性が示唆された。

また、このてんかん発作は目覚し時計程度の90dBの金属ベル音で誘発されており、てんかん患者の理学療法を行う際には周囲の環境にも留意する必要があると考えられた。

キーワード

海馬歯状回・てんかん発作・ Ca^{2+} 透過型 AMPA レセプター (GluR2Q)

本研究の独創的な点

てんかん原性の獲得における海馬歯状回過剰興奮性の関与を成体動物の後天的処置により直接的に証明した点

脳出血モデルラットにおける脳組織と運動機能の回復過程

新美佳子¹⁾、森川由紀子²⁾、遠山宏江³⁾、石田和人⁴⁾、猪田邦雄⁴⁾、小林邦彦⁴⁾

- 1) 名古屋共立病院 リハビリテーション部
- 2) 総合上飯田第一病院 理学診療科
- 3) 坂下病院 理学療法室
- 4) 名古屋大学医学部保健学科理学療法学専攻

【目的】

脳血管障害後にみられる脳組織病変と運動機能障害との関連性、またこれらに対する運動療法の作用機序には不明な点が多い。そこで、脳出血モデルラットを用いて、脳出血後の運動機能障害に対する運動療法の効果や作用機序を調べることを目的とし、今回は、その第一段階として脳出血後の運動機能障害と脳組織の経時的变化を調べた。

【方法】

Wistar 系ラット (雄、8 週齢) 18 匹を用い、これを対照群 (n=7) と脳出血群 (n=11) に分けた。麻酔下にて頭蓋骨に小穴を開け、脳出血群には左線条体にコラゲナーゼ (200 U/ml) を 1.2 μ l (0.2 μ l/分、6 分間) 注入し、脳出血モデルを作成した。一方、対照群は同部位に生理食塩水を 1.2 μ l 注入した。手術 12 時間後から 4 週間まで行動評価 (自発回転、後肢反射、前肢把握、棒上歩行) を実施した。各評価は、0 (正常) ~3 (重度の麻痺) 点の 4 段階で、合計点数の推移を調べた。術後 1,2,3,4 週においてメタムフェタミン (3 mg/kg) による回転誘発テストを行なった。また、注入から 1,2,4 週後に麻酔下にて灌流固定を行ない、脳組織の凍結切片 (厚さ 50 μ m) を作成した。この切片に H-E 染色や免疫組織化学染色 (抗 MAP2 抗体、抗 GFAP 抗体) を施した。

【結果】

脳出血群の行動評価の合計点数は、1 週間以内に大きく減少し、その後はそれほど変化しなかった。評価項目別では、自発回転、棒上歩行は 1 週間以内に大きく回復したが、前肢握力はその後も続いて緩やかに回復していた。脳出血群の回転誘発テストでは、3 週間まで回復がみられた。脳出血群の H-E 染色像では、術後 1,2 週には障害側の中心部に壊死巣がみられ、その周囲を炎症細胞が取り囲んでおり、脳室の拡大がみられた。また、4 週では壊死巣の組織は消失し、空洞化していた。脳出血群の抗 MAP2 抗体免疫染色像では、全ての時期の障害側線条体において染色性を認めたが、ニューロンとは判断できなかった。また、抗 GFAP 抗体免疫染色像は全ての時期で壊死巣周囲にアストロサイトの強い染色性がみられた。

【考察】

脳出血群の行動評価の合計点数は、1 週間以内に大きく減少したが、4 つの評価で回復の程度に差がみられた。これらより、それぞれの評価項目における障害の発生理由が異なっており、合計点のみで行動評価を行なうことは適切ではないと考えられる。また、回転誘発テストは、3 週間まで回復が続き、4 週間においても対照群と比べて回転数が多かったことから、長期間の評価に適していると思われる。抗 GFAP 抗体免疫染色像よりアストロサイトの増殖、グリオシスが起きていると考えられ、これらが運動機能の回復に関与している可能性がある。また、この他にも対側半球への機能転換や障害部周辺での機能代償など、運動機能の回復に関与する要因があると思われる。今後は、新たな染色方法などを取り入れ、さらに脳の組織学的な変化を調べる必要があると思われる。

キーワード

脳出血・コラゲナーゼ・運動機能障害

本研究の独創的な点

コラゲナーゼを用いてラットに脳出血を起こし、運動機能と脳組織の経時的变化を調べた。

他動運動が I a 群神経活動に及ぼす影響

藤野英己¹⁾, 武田 功¹⁾, 櫛屋俊昭²⁾, 秋山純一²⁾, 仁木恵子³⁾

1) 鈴鹿医療科学大学保健衛生学部 2) 吉備国際大学保健科学部
3) 吉備国際大学大学院保健科学研究科

【目的】理学療法領域において他動運動は最も重要な手技の一つである。他動運動の効果として、関節可動域や末梢循環の維持、改善などに加え、筋の伸長張力や運動感覚の維持、改善が挙げられる。しかし、後者について科学的に証明された報告は検索し得ない。そこで、他動運動をおこなうことにより、筋の伸長張力と I a 群神経活動にどのような変化が生じるかについてラットヒラメ筋を用いて検討した。

【方法】実験動物として Wistar 系雄ラット 10 匹 (10~12 週齢、体重 309±9g) を使用した。I a 群神経活動はラットを pentobarbital sodium (50mg/kg, *i.p.*) で麻酔した後、ヒラメ筋支配神経を実体顕微鏡下で露出分離し、*in vivo* で測定をおこなった (n=5)。一方、伸長張力の測定は麻酔したラットからヒラメ筋を摘出し、 Krebs 液 (95% O₂, 5% CO₂ の混合ガスを注入) で保生した状態でヒラメ筋の一端を張力トランスジューサー、他端をサーボモーターに固定した。筋の伸長張力は筋長軸方向への伸長刺激に対する張力の変化として測定した (n=5)。他動運動はラット用他動運動装置およびサーボモーターを使用することでおこない、I a 群神経活動および伸長張力共に他動運動前後の応答性を測定した。得られた I a 群神経活動、関節角度、伸長張力およびサーボモーター軌跡の各シグナルは A/D 変換して、パーソナルコンピュータで求心性神経活動のスパイク頻数 (imp/s) および伸長張力 (hold stretch による伸長張力を 100 とし正規化) を算出した。解析は ramp stretch および hold stretch でおこない、他動運動前後の比較は Wilcoxon 検定により判断をおこなった (p<0.05)。

【結果および考察】他動運動前の I a 群神経活動は、ramp stretch で 254±38 imp/s、hold stretch では 320±50 imp/s となった。また、伸長張力は ramp stretch 時に 130±1 であった。他動運動をおこなった後では、ramp stretch 時の I a 群神経活動は 210±38 imp/s となり、他動運動前と比較し、有意に低下を示した。また、伸長張力においても 126±2 となり、有意な減少を示した。一方、hold stretch の I a 群神経活動および伸長張力は 313±58 imp/s、102±1 であり、他動運動前と比較し変化を示さなかった。これらの結果から、他動運動をおこなうことにより、I a 群神経活動および伸長張力は特に ramp stretch 時の反応に影響を及ぼすことが確認された。このことから他動運動は動的相における筋の性質を変化させることが示唆された。

キーワード

I a 群神経活動・伸長張力・他動運動

本研究の独創的な点

他動運動の効果として、筋の粘弾性や運動感覚の改善に対する科学的な裏付けを行うことができた点。

筋粘弾性に対する他動運動の効果

仁木恵子¹⁾, 大西智也²⁾, 藤野英己³⁾, 武田功³⁾,
祢屋俊昭⁴⁾, 江口壽榮夫⁴⁾

1) 吉備国際大学大学院保健科学研究科 2) 大阪リハビリテーション病院
3) 鈴鹿医療科学大学保健衛生学部理学療法学科 4) 吉備国際大学保健科学部

【目的】ギプス固定は筋萎縮や関節運動の制限を引き起こす。このような病態に対する理学療法として、筋力増強運動や他動運動が行われている。他動運動の効果は臨床上経験するが、主にコラーゲン線維の規則的な配列維持、基質内架橋結合の改善及び筋粘弾性の改善などがあると言われている。しかし、筋粘弾性の改善については明確な報告がされていない。本研究では、他動運動を行うことにより筋粘弾性がどのように変化するかを検証した。【対象と方法】Wistar 系雄ラット 21 匹 (体重 $310 \pm 16\text{g}$, 10~12 週齢) を対象とした。無作為に対照群 ($n=11$, 体重 $334 \pm 37\text{g}$, 以下、CONT 群) とギプス群 ($n=10$, 体重 $288 \pm 14\text{g}$, 以下、CAST 群) に分けた。CAST 群は足関節を最大底屈位で 2 週間のギプス固定をした。ラットを pentobarbital sodium (50mg/kg.i.p.) で麻酔し、ヒラメ筋を摘出した。ヒラメ筋の一端を張力トランスジューサ、他端をサーボモータに固定した。摘出筋はクレブス液 (95% O_2 , 5% CO_2 の混合ガスを注入) で保生した。本研究では、筋長の 7% 変位で 0.1Hz 周期の伸張運動を他動運動とし、30 分間行った。その時に得られた伸張張力を 4kHz で A/D 変換し、パーソナルコンピュータに記録した。他動運動開始時から 3 回の波形を平均し、T0 とした。同様に 10 分後を T10, 20 分後を T20 とし、30 分後の T30 まで計測し比較した。【結果】CAST 群における伸張張力の最大値は、CONT 群と比較して 27.2% 増加した。CONT 群における伸張張力の最大値は T0, T10, T20 及び T30 それぞれ $2.04 \pm 1.31\text{g}$, $2.00 \pm 1.37\text{g}$, $2.05 \pm 1.42\text{g}$ 及び $2.09 \pm 1.38\text{g}$ であり、伸張張力の時間的変化はあまり見られなかった。これに対し、CAST 群は、T0 では $2.59 \pm 1.05\text{g}$ であったが、T10 では $2.41 \pm 0.93\text{g}$ となり有意な低下を示した。また T20, $2.37 \pm 0.88\text{g}$ 及び T30, $2.34 \pm 0.85\text{g}$ となり、それぞれ有意に低下した。これらの結果から、CAST 群では他動運動により他動張力が低下することが明らかになった。【考察】本研究では、他動運動の筋粘弾性に対する効果の検証を行った。骨格筋の弾性要素は直列と並列の 2 要素に大別されるという Hill らの筋粘弾性に関する報告や、筋原性の関節可動域制限はこの両要素の弾性低下が一因しているとの Huxley らの報告などから、本研究で得られた他動伸張張力の最大値は筋粘弾性を反映していると言える。CONT 群では 30 分間の他動運動によりほとんど変化を示さなかったのに対し、CAST 群では他動運動により張力が低下するという結果が得られた。これらの結果から、筋萎縮によって引き起こされていた筋粘弾性の病的変化が他動運動により改善されたものと推察される。また、T0, T10 間での比較において、伸張張力の有意な低下を認めることから、10 分間の他動運動によって筋粘弾性の改善効果があると考えられる。

キーワード

萎縮筋・筋粘弾性・他動運動

本研究の独創的な点

筋粘弾性に対する他動運動の効果を萎縮筋と正常筋とを比較、検討し、科学的な裏付けを行うことができた点。

甲状腺ホルモン亢進によるミオシン重鎖 および筋小胞体タンパクの経時的変化

山田崇史¹⁾, 和田正信²⁾, 奈良勲¹⁾, 梶原博毅¹⁾

1) 広島大学医学部保健学科

2) 広島大学総合科学部

【目的】

ミオシン重鎖(MHC)および筋小胞体のCa²⁺取り込みタンパク質であるCa²⁺-ATPase(SERCA)は, ラット骨格筋の収縮弛緩サイクルにおいて重要な役割を果たしている. また, 両タンパクともにアイソフォームが存在し, 遅筋型としてMHCIおよびSERCA2aが, 速筋型としてMHCIIb, MHCIIc, MHCIIaおよびSERCA1が発現している. ラットに甲状腺ホルモンを持続的に投与すると, これらのアイソフォームの分布が変化することが示されているが, 経時的変化の詳細については明らかにされていない. そこで, 本研究では, ラットヒラメ筋を対象に, この点について検討した.

【方法】

対象にはWistar系雄性ラットを用い, 対照群(C群)および実験群(E群)に分けた. E群にはNaOH水溶液に溶解した3,3',5-TRIODO-L-THYRONINEを300μg/kg body weight, C群には等量の生理食塩水を毎日投与した. 処置後1, 3, 7日に, 麻酔下にてヒラメ筋を採取した後, 緩衝液中でホモジネートし保管した. MHCアイソフォームの分離には電気泳動法を, SERCAアイソフォームの分析には, Western blot法を用いた.

【結果】

(1) MHCアイソフォーム

全MHCアイソフォームに対するMHCIの占有率は, 処置後各期間において, C群とE群との間に有意差が認められなかった.

(2) SERCAアイソフォーム

遅筋型であるSERCA2aの発現量は, 処置後各期間において, C群およびE群間に差異は認められなかった. 一方で, 速筋型であるSERCA1の発現量は, 処置後1, 3日においては変化が認められなかったものの, 処置後7日目にはE群の発現量がC群に比べ有意に増加した.

【考察】

筋の興奮収縮弛緩サイクルに関与するほとんどの骨格筋タンパク質には, 遅筋型および速筋型アイソフォームが存在する. 正常のヒラメ筋において, 一様にこれらのタンパク質の遅筋型アイソフォームが発現しているのは, 遅筋型の筋機能特性をより効率的に発揮する必要があるからである. 本研究の結果, 甲状腺ホルモン投与後早期において, MHCおよびSERCAの表現型の不一致が認められた. MHCアイソフォームが収縮速度を, 一方で, SERCAアイソフォームが弛緩速度を大きく規定する因子であることから, この結果は, 甲状腺ホルモンの作用により, ヒラメ筋の弛緩特性が収縮特性に先立ち速筋化することを示唆している.

キーワード

甲状腺ホルモン, MHC, SERCA

本研究の独創的な点

MHCI→MHCIIへの変換に先だって, SERCA2a→SERCA1への変換が起こることを示した点.

ラット足関節拘縮の進行過程における持続的他動運動が ヒラメ筋におよぼす影響

岡本真須美¹⁾，加須屋 茜¹⁾，沖田 実²⁾，中野 治郎³⁾
鋤塚 幸子⁴⁾，西田まどか⁵⁾，吉村 俊朗²⁾

1)長崎大学医療技術短期大学部，2)長崎大学医学部保健学科，3)長崎北病院

4)虹が丘病院，5)長崎百合野病院

【目的】 Ashmore らや Stauber らは、正常な鶏やラットの骨格筋に対して持続的あるいは間歇的ストレッチを負荷すると筋線維損傷が惹起されると報告している。そのため、臨床において拘縮の発生や進行予防を目的に行う各種ストレッチが筋線維に対して悪影響となっている可能性も考えられるが、この点を検討した報告はない。そこで、本研究では間歇的ストレッチの一手段である持続的他動運動をラット足関節の拘縮の進行過程で実施し、ヒラメ筋におよぼす影響を組織学的に検討した。

【方法】 8週齢のWistar系雄ラット20匹を対照群(Control; C群)、後肢懸垂群(Hindlimb suspension; HS群)、後肢懸垂不動群(Hindlimb suspension and immobilization; HSI群)の3群に分け、さらに、各々の群を非運動群と運動群に分けた。HS群、HSI群の各ラットには皮製のジャケットを着用させ、その背側骨盤部から後肢を懸垂、無荷重状態とし、2週間飼育した。また、HSI群の各ラットは後肢懸垂の期間継続して両側足関節を最大底屈位で固定した。次に、各群の運動群には2週間の実験期間中に毎日、麻酔下で足関節底背屈の持続的他動運動を角速度10度/秒で30分間実施した。なお、運動実施前には背屈角度を測定し、可動域制限発生後は強制的なストレッチを行わないようその日の最大背屈角度まで他動運動を実施した。実験終了後はヒラメ筋を摘出し、湿重量を測定後、急速凍結させ、組織学的検索に供した。

【結果】 1)足関節背屈角度：HS群は非運動群、運動群とも約10度減少する程度であったが、HSI群は非運動群、運動群ともに経時的に減少し、特に、非運動群の減少が著しかった。2)湿重量：HS群は非運動群と運動群に有意差はなく、これらはC群より有意に低値であった。一方、HSI群は非運動群と運動群に有意差を認め、運動群が高値であった。3)組織学的変化：HS群は非運動群、運動群とも筋線維径の縮小が認められるのみで、病理所見の増悪はなかった。しかし、HSI群は非運動群にも中心核線維やSpriting fiber、小径線維が認められ、特にこの所見は運動群で著しく、多数の小径線維や著しい間質の増加を認め、筋線維径は10 μ mと40 μ m付近に頂点をもつ2峰性の分布であった。

【考察】 今回の結果から、持続的他動運動は拘縮の進行抑制に効果があることが伺えた。しかし、ヒラメ筋の変化をみるとHS群は筋線維萎縮の発生が認められるのみであったが、HSI群は筋線維壊死の発生が疑われる所見が認められ、特に運動群においては多数の筋線維が壊死に至っていると推測され、この影響により再生して間もない小径の線維が多数出現し、これが筋線維径の分布にも反映したと考えられる。また、運動群における著しい間質の増加は浮腫の影響と推測され、湿重量の増加もこれが反映した結果と思われる。したがって、HSI群のように無荷重下で不動状態となったヒラメ筋に対して持続的他動運動のような反復したストレッチ刺激を負荷すると筋線維損傷を惹起する危険性があると推察される。

キーワード

拘縮・持続的他動運動・ヒラメ筋

本研究の独創的な点

無荷重で不動化したラットヒラメ筋に持続的他動運動を負荷すると筋線維損傷が惹起されることを示した点

ラットヒラメ筋の廃用性筋萎縮の 予防に対する温熱負荷の影響

豊田紀香¹⁾, 沖田 実²⁾, 中野治郎¹⁾, 中居和代¹⁾, 片岡英樹³⁾
西田まどか⁴⁾, 鍬塚幸子⁵⁾, 大久保篤史¹⁾, 友利幸之介¹⁾, 吉村俊朗²⁾

1)長崎北病院, 2)長崎大学医学部保健学科, 3)長崎記念病院

4)長崎百合野病院, 5)虹が丘病院

【はじめに】 筋力トレーニングの方法として近年は、単に運動負荷を行うよりも血流を阻害したり、温熱負荷を与えてからトレーニングしたほうが筋肥大効果が著しいとされ、骨格筋に対する代謝的あるいは物理的ストレスの影響が注目されている。一方、我々の臨床においては安静・臥床などによって起こる廃用性筋萎縮を予防することも重要であり、各種の運動負荷の影響に関する報告は多い。しかし、実際の臨床場面では安静・臥床中に運動負荷を実施することは困難な場合が多く、運動負荷以外の方法を考案する必要があると思われる。そこで今回われわれは、骨格筋に対する温熱負荷の影響に着目し、温熱負荷によるラットヒラメ筋の廃用性筋萎縮の進行抑制効果を検討した。

【対象と方法】 7週齢のWistar系雄ラット14匹を1)後肢懸垂法にて飼育する群(HS群、4匹)、2)後肢懸垂法の飼育過程で温熱負荷を実施する群(HS&Heat群、4匹)、3)温熱負荷のみを実施する群(Heat群、3匹)、4)通常飼育の群(Control群、3匹)に振り分けた。後肢懸垂法を行うHS群、HS&Heat群の各ラットには、自製のジャケットを着用させ、その背側骨盤部を懸垂することで後肢を無荷重状態とし、廃用性筋萎縮を惹起させた。また、温熱負荷を実施するHS&Heat群、Heat群には、麻酔下で約42℃の温水に下腹部から後肢全体を浸け、これを1日1時間、毎日行った。1週間の実験期間終了後、麻酔下でヒラメ筋を摘出し、筋湿重量を測定した後に急速凍結させ、その横断切片をATPase染色した。そして、画像解析ソフトにてタイプI・II線維の筋線維直径を計測し、各群間で比較した。

【結果】 1)筋湿重量: HS&Heat群はHS群に比べ有意に大きかった。しかし、HS&Heat群はHeat群やControl群よりも有意に小さく、Heat群とControl群には有意差は認められなかった。2)平均筋線維直径: HS&Heat群は、HS群に比べタイプI線維で14.9%、タイプII線維で13.7%大きく、有意差も認められた。しかし、タイプI・II線維ともHS&Heat群はHeat群やControl群よりも有意に小さく、Heat群とControl群には有意差は認められなかった。

【考察】 今回の結果では、筋湿重量ならびにタイプI・II線維の平均筋線維直径すべてHS&Heat群がHS群より有意に大きかった。すなわち、廃用性筋萎縮の進行過程で温熱負荷を実施するとタイプI・II線維ともに筋線維萎縮の進行を抑制できると推測される。先行研究では、温熱負荷により筋細胞内にHeat shock protein(HSP)の発現が起こると報告されている。そして、HSPは分子シャペロンとしての機能を持ち、タンパク質の合成や損傷したタンパク質の修復を促進すると考えられている。したがって、今回の結果もHSPの関与が推察され、今後は免疫組織学的方法などを用いてこの点を明らかにしていきたい。

キーワード

ヒラメ筋・廃用性筋萎縮・温熱負荷

本研究の独創的な点

温熱負荷によって廃用性筋萎縮の予防が可能であることを示した点

筋連結の肉眼解剖学および運動学的観察

長谷川仁郎 1)、河上敬介 2)、小林邦彦 2)

1)千秋病院、2)名古屋大学医学部保健学科理学療法学専攻

<はじめに>筋の起始や停止を詳細に観察すると、その一部が隣接する筋の筋膜や腱などに停止することが多く、これを筋連結と呼ぶ。筋連結の所在についての報告はあるが、筋腹中に占める筋連結を持つ筋線維の割合に関する報告や、筋連結の運動への関与についての報告はない。そこで運動学的に重要であると考えられる大殿筋と大腿四頭筋との間の筋連結に着目し、その連結の状態を死体の肉眼解剖により定量化した。更に、大殿筋の収縮による大腿四頭筋の動きを超音波診断装置を用いて観察し、筋連結の運動学的な解析を試みた。

<対象と方法>ヒト大殿筋(20例)の停止部付近を詳細に剖出し、大腿四頭筋との筋連結の有無を確認した。内5例の大殿筋は、筋全体の断面積と、大腿四頭筋との筋連結部の断面積を調べた。運動学的解析は健常男性11人(20~31歳、平均年齢27歳)に対して行った。被験者には水中で腹臥位、左膝関節90度屈曲位をとらせた。体幹と下肢を固定し、足部には0kgから20kgの重りをのせた。触察により大腿四頭筋が収縮していないことを確認し、被験者に大腿前面が床から離れるまで大殿筋の収縮を行わせた。この収縮前後の大殿筋と大腿四頭筋との筋連結の位置を超音波診断装置により観察し、その移動を計測した。

<結果>全ての大殿筋の仙結節靭帯付近から始まる下部深層の筋線維は大転子遠位部付近の大腿四頭筋起始腱膜に終わり、大腿四頭筋との筋連結があった。大殿筋の全断面積は平均 $23.4 \pm 7.2 \text{ cm}^2$ で、そのうち大腿四頭筋との筋連結部の断面積は平均 $2.1 \pm 0.6 \text{ cm}^2$ であった。一方、全断面積に対する筋連結部の面積の割合は、全断面積の大小に関係なく約9.1%であった。超音波診断装置の観察で、大殿筋収縮後の大腿四頭筋との筋連結部の位置は、収縮前に比べて後内側上方に移動した。その移動距離は負荷量の増大とともに増加し、最大移動距離は平均 $3.67 \pm 1.25 \text{ cm}$ であった。

<考察>大殿筋は、多くの解剖書で上部の線維が腸脛靭帯に停止し、下部深層の線維が殿筋粗面に停止していると記載されている。しかし実際には、大腿四頭筋の近位部にも停止していた。この筋連結部の断面積は平均 2.1 cm^2 で、前腕にある多くの筋の断面積(Lieber, 1990, 1992)より大きく、手関節や手指の運動時の張力と同等かそれ以上の張力が大腿四頭筋に加わると考えられた。この牽引力により大腿四頭筋は後内側上方に約3.6cm移動することが、超音波診断装置による観察で判明した。大腿四頭筋が弛緩した状態では、大殿筋が収縮しても、その張力の一部は大腿四頭筋の移動に使われることが考えられる。よって、大殿筋の張力を最大に発揮するためには大腿四頭筋の収縮が必要である。また、大殿筋の十分なストレッチを行うためには、大殿筋と同時に大腿四頭筋もストレッチする必要があると考える。

キーワード

筋連結・大殿筋・超音波診断装置

本研究の独創的な点

筋腹中に占める筋連結の割合を定量化し、筋の収縮による筋連結部の動きを超音波診断装置を用いて観察した。

低負荷時の筋収縮と筋断面形状の変化

岩井 歩・河上 敬介・木山 喬博

名古屋大学医学部保健学科理学療法学専攻

【目的】客観的筋力評価は理学療法を行う上で重要であるが、MMT で 0~2 の弱い筋力をスポーツ医学等で用いられる等速度筋力測定装置で評価することは難しい。一方、筋収縮を行うと関節運動が起こらないわずかな収縮でも体表の形状は変化し、筋の張力と形状に何らかの関連がある可能性がある。形態学的評価法の一つである超音波診断装置を用いた方法は、非侵襲で被験者への負担が少なく、即時的に動的評価が可能であるため応用生理学的研究によく用いられているが、定量的評価の妥当性を検討した報告は少ない。そこで、超音波診断装置による筋の形状の定量的評価方法を検討し、筋の形状や位置の観察による弱い筋力の評価の可能性を検討した。

【対象と方法】(1) 定量的評価の検討: 健康女性 1 名 (22 歳) の右上腕部に超音波診断装置 (東芝メディカル製) のメカニカルプローブを押しつけた時の上腕二頭筋と脂肪の厚さ及び上腕二頭筋の断面積を測定した。被験者の体位は仰臥位、右肩関節外転 90°、内外旋中間位、肘関節屈曲 90°、前腕回外位とした。プローブは肩峰と外側上顆を結んだ線の遠位 40% の部位で、上腕骨の長軸と骨面に対して垂直に押しつけた。押しつけ力は押しつけ力検出装置で 0~1000gf の間で 100gf 毎に 6 回ずつ測定した。(2) 筋収縮と筋断面形状の変化: 健康女性 6 名 (21~35 歳、平均 25.2±5.9 歳) の肘関節屈筋群の収縮力と上腕二頭筋の形状との関係を (1) と同じ部位で調べた。被験者の体位は椅坐位、右肩関節外転・外旋 90°、肘関節屈曲 90°、前腕回外位とした。筋の形状変化は上腕二頭筋の断面積、その長軸/短軸比、上腕二頭筋断面の重心 (図形中心) の位置をコンピュータで算出して評価した。外側上顆から遠位 20cm の前腕部に肘関節伸展方向へ 0~3000gf で抵抗を負荷し、それに抗した等尺性収縮を行わせ、収縮力と同時に超音波診断装置の画像を記録した。この時、観察部位を圧迫しないようにゲルを約 300g 用いて押しつけ力が 0 であることを常時確認した。

【結果】(1) 押しつけ力 0 に比べ 1000gf の上腕二頭筋の厚さと、脂肪の厚さは各々 51%、40% 減少した。この減少量の内、各々 1/2、3/4 が 0~200gf で減少した。断面積は 0~400gf では変化しなかった。なお、上腕二頭筋の厚さと断面積は、同じ押しつけ力での変動係数は 6% 以下であった。(2) 筋の断面積と長軸/短軸比は収縮力が増しても変化しなかった。しかし、重心の位置は収縮力に伴って約 13mm 移動し、移動距離と収縮力との間には $r=0.7$ の相関があった。

【考察】超音波診断装置で筋の形状を評価する場合、筋の厚さは押しつけ力の違いで著しく変化することが明らかになった。しかし、一定の押しつけ力の下ではその変化が少なく、プローブを押しつける力を監視する等の注意により定量的評価が可能であると考え。弱い筋収縮と上腕二頭筋断面の重心の位置変化には正の相関があり、筋横断面の重心の移動距離を弱い筋力の変化の指標にできると考える。

キーワード

超音波診断装置・筋・評価

本研究の独創的な点

超音波診断装置を用いて筋の形状の定量的評価法による、低負荷時の筋収縮と筋断面形状との関連性を調べた。

痛覚関連脳電位と皮膚刺激領域との関連について

堀内 万起子^{1, 2)}, 猪田 邦雄²⁾, 宝珠山 稔²⁾

1) 名古屋大学附属病院 リハビリテーション部

2) 名古屋大学医学部保健学科

【目的】

痛みの自覚的強度と高い相関をもつことが知られている痛覚関連脳電位(pain-related evoked potentials, PREP)を用い、痛みの感覚には痛み刺激を受けた部位の大きさが関係しているのかどうかを明らかにすることを目的とした。本研究では、指1本に対する痛覚刺激を受けた場合と、指2本に対する痛覚刺激を受けた場合とでPREPを記録し、刺激される皮膚領域の大きさと誘発されるPREPとの関連について検討した。

【方法】

健常成人14名を対象とした。指リング電極を用い、定電圧矩形波による痛み刺激を右示指(対照刺激, S1)と右中指(条件刺激, S2)に対して経皮的に与え、その際に得られる誘発脳波を頭頂部(Cz)から記録した。各被験者に対して、強い痛み刺激を与える刺激強度を予め決定した。第一の系列として、S1を強い痛み刺激(100%)とし、S1刺激のみの場合と、S1と同時に25, 50, 75, および100%の4段階の痛み強度でS2を与えた場合に対してPREPを記録した。第二の系列として、S1を中程度の痛み刺激(50%)とし、S2を同様に与えた。

それぞれの系列において、S2の刺激強度別に、S1のみの刺激によるPREP成分の振幅に対する、S1とS2同時刺激によるPREP成分の振幅の比を求め、分散分析(One-way analysis of variance, ANOVA)および多重比較(Bonferroni-Dunn's correction, BDC)による統計処理を行った。

【結果】

S1の強度を100%とした系列では、S2の強度によるPREP成分の振幅の比に有意差はなかった。一方、S1の強度を50%とした系列では、S2の強度により有意差が認められた(ANOVA, $p < 0.01$)。さらに、S2の強度を25%としたときの振幅の比は、50%, 75%, 100%としたときのそれと比較して有意に小さかった(ANOVA with BDC, $p < 0.01$)。

【考察】

強い痛み刺激が存在する場合には、更に他の皮膚領域に刺激を加えてもPREPに変化は認められず、PREP成分を形成する脳反応が飽和していることを示している。また、中程度の痛みが存在する場合には、他の部位の痛みが加わると、反応が飽和するまで脳反応の加重が生じ、個々の刺激による痛みの程度よりも強い痛み感覚が生じる場合があると考えられる。これらのことは、PREPを生じる脳反応領域が異なった皮膚領域からの信号を受けており、PREP反応が皮膚領域の量に非特異的な反応であることを示すものである。これはPREPの主な起源が、第二次感覚野や帯状回などの、体部位局在が不明瞭かあるいは認められていない脳領域であるというこれまでの報告と矛盾しない。

本実験の結果より、1) PREP反応には上限があり、それは痛みを受けた皮膚領域の量に関係しないこと、2) その上限までは複数の痛み刺激の加重が生じること、3) 痛みに特異的な反応部位が脳内に存在すること、が示唆された。

キーワード

痛覚関連脳電位・痛み感覚・刺激領域・EEG・ヒト

本研究の独創的な点

痛みを受けた皮膚領域の量とは関係しないPREP反応の上限が存在することが示唆された点。

圧迫に対する反発力から見る筋の深さと圧迫速度が筋硬度へ与える影響

渡部 真志¹⁾, 須藤 和晃²⁾, 清水 裕勝³⁾, 増原 俊幸⁴⁾, 肥田 朋子¹⁾

1) 名古屋大学医学部保健学科理学療法学専攻、2) 帝京大学医学部附属市原病院リハビリテーション科、3) 名古屋大学医学部保健学科作業療法学専攻、4) 松江赤十字病院理学療法室

【目的】

腰痛や五十肩の症状の1つに、筋緊張の増加がある。これらの疾患を評価する上で、筋硬度を測定する必要があるが、圧迫量や圧迫速度など曖昧な点が多い。圧迫に対する反発力は、皮膚や結合組織などと筋とでは大きな差があることが報告されている。今回、その性質を利用して、筋が圧迫を受け始める体表面からの押し込み距離と圧迫速度の筋反発力への影響を明らかにするため、本研究を行った。

【対象と方法】

対象は、健常成人11名(男性1名、女性10名)で、平均年齢は23.6歳(21~35歳)であった。

対象筋は右前脛骨筋筋腹とした。自作した固定台に被験者を固定した。超音波画像診断装置により下腿横断図を撮影し、被験者の皮膚、結合組織の厚みを計測した。機械刺激装置を用いて測定部位を体表から連続して10mm押し込み、変位量と反発力の経時変化を同時に計測した。圧迫速度は0.4 cm/s (slow)、2 cm/s (mid)、10 cm/s (fast)の3種類とし、測定順はランダムとした。各測定はそれぞれ10秒間隔で15回行い、中間の5回の結果を平均した。各測定間に10分の休憩を入れた。

反発力の基線は、測定開始直前60msの平均値とした。圧迫1mm毎に60ms分の平均反発力を算出し、平均反発力が基線の反発力+2SDを超えた時点の押し込み距離を、筋が圧迫を受け始めた深さとした。圧迫速度の筋反発力への影響は、全ての被験者で筋を確実に圧迫している押し込み距離で調べた。

【結果】

全被験者の皮膚、結合組織の厚みは3~7mm、平均 4.7 ± 1.6 mmであった。

筋が圧迫を受け始める押し込み距離は、slowでは 1.1 ± 0.2 mm、midでは 0.7 ± 0.2 mmであった。fastでは、圧迫開始直後に一時的な反発力の増加が全被験者に見られた。

筋を2mm圧迫した時の反発力はslow 0.11 ± 0.01 、mid 0.13 ± 0.02 、fast 0.14 ± 0.02 kgで、slowとmid間 ($p < 0.05$)、fast間 ($p < 0.01$) で速度が大きいほど筋反発力は有意に増加した。

【考察】

皮膚、結合組織のみを圧迫していると思われる押し込み距離からすでに、筋は圧迫を受け始めており、前脛骨筋のように皮下組織の少ない筋では、触診能力が高ければわずかな体表からの圧迫でも筋硬度を感じられる可能性が示唆された。

fastでは、圧迫開始直後に一時的な反発力の増加が全被験者に見られた。これは皮膚の塑性の影響、皮膚内の圧受容器を介した反射による可能性が考えられる。また、筋を同一距離押し込んだ条件下では、圧迫による筋反発力は速度依存性に有意に増加したが、これは筋紡錘の影響と考えられる。よって、触診による筋硬度の評価は、圧迫速度が速いと皮膚や結合組織に対しても筋組織に対しても評価が正確に行えないため、圧迫速度を0.4~2 cm/s内で行う必要がある。

キーワード

筋硬度・前脛骨筋・圧迫速度・圧/変位曲線

本研究の独創的な点

超音波画像診断装置で皮膚、結合組織の厚みを計測し、体表から圧/変位曲線を求め、分析したこと。

足底に加わる力の漸増および漸減に対する下肢筋活動の変化

～三角関数を用いた検討～

越智 亮¹⁾・森岡 周²⁾・高田 祐¹⁾・太場岡英利¹⁾・宮本 省三²⁾

1) 愛宕病院リハビリテーション科

2) 高知医療学院理学療法学科

【目的】

斜面台による立位は、血圧調節や下肢への体重負荷等を主要な目的として理学療法に導入されている。しかし、斜面台利用時における時系列な足底荷重量変化に対する下肢筋活動の様相や調節能について詳細な検討はなされていない。本研究では、電動斜面台を用いて足底荷重量を漸増、漸減させた際の下肢筋活動を記録し、その際、足底に加わる力は三角関数を用いて算出し、その力と下肢筋活動の関係について検討することを目的とした。

【方法】

被験者は健常男性7名である。実験1：被験筋を利き脚の内側広筋、半腱様筋、前脛骨筋、腓腹筋とした。実験2：被験筋を利き脚の腓腹筋内側頭、腓腹筋外側頭、ヒラメ筋、前脛骨筋とした。

荷重量の漸増、漸減には電動斜面台を用い水平位から72度位、72度位から水平位まで連続的に変化させる方法を用いた。なお、体重計にて72度位での片脚荷重は全体重の約47.5%であり、72度位から水平に戻った時点での荷重量は0kgであった。各被験者の片脚の足底に加わる力(F)は以下の三角関数を用いて算出し、その際のベッドと人体背面の摩擦は無視するものとした。

$$F = \sin \theta \times W \quad W: \text{被験者の } 1/2 \text{ 体重}$$

なお、斜面台の角度の上昇(1秒間に2度)と下降(1秒間に3度)の速度が異なるため、最小公倍数の6度間隔により分析した。筋活動はMega社製ホルター表面筋電計ME3000Pを用いて各筋の課題開始時から終了時導出し、上昇時は2秒間、下降時は3秒間の積分値を求めた。各被験者の静止立位における筋活動の積分値に対する割合(%)とFとの相関をみると共に各筋の筋活動様相を継続的に比較した。

【結果】

実験1：Fの漸増に対して腓腹筋のみ有意な回帰直線の関係が得られた($r=0.73$, $p<0.01$)。しかし、その増加は僅かなものであった。Fの漸減に対して腓腹筋のみ有意な回帰直線の関係が得られた($r=0.71$, $p<0.01$)。実験2：腓腹筋内側頭、腓腹筋外側頭、ヒラメ筋の活動は相関的であり、Fとの間に有意な回帰直線の関係が得られた($r=0.95\sim 0.97$, $p<0.01$)。

【考察】

本研究によって、電動斜面台による立位時の下肢筋活動は僅かであることが判明した。また、足底に加わる力の変化に伴い、腓腹筋、ヒラメ筋の両者に有意な回帰直線の関係が得られた。これは、斜面台可動に伴い、荷重量の変化を足底からのフィードバックとして、無意識下の足関節底屈により、姿勢制御を行ったと推察される。

キーワード

足底荷重量, 下肢筋活動, 三角関数

本研究の独創的な点

三角関数を用いて足底に加わる力の漸増および漸減と下肢筋活動の関係を検討した。

重量の漸増および漸減に伴う肘関節屈筋の筋出力調節

太場岡英利¹⁾・森岡 周²⁾・高田 祐¹⁾・越智 亮¹⁾・宮本 省三²⁾

1) 愛宕病院リハビリテーション科

2) 高知医療学院理学療法学科

【目的】筋出力の神経調節に関しては数多くの先行研究がなされてきた。しかし、単関節運動における協同筋の負荷量の漸増および漸減に伴う等尺性収縮時の筋出力調節に関するその活動の精度や相関性についての報告はない。本研究では、負荷量の漸増および漸減に対する肘関節屈筋の筋活動様相を検討する。

【方法】被検筋は健常成人7名の利き腕の上腕二頭筋及び腕橈骨筋とした。筋収縮形態は直立位姿勢保持時における肘90度屈曲、前腕回外位での等尺性運動とした。重量の漸増は取っ手部分を特殊加工した容器に水道蛇口から水を注入し、漸減は容器に穴をあけ、水を抜く方法を用いた。注入あるいは放出開始から20秒で容器内に水が満たされ、放水するように設定した。容器内に水が満たされた時点の重量は2500gである。

なお、重量変化に伴う力(F)を以下の式から求めた。

$$F = b/a \cdot W$$

a: 検査肢位での肘頭から肘関節裂隙までの水平距離

b: 肘頭から橈骨茎状突起までの水平距離

w: 1秒毎の重量

筋活動の導出にはMega社製ホルター表面筋電計ME3000Pを用い、各筋の課題開始時から終了時までの1秒毎の積分値を求め、Fとの相関を見ると共に各筋の筋活動様相を継続的に比較した。

【結果】重量の漸増開始1秒時の平均積分値は、上腕二頭筋 62.6 ± 21.2 mVs、腕橈骨筋 17.0 ± 5.7 mVs、開始20秒時の平均積分値は、上腕二頭筋 141.6 ± 39.8 mVs、腕橈骨筋 101.1 ± 47.8 mVsであり、時系列でのFと積分値との間には、上腕二頭筋($r=0.96, p<0.001$)、腕橈骨筋($r=0.96, p<0.001$)共に有意な相関が認められた。

漸減開始1秒時の平均積分値は、上腕二頭筋 144.1 ± 43.8 mVs、腕橈骨筋 97.0 ± 42.9 mVs、開始20秒時の平均積分値は、上腕二頭筋 48.1 ± 21.9 mVs、腕橈骨筋 17.7 ± 7.0 mVsであり、時系列でのFと積分値との間には、上腕二頭筋($r=0.99, p<0.001$)、腕橈骨筋($r=0.97, p<0.001$)共に有意な相関が認められた。全例とも上腕二頭筋と腕橈骨筋の活動は重量と共に増加あるいは減少した。また、相関的に増加、減少する活動様相が多かったが相補的に活動する場合もみられた。

【考察】筋出力は運動単位の動員と発射頻度によって神経調節されている。今回の負荷量に伴う力と上腕二頭筋、腕橈骨筋の積分値間の相関係数が非常に高いことが明らかになった。また、負荷量に伴う力と協同筋の筋出力は各被験者によって異なり、両筋の活動電位を相関的に増加、減少させる場合と、相補的に増加、減少させる場合がみられた。これは、単関節運動であっても協同筋間の筋出力比率には、複数の自由度と代償の可能性が存在していることを示していることが示唆された。

キーワード

重量, 肘関節屈筋, 筋出力調節

本研究の独創的な点

単関節運動における協同筋の筋収縮の自由度を検討した。

短期間のヒト関節固定後に観察される代償性筋放電に関わる 中枢性メカニズム

金子文成¹⁾, 山田 洋¹⁾, 木塚朝博²⁾, 増田 正¹⁾, 横井孝志¹⁾

1) 独立行政法人産業技術総合研究所

2) 筑波大学

【はじめに】関節固定などの身体不活動後に最大下の筋出力を保つ調整運動を行うと、表面筋電図の振幅が増大するという代償性の筋放電が観察され(木塚ら, 2000), それにより巧緻的な筋出力の調整能力が低下する。筋張力の調節には皮質脊髄路が深く関わっていることから、一次運動野を中心とした大脳レベルでの制御機構が変化することで代償性筋放電が引き起こされる可能性がある。一方で、皮質脊髄路のなかでも一次運動野にその起源をもつものは40%程度であるといわれており、必ずしも一次運動野が主に関わっているかはわからない。本研究では、関節固定後に代償性筋放電を引き起こす中枢神経系に関わるメカニズムについて、一次運動野と脊髄運動ニューロンプールの興奮性から検索した。

【方法】対象は健康な男性4名であり、中足指節関節よりも近位部から大腿遠位部にかけて7日間のギプス固定を実施した。実験内容は我々が所属する研究所の倫理委員会において承認されており、実験に先立ち被験者の同意を得た。測定はギプス固定前とギプス除去後に行い、固定前を対照データとした。はじめに足関節底屈の随意最大筋力(MVC)を測定した。そしてMVCの5%で等尺性筋収縮を行わせ(5%MVC), そのときに記録した表面筋電図から二乗平均平方根(5%MVCrms)を算出した。表面筋電図はヒラメ筋より導出した。また、5%MVCの筋収縮中に経頭蓋磁気刺激(TMS)で得られた運動誘発電位(MEPs)の振幅(MEPs-amp)を計測した。TMSはMEPsをヒラメ筋から誘発するための最適部位で行い、運動閾値×1.1倍の強度とした。また、TMSと同様に、5%MVC時に膝窩部で脛骨神経を電気刺激してH波とM波を記録し、振幅を計測した。H波の振幅はM波の振幅で基準化した(H-amp)。

【結果】1)MVC:3例が固定後に低下したものの、1例では増加した。2)5%MVCrms:全例でギプス固定後に増加した。3)MEPs-amp:全例でギプス固定後に増加した。4)H-amp:3例で低下し、1例で増加した。

【考察】全ての被検者で同様の傾向を示したのは、5%MVCrmsとMEPs-ampのみであった。固定後にMVCが増加していた被験者も含めて全例が5%MVCrmsが増加しており、代償性筋放電が確認された。散見される長期身体不活動に関する研究では、随意最大筋力が低下しており、本研究の結果は7日間という短期間の関節固定に特徴的な現象であったと思われる。この時、H-ampには3例で低下していたが、MEPs-ampは全例で増加していた。これらのことから、代償性筋放電は脊髄運動ニューロンプールレベルでの促通によって生じるというよりも、一次運動野起源の皮質脊髄路における制御が有意に関与していることが示唆された。

キーワード

関節固定・筋電図・経頭蓋磁気刺激・H波・運動誘発電位

本研究の独創的な点

大脳皮質と脊髄で筋固定後の代償性放電に異なる度合いで貢献していることを明らかにした

先天性筋強直性ジストロフィー症患者における 遺伝子異常と筋病理所見に関する研究

菊池 真¹⁾,小塚直樹²⁾,館 延忠²⁾,仙石泰仁²⁾,内田英二¹⁾,武田秀勝²⁾

1) 札幌医科大学大学院保健医療学研究科

2) 札幌医科大学保健医療学部

【目的】筋強直性ジストロフィー (Myotonic dystrophy ; DM) は, 19番染色体長腕部の非翻訳領域に存在するCTGリピート数が増大する遺伝子疾患である. 臨床症状は進行性の筋萎縮と筋力低下を主症状として, CTGリピート数は臨床症状の重症度と正の相関, 発症年齢と負の相関関係にあり, 特に先天性DM (Congenital DM ; CDM) では, CTGリピート数が2000回を超える. また, 成人型DM (Adult DM ; ADM) の筋病理所見では中心核を有する筋線維がみられ, 中心核の割合とCTGリピート数は正の相関関係にあるとされる. しかしCDMに関してCTGリピート数と筋病理所見を比較した研究は少ない. そこで我々はCDMにおけるCTGリピート数と筋病理所見について比較, 検討した.

【対象と方法】CDMと診断された3名(患者A, B, C)を対象とした. 遺伝子解析に用いるDNAは筋生検により摘出した上腕二頭筋より抽出した. 抽出されたDNAの該当部位をpolymerase chain reaction (PCR) 法により増幅させ, CTGリピート数はnon-RI PCR Southern法にて測定した. 筋染色に用いる骨格筋は同上の筋から採取し, H・E染色, Gomoriトリクローム変法, NADH法, ATPase法, ミオシン重鎖染色を行い, タイプI線維とタイプII線維の比率, 中心核を有する筋線維の割合を求めた. 筋生検時の年齢は患者Aが14歳6ヶ月, 患者Bが15歳9ヶ月, 患者Cが17歳0ヶ月であった.

【結果】Non-RI PCR Southern法の結果より, CTGリピート数は患者Aで最も多く約2100回で, 患者Bで約1500回, 患者Cで約1300回であり, 筋生検時年齢の順と一致した. 筋病理所見は3例全てにおいて筋線維の大小不同と中心核を有する細胞がみられ, タイプI線維の比率が増大しており, 中心核を有する筋線維の割合は多い順に患者C, 患者B, 患者Aであった. 特に, 患者AとCにおいてタイプI線維の萎縮がみられた. 3例全てにタイプIIC線維はみられなかった.

【考察】各対象におけるCTGリピート数の増大はDMに特徴的な所見であった. 筋病理所見では, タイプIIC線維がみられなかったので, 筋線維の未成熟性はないと考えられた. また, CTGリピート数と筋線維タイプ比率や筋線維タイプ直径の間には意味ある相関が見られなかったことから, 筋線維タイプの異常は遺伝的要因の他に, 他の因子の影響を受けているものと思われた. 一方で, 筋生検時年齢が高いほど中心核を有する線維の割合が高いことから, CDMでは中心核を有する線維の割合は年齢に伴って高くなる可能性が示唆された. ADMではCTGリピート数と中心核を有する筋線維の割合は, 正の相関があるとされるが, CDMでは加齢の要素も考慮して評価, 治療を行なうことが重要であると考えられた.

キーワード

先天性筋ジストロフィー症・CTGリピート・骨格筋病理所見

本研究の独創的な点

先天性筋強直性ジストロフィー(CDM)における遺伝子異常と筋病理所見を比較検討した点

脳血管障害患者の歩行自立度と

重心の移動・保持能力の関連について

草野加奈¹⁾, 早田康一¹⁾, 武藤晶子¹⁾, 増山美有紀¹⁾, 永田光明子¹⁾
深堀愛美¹⁾, 大木田治夫¹⁾, 辻畑光宏¹⁾, 沖田 実²⁾

1) 特別医療法人春回会長崎北病院, 2) 長崎大学医学部保健学科

【はじめに】 歩行動作を円滑に営むためには、立脚中期での重心を前方へ送り出す推進力とその際の体重心の保持力が必要となる。しかし、これらの推進力や保持力は加齢に伴う様々な運動機能の衰退によって低下する。また脳血管障害（以下、CVD）患者の多くは高齢であり、疾病特有の障害像だけではなく加齢の影響も加味され、円滑な歩行動作が困難となっていると思われる。そこで今回我々は、歩行動作を想定できるとされるステップ肢位にて重心を前方移動させた際の足圧中心軌跡の移動距離と外周面積を算出し、加齢や疾病の影響を検討し、更に歩行自立度との関連について検討したので報告する。

【対象と方法】 対象は健常高齢者 10 名（以下、高齢群、平均年齢 71.3 歳）、健常若年者 10 名（以下、若年群、平均年齢 24.4 歳）、CVD 患者 40 名（平均年齢 64.9 歳）とし、CVD 患者は院内歩行監視レベル 20 名（以下、監視群）と、院内歩行自立レベル 20 名（以下、自立群）に分けた。実験課題として、各被験者には重心動揺計上で 10cm 開脚させ、片脚を半足長前方に出したステップ肢位をとらせ、これを 15 秒間保持させた後（以下、立位時）、重心をできるかぎり前方へ移動した状態を 10 秒間保持させ、元の肢位に戻らせた。左右の脚を入れ換えての合計 2 課題施行した。解析は、重心を最大に前方移動させたところから 5 秒間（以下、最大移動時）の X、Y 成分の平均値と立位時の 10 秒間の X、Y 成分の平均値の差を求め、これを X、Y 成分の最大移動距離とした。また最大移動時の外周面積についても算出した。CVD 患者の麻痺側を健常者の左側とみなした。

【結果】 Y 成分の最大移動距離：若年群は高齢群、自立群、監視群より有意に高値を示した。また、自立群と監視群は若年群、高齢群に比べ有意に低値を示し、自立群と監視群の間には有意差を認めなかった。X 成分の最大移動距離：麻痺側（健常の左側）へ重心を移動させた際には、若年群は高齢群、自立群、監視群と有意差を認めた。非麻痺側（健常の右側）へ重心を移動させた際には、若年群は自立群、監視群と有意差を認めた。また、麻痺側、非麻痺側ともに自立群と監視群の間には有意差を認めなかった。外周面積：監視群が若年群、高齢群、自立群より有意に高値を示した。しかし、若年群、高齢群、自立群のそれぞれの群間には有意差を認めなかった。これらは、麻痺側、非麻痺側ともに同様の結果であった。

【考察】 最大移動距離の結果から重心の移動能力は、加齢に伴い低下し、歩行自立度に関係なく CVD 患者では更に低下すると考えられる。一方、外周面積の結果をみると、加齢の影響はなく、CVD 患者では、監視群が自立群より有意に高値であった。すなわち監視群では、重心を前方移動させた際の X、Y 成分の入力波形が安定しておらず、これは体重心の保持が不安定なために起こっていると推察される。

キーワード

CVD 患者・ステップ肢位・重心の保持能力

本研究の独創的な点

我々は、脳血管障害患者の歩行自立度が、重心の移動能力よりむしろ保持能力に関与していることを推察した。

歩行解析からみた頸髄症の重症度判定

— 臨床症状・頸髄グルコース代謝量との比較 —

野瀬恭代¹⁾・佐々木伸一¹⁾・嶋田誠一郎¹⁾・川原英夫¹⁾
内田研造²⁾・前澤靖久²⁾・馬場久敏²⁾

- 1) 福井医科大学医学部附属病院 リハビリテーション部
2) 同 整形外科

【目的】

当院では頸髄疾患患者の頸髄のグルコース代謝量を測定し、臨床における重症度の評価にも応用可能なことを報告している。今回、頸髄症患者の歩行解析を行い、臨床症状、頸髄グルコース代謝量と比較し、重症度を反映する歩行因子を検討した。

【対象と方法】

除圧術後2年以上経過した頸髄症患者13例(平均年齢 68.0 ± 7.8 歳)を対象とした。歩行計測には3次元動作解析装置 VICON370 (OXFORD METRICS 社) を用い、8mの歩行路を裸足にて自由歩行させた。解析は VICON CLINICAL MANAGER (OXFORD METRICS 社) を用い、歩行速度、歩調、歩幅、歩隔、立脚期、単脚支持期、矢状面での股・膝関節角度を算出した。臨床における重症度の評価には、日本整形外科学会頸髄症治療判定基準(以下 JOA スコア)を用いた。Positron Emission Tomography (GE 社 Advance) にて、頸髄のグルコース標準平均摂取量(以下 SUV)を計測した。各因子の関係を統計学的に検討し、危険率5%未満を有意とした。

【結果】

1) 歩行解析: 速度 47.2 ± 14.6 m/min、歩調 99.1 ± 13.3 steps/min、歩幅 45.2 ± 10.3 cm、歩隔 24.1 ± 4.2 cm、立脚期 $64.5 \pm 2.7\%$ 、単脚支持期 $34.3 \pm 4.4\%$ であった。立脚後期の股関節伸展角度 9.0 ± 7.3 度、立脚中期の膝関節伸展角度 -4.7 ± 2.4 度、遊脚期の膝関節最大屈曲角度 48.5 ± 8.9 度であった。立脚期に膝関節の過伸展を呈するものは1例もなかった。2) 臨床重症度と頸髄グルコース代謝量: 上肢機能を除く11点満点中の JOA スコアは、 8.0 ± 1.6 点(5~10.5点)であった。下肢運動機能は4点満点中 2.6 ± 0.9 点(2~4点)で、全例平地での独歩が可能であった。SUV は 2.62 ± 0.35 mg/ml (1.70~2.95 mg/ml) であった。3) 各因子の比較: 歩行因子と JOA スコアとの関係は、速度、歩調、歩幅、遊脚期の膝関節屈曲角度は $r=0.58, 0.67, 0.61, 0.58$ で、有意な相関を示した。歩行因子と SUV の関係は、速度、歩調、歩幅、遊脚期の膝関節屈曲角度は、 $r=0.33, 0.38, 0.35, 0.27$ で、有意ではなかった。JOA スコアと SUV は、 $r=0.44$ で有意ではなかった。

【考察】

先行研究において、我々は SUV と臨床症状との関係を報告しているが、今回は統計学的に有意な関係を認めなかった。この理由として、対象者が術後であり手術による組織の侵襲、血流の変化の影響が考えられた。JOA スコアの関係は、速度、歩幅、歩調、遊脚期の膝関節屈曲角度が有意な相関を示し、重症度を反映する因子として有用となる可能性が示唆された。

キーワード

歩行解析・頸髄症・頸髄グルコース代謝量

本研究の独創的な点

VICON370 を用いて頸髄症の歩行解析を行い、JOA スコア・頸髄グルコース代謝量と比較検討した。

夜間痛を合併する肩関節周囲炎の可動域制限の特徴とX線学的検討

林 典雄(PT)¹⁾・笠井 勉(MD)²⁾・吉田 徹(MD)²⁾・見松健太郎(MD)²⁾
杉本勝正(MD)³⁾

1) 吉田整形外科リハビリテーション科

2) 吉田整形外科病院整形外科

3) 緑市民病院整形外科

【はじめに】肩関節構成体の退行変性を基盤に発症する肩関節周囲炎の中には、持続する夜間痛により著明な睡眠障害を来している症例を経験する。今回我々は、夜間痛症例における可動域制限の特徴とともにX線学的な特徴について検討したので報告する。

【対象・方法】平成13年4月より同年12月までに当院外来を受診し、石灰沈着性腱板炎及び明らかな上腕二頭筋長頭腱炎を除く43例43肩を対象とした。対象を夜間痛が全くない13肩と時々夜間痛があるが目覚めることはない5肩を非夜間痛群、毎日持続する夜間痛があり一晩に2～3回は目が覚める14肩と明らかな睡眠障害を訴える11肩を夜間痛群に分類後、(1)肩関節下垂位における外旋可動域(2)結帯動作において患側手掌部が体側レベルを0点、臀部を1点、仙骨からL4レベルを2点、L4レベル以上を3点とした時の可動範囲、(3)肩関節屈曲可動域(4)X線正面像における肩峰骨頭間距離(acromio-head-distance 以下、AHD)(5)X線正面像における臼蓋上腕骨間角度(gleno-humeral angle 以下、GHA)の5項目について比較検討した。統計学的処理にはt-testを用い有意水準は5%とした。

【結果】(1)肩関節下垂位における外旋可動域は非夜間痛群平均 $37.9 \pm 15.9^\circ$ 、夜間痛群平均 $14.6 \pm 11.8^\circ$ と夜間痛群で有意に可動範囲が小さかった($P < 0.001$)。 (2)結帯動作範囲は、夜間痛群平均 2.4 ± 0.9 点、夜間痛群平均 1.3 ± 0.9 点と夜間痛群が有意に可動範囲が小さかった($P < 0.001$)。 (3)肩関節屈曲可動域は非夜間痛群平均 $127.6 \pm 28.2^\circ$ 、夜間痛群平均 $114.6 \pm 20.2^\circ$ で両群間に有意差は無かった。 (4)AHDは、非夜間痛群平均 $8.7 \pm 2.2\text{mm}$ 、夜間痛群平均 $7.4 \pm 1.9\text{mm}$ で両群間に有意差は無かった。 (5)GHAは、非夜間痛群平均 $9.1 \pm 5.6^\circ$ 、夜間痛群平均 $19.6 \pm 5.5^\circ$ と夜間痛群が有意にその角度が大きかった($P < 0.001$)。

【考察】名越と緑川(1998)は臨床症状が肩関節周囲炎に伴う夜間痛と酷似している透析肩に対する鏡視下デブリジメントの良好な成績を報告し、その原因が肩峰下に存在する可能性を示唆した。また小西池(1999)らによる圧センサーを用いた研究報告によれば、夜間痛症例の肩峰下圧が有意に高いことから、その病態は肩峰下圧の上昇に起因するとした。今回の結果より、夜間痛群の屈曲制限は特異的なものではなく、むしろ腱板疎部を中心とした肩上方支持組織の滑動性及び伸張性を反映する肩関節下垂位外旋、結帯動作が有意に制限されていることが特徴的であった。これは肩峰下滑液包と腱板の癒着によるsubacromial gliding mechanismの破綻や上方支持組織の拘縮が肩峰下圧に上昇に関与し、夜間痛の発生に影響している可能性がある。また、X線所見では、AHDにおいては差がないものの、GHAは夜間痛群で有意に大きく、上腕骨に対し肩甲骨が過度に下方回旋位に位置していた。この肩甲骨下方回旋は、上方支持組織に加わる伸張ストレスを緩めると共に、肩峰下圧の上昇を回避するための合目的なアライメント自己調整と考察した。

キーワード

肩関節周囲炎・夜間痛・可動域制限・肩上方支持組織・臼蓋上腕骨間角度

本研究の独創的な点

夜間痛を伴った肩関節周囲炎症例におけるROM制限の特徴と、特有のX線学的所見について明らかにした。

唾液中 MHPG 計測による心理的ストレス評価と年齢・性別の影響

金井秀作¹⁾, 大塚 彰¹⁾, 沖 貞明¹⁾, 田丸政男²⁾

1) 広島県立保健福祉大学理学療法学科

2) 広島県立保健福祉大学総合教育センター

【目的】

今回、我々は心理的ストレス（以下、ストレス）軽減に対する理学療法の効果指標として、精神障害の病態変化を定量的に把握するために使用されているノルアドレナリン最終代謝物の一つである 3-methoxy-4-hydroxyphenylglycol（以下、MHPG）に着目した。この MHPG は健常者においてもストレス反応を反映する指標の一つとして考えられている。従来の MHPG の測定は血液または尿を用い、高性能液体クロマトグラフィー（以下、HPLC）による報告が多い。その対象も比較的年齢の若いうつ病患者を対象としたものが多く、年齢による影響をみたものは少ない。さらに血液や尿を指標とした計測は理学療法士等では不可能でありストレスを評価する上では現実的ではない。そこで高齢者や痴呆患者に対する理学療法のストレス軽減効果を調査する予備研究として、セミマイクロ HPLC システムを用い、唾液中 MHPG を抽出しその濃度が年齢と性別の影響を受けるか調査した。また、ドーパミン代謝物である homovanillic acid（以下、HVA）も同時に MHPG との比較のため計測した。

【方法】

使用機器として資生堂製 NANOSPACE シリーズのポンプ 2 台、高圧六方バルブ、蛍光検出器およびオートサンプラーを接続しスリーカラムスイッチングシステムを構築して用いた。またクロマトグラム処理には Shiseido-MicroChrom（資生堂製）を使用した。

対象は 21 歳から 74 歳の健常者 22 名（男性 7 名、女性 15 名）とした。決められた時刻に 10 分間リラクセスした後、ストレスをアンケート（STAI）で評価し、その後唾液を採取した。計測データの単位はすべて ng/ml とし、MHPG と HVA および年齢との相関検定、そして性別およびストレスの有無による MHPG の比較を行った。

【結果と考察】

MHPG と HVA の相関は有意となった。MHPG は前述した分野での定量的指標として使用されているがドーパミン代謝物質である HVA が計測されることは少ない。今回の結果から両者とも同じ中枢性のカテコラミンであることから HVA にもストレス指標として利用できる可能性を示唆している。また、MHPG への年齢の有意な相関は見られず性差についても有意な差は見られなかった。年齢による影響については他の報告がほとんどなく今回の結果からのみ結論付けるならば成人以降では年齢による影響は少ないと考えられる。よって MHPG サンプルを増やし正常値の範囲を求めることで MHPG によるストレス評価の対象者を性別問わず成人から高齢者まで広げることが可能であることを示している。最後に MHPG のストレスの有無による比較ではストレスが高い群の方が低い群（ストレスなしも含む）よりも高値を示した。これは他の先行研究の結果と同様であり唾液によるストレスの定量的評価が可能であることを確認できた。

キーワード

MHPG・HVA・ストレス・HPLC

本研究の独創的な点

唾液中 MHPG の年齢・性別の影響を知ることによって心理的ストレスの定量的評価に利用できることを示唆した。