

5回の最大随意伸張性収縮は週2回の低頻度でも筋力増加, 筋肥大を誘発する

○吉田 麗玖¹⁾, 笠原 一希¹⁾, 村上 優太¹⁾, 佐藤 成^{1, 2)}, 久保 雅義¹⁾, 野坂 和則³⁾, 中村 雅俊⁴⁾

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

【目的】

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

【方法】

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

【結果】

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

【考察】

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

【結語】

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

【倫理的配慮、説明と同意】

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

脊椎圧迫骨折患者の自主練習を目的とした背臥位での体幹伸展筋力強化法の検討

○窪田 航¹⁾, 堀口 怜志¹⁾, 前田 翔悟¹⁾, 井尻 朋人¹⁾, 鈴木 俊明²⁾

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

【目的】

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

【方法】

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

【結果】

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

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

【考察】

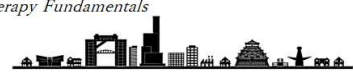
課題②③ともに多裂筋・最長筋・腸筋筋で50%MVC以上の筋活動が確認された。また、先行研究にて脊椎圧迫骨折の圧壊予防に有用であると示されている課題①に対して、課題②の最長筋にて有意に高い筋活動を認めたことから、背臥位での体幹伸展運動は脊椎圧迫骨折患者に対して有用なトレーニングであると考えられる。加えて課題③では課題②と比較し多裂筋、最長筋で有意に高値を示しており、臀部のベッドへの接地の有無によって負荷量の調整も可能であることが示唆された。

【結語】

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

【倫理的配慮、説明と同意】

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



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

○笠原 一希¹⁾, 吉田 麗玖¹⁾, 村上 優太¹⁾, 佐藤 成^{1, 2)}, 久保 雅義¹⁾, Konrad Andreas³⁾, Behm David G⁴⁾, 中村 雅俊⁵⁾

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

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

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

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

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

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

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

Iliocapsularisの加齢変化の特徴

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

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

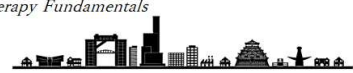
【方法】健康女性87名 (年齢21-82歳, 平均45.9±15.7歳) を対象とし, 背臥位でIC, 腸骨筋, 大腿直筋, 関節包の測定を行った。計測部位はIC, 腸骨筋, 関節包が上前腸骨棘の4cm下方, 大腿直筋が上前腸骨棘と膝蓋骨上縁の中点とし, 全ての計測は同一の検者が行った。超音波診断装置 (Supersonic Imagine社製) のBモードを使用し, 組織の大きさの指標として筋厚・関節包の厚さ, 筋質の指標として輝度を計測した。また, せん断波エラストグラフィモードを使用し, 組織の機械的特性の指標として弾性率を計測した。なお, 関節包に関しては, 厚さ・弾性率のみ計測を行っ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

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

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

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

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



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

○高林 知也^{1,2)}, 江玉 睦明^{1,2)}, 稲井 卓真³⁾, 久保 雅義^{1,2)}

- 1) 新潟医療福祉大学 運動機能医学研究所
- 2) 新潟医療福祉大学 理学療法学科
- 3) 産業技術総合研究所 ぐらら工学研究グループ

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

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

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

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

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

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

等尺性トレーニングはDMDモデルマウスの筋病変を改善する

○山内 菜緒¹⁾, 内藤 雷¹⁾, 徳田 奈央¹⁾, 木村 伊織¹⁾, 芦田 雪^{1,2)}, 青木 吉嗣³⁾, 山田 崇史¹⁾

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

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

【結語】ISOは、PGC-1 α によるmTOR経路の抑制を介したオートファジー機能の正常化ならびにミトコンドリア機能の向上により、ジストロフィン欠損筋の病態を改善することが示唆された。これらの知見は、DMD患者に対する適切な運動処方を実現するために、ISOが活用できる可能性を示すものである。【倫理的配慮、説明と同意】発表者が所属する組織の動物実験倫理委員会(承認番号: 20-084)の承認を得て実施した。

