

論 文 概 要

論文題目：

A newly developed leg exercise apparatus (LEX) improves venous flow in the lower extremities

(新たに開発された床上下肢自動運動器(LEX)の下肢静脈血流改善効果に関する検討)

紹介教員：

人間総合科学研究科 疾患制御医学専攻
山崎 正志 教授

所属：

筑波大学附属病院リハビリテーション部

氏名：

清水 如代

背景

深部静脈血栓症は、長期臥床患者、担癌患者、周術期患者にとって重大な合併症であり予防が重要である。理学的予防法は、出血性合併症を伴わないため現在も広く使われており、弾性ストッキング（Graduated Compression Stockings、以下 GCS）や間欠的空気圧迫装置（Intermittent Pneumatic Compression、以下 IPC）と同様に、下肢の自動運動も同様に推奨されている。しかし、実際には周術期患者の創部痛や、意欲の面で適切な下肢自動運動は困難である。

そのため、床上で下肢自動運動を適切に行うための機器『床上下肢自動運動器 Leg Exercise Apparatus（以下、LEX）（特許第 5884099 号、運動装置、特許権者：国立大学法人筑波大学、特願 2011-174833）』を開発した。

LEX の開発

LEX 第一世代は、プラスチック製の基盤に、金属製の足部とし、足部は油圧シリンダーで連結した。足関節最大底背屈運動が可能な構造とした。

LEX 第二世代は、足関節の底背屈運動に加え、内がえし外がえしとの複合運動ができるように、Y 字のシャフトにより足台を連結する構造とした。ステンレス製の足台と足部および回転アームからなり、足関節の最大底背屈および後足部の内がえし外がえしとの足関節複合運動、膝・股関節の屈曲伸展といった下肢の複合運動を可能にした。膝屈曲位で足関節を底屈する構造とし、血栓の好発部位であるヒラメ筋の運動を促進するようにした。また、足底静脈叢を圧迫する部品を追加した。

LEX 第三世代は、第二世代にベッド柵にかけられる把手を追加し、足底静脈叢を圧迫する部品には下肢装具の手法を取り入れ、使用者による調整が可能な構造とした。

目的

LEX を使用した下肢自動運動により下肢静脈血流が改善すると仮説を立て、研究 1：既存の理学的予防法である IPC の持続装着と LEX を使用した短時間の下肢自動運動との比較、研究 2：LEX の運動法の違いによる比較、を実施し下肢静脈改善効果を検討することである。

対象と方法

【研究 1】IPC の持続装着と LEX を使用した短時間の下肢自動運動との比較

健康男性 5 名・女性 3 名（平均 23.5 歳）、下肢深部静脈血栓症の既往がなく、下肢手術の既往がない者を対象とした。研究施行前に、両下肢超音波検査を行い血栓がないことを確認した。

対象者は、安静呼吸下に約 60 分間検査用ベッド上に背臥位で休息し、大腿静脈血流が一定していることを確認した後に、研究を開始した。

LEX を使用した自動足関節運動後の超音波測定と、IPC 持続装着中の超音波測定を行った。機器は EUB 7500 (Hitachi, Tokyo, Japan)、5–13 MHz リニア型端子を使用した。

LEX 運動は、最大背屈および最大底屈をメトロノーム使用下に 60 (回/分) の速度で 1 分間行い、運動終了後 1 分、3 分、5 分、10 分時に大腿静脈の血流量、最大血流速度、平均血流速度を測定した。また IPC は SCD EXPRESS™ Compression System (Covidien, Dublin, Ireland) を 10 分間持続装着し、装着開始後 1 分、3 分、5 分、10 分時に同様に超音波測定を行った。

同じ測定を二群とも GCS 装着時と非装着時の双方で行い、対象者は各 4 条件、LEX ± GCS、IPC ± GCS 下の測定をした。測定は二名ずつのペアで行い、各測定の間は 60 分程度の休息をし、大腿静脈血流が安静レベルまで戻ったことを確認して、次の測定へと進めた。

すべてのデータは、安静時データを 1 とした安静時比で示し、統計学的評価には、二元配置反復測定分散分析を用い、事後検定として Bonferroni 法による多重比較を行った。統計ソフトは SPSS® Statistics version 20 (SPSS, Chicago, IL, USA) を用いた。

【研究 2】LEX の運動法の違いによる比較

健康男性 5 名・女性 3 名 (平均 21.6 歳) を対象とし、LEX による 1 分間運動を速い底背屈運動 (60 回/分)、遅い底背屈運動 (30 回/分)、下肢複合運動 (30 回/分) の 3 通りで行い、研究 1 と同項目を終了後 1~30 分まで測定し比較した。

結果

【研究 1】

LEX 運動終了 1 分後の血流量は、GCS 非装着時に安静時比で 2.63 倍、GCS 装着時に 2.00 倍と増加した。10 分後は GCS 非装着時に 1.71 倍、GCS 装着時に 1.50 倍であり、10 分間安静時より上昇を続けた。一方、IPC は持続装着中も安静時から変化がみられなかった。

平均血流速度に関しては、LEX 運動終了 1 分後には GCS 非装着時に 2.34 倍と上昇し、IPC 装着開始 1 分後には、0.90 と減少し、有意差を認めた ($p=0.009$)。また、IPC 装着開始 1 分後については、GCS 非装着時には 0.90 と減少したが、GCS 装着時には 1.28 と増加し、有意差を認めた ($p = 0.021$)。

【研究 2】

LEX 運動後 30 分での血流量は速い底背屈運動で 1.63 倍、遅い底背屈運動で 1.39 倍、複合運動で 1.53 倍と、いずれも 30 分間の増加を認めた。また、平均速度はそれぞれ 1.46 倍、1.06 倍、1.15 倍であった。遅い底背屈運動では他と比べて増加率が小さい傾向であった。

考察

研究 1 では、LEX を使用した 1 分間の下肢自動運動後に、大腿静脈の血流量と平均速度の増加を認め、10 分間継続した。GCS に関しては、LEX 使用時には GCS 装着時よりも非装着時に血流量、平均速度が上昇する傾向が見られたが、時間経過でこの差は軽減した。IPC 装着時には、GCS 装着時の方が上回っていた。GCS の装着の有無にかかわらず、IPC 持続装着中よりも LEX 運動後の方が 10 分間通して、血流量、平均速度ともに上回っていた。短時間 LEX を使用して運動することにより下肢血流の指標である大腿静脈血流量、血流速度が増加したこと。間欠的な LEX 使用により、下肢血流が改善し得ると考察した。

研究 2 では、運動後 30 分間血流量の増加を認めた。また同速度では、底背屈単独運動と比べて下肢複合運動において、血流量、平均血流速度ともに高い増加率であり、下肢複合運動の有用性が示された。

結論

新規に開発した『床上下肢自動運動器 (LEX)』による血流改善効果を評価した。LEX を使用した 1 分間の下肢自動運動後の大腿静脈を超音波で評価したところ、血流量と平均速度において 10 分間の改善を示し、IPC10 分間の持続装着を上回る結果であった。また、LEX の運動法による比較では、同速度の足関節底背屈運動より下肢複合運動の方が血流量、平均血流速度の増加率が上回っていた。

LEX の特色である下肢複合運動による下肢静脈血流改善効果が示され、LEX の血栓予防機器としての可能性が示唆された。