

【学位論文審査の要旨】

Impact of loaded sit-to-stand exercises at different speeds on the physiological cost of walking in children with spastic diplegia: A single-blind randomized clinical trial, 和文名「脳性麻痺痙直型両麻痺児における速度の異なる負荷立ち上がり運動が歩行時エネルギー効率に及ぼす影響：単盲法無作為化臨床試験」について審査を行った。

本研究は、痙直型脳性麻痺児における速度の異なる負荷 STS が歩行時エネルギー効率に及ぼす影響について検討することを目的としていた。

研究背景として、脳性麻痺児はゆっくりとした動作が困難であり、健常児と比べ歩行時エネルギー効率が悪い特性を有していることを挙げている。脳性麻痺児の立ち上がり運動 (sit to stand; STS) は、健常児と比べて骨盤前傾や股関節屈曲が増加し、早期に膝伸展が起こる。先行研究では、50%1RM の運動では負荷が大きく継続が困難であり、本人の立ち上がりやすい動作速度では脳性麻痺の特徴的な動作を強化させる可能性がある。このような運動を長期間続けると腰痛や関節拘縮等の二次障害を助長する可能性がある、そのため、低負荷で効果的なトレーニングが求められている。

通常、STS では離臀までの体幹屈曲動作における前方への加速度を、離臀後の上方への加速度に変換しており、ゆっくりとした STS は任意の速度の STS と比較して、総筋活動量が高いと言われている。

本研究の設定した仮説は、脳性麻痺児へのゆっくりとした速度での負荷 STS は、任意の速度での負荷 STS より歩行時エネルギー効率を向上させるというものだった。

対象は東京、神奈川の 5 施設にて募集している。取り込み基準は 1. 男性, 2. 12 歳～18 歳, 3. 脳性麻痺痙直型両麻痺, 4. 粗大運動能力分類システムレベル I～III, 5. 1 人で立ち上がり可な者であった。除外基準は 1. 半年以内に整形外科手術やボトックス注射を受けた者, 2. 整形外科的問題のある者であった。基準を満たした 26 名の内、同意の得られた 16 名をゆっくりとした速度の立ち座り群 (低速群, 8 名) と任意の速度の立ち座り群 (任意群, 8 名) にランダムに割り付けた。本研究の研究デザインは randomized clinical trial であり、割り付けは 4 名を 1 つの組み合わせとした置換ブロック法であった。

初回測定から 6 週間、自宅にて負荷 STS を自主的に実施するよう指示している。測定項目は最大等尺性膝伸展筋力 (Nm/kg), Selective Control Assessment of the Lower Extremity (SCALE, 点), 6 分間歩行距離 (6 minutes walk distance; 6MWD, m), physiological cost index (PCI, 拍/m) とし、十分に練習した blind された評価者が実施している。SCALE は股・膝・足・距骨下関節・足趾の単関節ごとに 3 秒間の往復運動を行い、0～2 点の計 20 点で採点している。PCI は 5 分間の安静座位後、安静時心拍数 (HR) を測定し、30m の歩行路を裸足にて最大速度で 6 分間歩行し、歩行時の最大 HR と歩行速度より算出している。

STS はリュックサックに重錘を入れ行っている。椅子の高さは膝関節 90 度屈曲位となる高さとし、立ち上がりの 1 Repetition Maximum (1RM STS) を測定し、負荷量は 30%1RM としている。1RM STS は 5 分間のウォーミングアップ後、検査者によるデモを行い、快適速度

にて上肢はフリーで2回試行し、最大負荷量を測定している。負荷は体重の30%から開始し、低速群は5秒で立ち上がり5秒で着座し、任意群は任意の速度(1~2秒)に設定している。10回×4セットの運動を3~4回/週、6週間実施している。

分析の結果、6MWD は介入前後に主効果を認め、PCI は速度の違いと介入前後との間に交互作用が確認された。6MWD は低速群で介入後に有意に増加した。PCI は低速群で介入後に有意に減少していた。

低速群では介入前後で、多関節運動で筋力や持続性が求められる6MWDとPCIが改善していた。PCIの改善は、同じ心拍数で歩行距離が伸びたことを示しており、歩行時の循環機能が上がった可能性や酸素利用能が改善した可能性あるとしている。最終的に、低速群ではゆっくりとした求心性収縮、遠心性収縮を繰り返し行ったことで、下肢筋の協調性や動作時筋力が改善し、歩行時のエネルギー効率に寄与した可能性がある、と考察している。最終審査における主な質疑を以下にまとめる。

1. STSにおいて今回の実験ではリュックサックに重りを入れる方法を採用している。これに対して、先行研究では、専用のジャケットを使用しているが、専用ジャケットを使用しなかったことの原因があるか。リュックサック使用による特異な影響はないか。

この質問に対し、以下のように回答した。

先行研究で使用している専用ジャケットは一般に普及しているものではなく、今後この研究が臨床で広く応用されることを考えると、より簡便な方法で、データを収集することが必要と考え、汎用性の高いリュックサックを使用した。専用ジャケットは体幹を包むように、重錘が密着しているのに対して、リュックサック使用では負荷が体幹後方に集中するために、運動時の負荷が異なることは否定できない。リュックサック使用では体幹屈筋により負荷が大きくなる可能性があり、この点は今後さらに研究を進めたい。

2. 測定パラメータとなっているPCIは本来8字の歩行路を使用して計測するが、今回の実験ではどのような方法で計測したのか。変法を採用しているならば、それはなぜか。

この質問に対し、以下のように回答した。

physiological cost index(PCI, 拍/m) PCIはオリジナルの計測手順では、8字の歩行路を使用することになっている。しかし、8字歩行路は広いスペースを必要とするために、臨床的には直線歩行路で行うことが多い。先行研究においても直線歩行路を用いたものが多く報告されている。特に脳性麻痺関連の先行研究では直線歩行路を採用したものが多く、本研究結果を先行研究と比較検討する意味合いから直線歩行路を採用した。また今後臨床応用されることを配慮すると直線歩行路が妥当と考える。

3. 実験の途中で辞退する被験者がいるが、どのような辞退理由があったのか。

この質問に対し、以下のように回答した。

被験者は学齢児であり、兄弟がいるものも多かった。介入は自宅で自主トレーニングとして行ったが、測定は施設で行った。全ての辞退者は、被験者本人、あるいは兄弟の通学問題などで、測定日に施設へ来ていただきことが困難となり、辞退となっている。

博士学位論文審査の要旨

4. 自主トレーニングの実施率は記録しているか.

この質問に対し、以下のように回答した.

保護者に対し、トレーニングの記録をつけていただくよう依頼した. 実施記録は、測定日に確認した. 実施率は全て高いものであった.

5. 3週間後に中間評価しているが、この時負荷量を変更したか.

この質問に対し、以下のように回答した.

中間評価時に適切に負荷量を変更している. 副査より以下の意見が報告された.

副査1

本研究で示した結果は極めて臨床的であり、科学的検証が求められる理学療法領域において意義あるものと考えられた. 本論文は国際誌 *Research in Development Disabilities* に掲載されており、高く評価できる. 方法論に関する質疑に的確に回答が得られ、最終試験における口頭試問に関しても充分に対応できた.

以上のことから、審査及び最終試験は合格とし、本論文は博士学位論文として価値を有するものと判断した.

副査2

研究の限界や今後の課題も充分理解しており、さらなる研究によって理学療法臨床応用へ貢献できる可能性は大いに期待できる. 全体的に論理的な構成となっている. 質疑には的確に回答できた.

以上のことから最終審査及び最終試験は合格とする.

最終審査及び最終試験結果

本論文は脳性麻痺を対象とした介入研究という、非常に困難なテーマに挑戦し、価値ある結果を導き出している. 今後臨床的に発展性を有し、意義ある研究を考えられる.

最終審査では、質疑において研究の限界も含め、適切に回答することが出来た.

最終試験においても適切に回答できた.

副査2名からも最終審査及び最終試験は合格との報告を得ている. 以上から、*Impact of loaded sit-to-stand exercises at different speeds on the physiological cost of walking in children with spastic diplegia: A single-blind randomized clinical trial*, 和文名「脳性麻痺直型両麻痺児における速度の異なる負荷立ち上がり運動が歩行時エネルギー効率に及ぼす影響：単盲法無作為化臨床試験」は、最終審査及び最終試験は合格と判断する.