

## 科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 16 日現在

機関番号：12501

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2013～2015

課題番号：25870131

研究課題名(和文)脳卒中後の歩行障害に対する体幹・下肢近位部トレーニングの効果：ランダム化比較試験

研究課題名(英文)Efficacy of exercise of gait related proximal muscles for gait in patient with stroke.

研究代表者

倉山 太一(Kurayama, Taichi)

千葉大学・フロンティア医工学センター・特任研究員

研究者番号：10624067

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,400,000円

研究成果の概要(和文)：脳卒中患者の歩行改善には歩行量をはじめとした下肢の運動量が必須であることが知られているが、短時間で行うことのできる麻痺側体幹・下肢の選択的な高強度トレーニングも一定の効果をもっている可能性がある。本研究では健康者を対象とした計測により、「膝歩き・いざり歩行」について、その運動特性を明らかにし、介入課題としての適正を調べた。続いてそれらの課題について脳卒中患者を含めた要介護高齢者を対象として介入効果について予備的検討を行った。結果、課題の実施状況が良好で運動量が十分確保できた患者においては歩行機能の改善が認められた。ただし患者と課題の適合性についてはばらつきが大きいことが問題として挙げられた。

研究成果の概要(英文)：An importance of training of gait related proximal muscles is well known for improvement of gait abnormality in patients with stroke. We investigated an efficacy of the training of gait related proximal muscles such as kneeling-gait and scooting in long sitting position for elderly including patients with stroke. Results suggest the training was effective in people who were able to perform enough amount of exercise during trial. Further, result indicated that we should investigate training adaptability between patients and training task.

研究分野：人間医工学

キーワード：歩行 体幹

### 1. 研究開始当初の背景

脳卒中患者の歩行再建には、歩行量をはじめとした下肢の運動量が必須であることが知られているが、短時間で行うことのできる選択的な高強度トレーニングも一定の効果をもっている可能性がある。脳卒中患者において体幹・下肢近位部は、足部など遠位部と比較して障害後も機能が比較的保たれており、トレーニングによる改善効果が期待される。これまでに健常者を対象とした体幹・下肢近位部の運動特性について実績を有している (Kurayama et al, Gait&Posture 2012)。

### 2. 研究の目的

本研究では、体幹・下肢近位部機能に着目した運動課題の選定、並びに選定された運動課題の介入効果を検証する。

### 3. 研究の方法

課題選定のため脳卒中患者を対象とした“膝歩き”の運動特性についての検討、健常者を対象とした“いざり歩行”の運動特性についての検討ののち、脳卒中患者を含む要介護高齢者を対象とした効果検討を実施した。

### 4. 研究成果

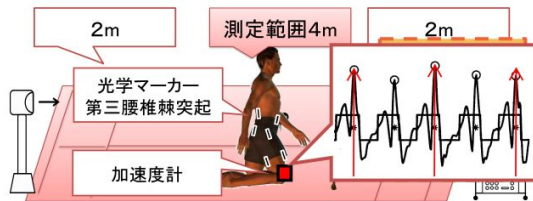
(1): 片麻痺患者における膝歩き動作の運動特性

【目的】膝立ち位での運動は、脳卒中片麻痺患者に対する理学療法として一般に用いられており、国内外の教本においても姿勢制御や、歩行の改善に効果があるとされている。一方でそれらを裏付ける医学的な根拠はなく、運動特性についても十分に検討されていない。健常者を対象とした検討によれば、膝歩き動作は、側方への重心移動増大によるバランスの保持や、前方への推進力を生み出すための体幹や骨盤の周囲筋群による代償が必要であり、健常者における膝歩きでは通常歩行と比べ、近位の歩行関連筋群の活動が高まることを明らかにした。この結果から、膝歩きは脳卒中片麻痺患者においても近位の歩行関連筋群の利用を高める介入方法として効果が期待されるため、我々は脳卒中片麻痺患者における膝歩き課題の運動特性を明らかにすることを目的に、膝歩きと通常歩行の歩行関連筋群の筋活動、重心変位等の違いを検討した。

【方法】対象は実用的な歩行能力を有し、軽い介助があれば膝歩きを実施することが可能であった男性の脳卒中片麻痺患者 16 名 (平均年齢 63.6 ± 12.3 歳、右麻痺 7 名、左麻痺 9 名、Brs4 : 11 名、Brs5 : 5 名、短下肢装具使用 11 名、杖使用 6 名) とした。課題は通常歩行と膝歩きを主観的快適速度にて、擬ランダムな順序で実施した。通常歩行は院内の歩行路を用い、膝歩きはマット

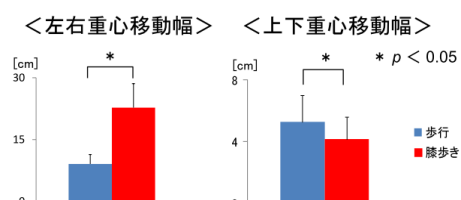
上で実施した。筋活動の測定には表面筋電図 (Trigno, DELSYS) を用い、左右の大腿直筋、大腿二頭筋長頭、大殿筋、中殿筋、脊柱起立筋、腹直筋を測定した。重心変位やステップ長、ケイデンスについては、第 3 腰椎棘突起部を重心位置 (center of mass : COM) とし、光学マーカーを貼付し、三次元動作解析装置 (Optotrak, NDI) にて計測した。解析は 20 歩行周期分の筋電図を加算平均後、root mean square (RMS) 値を算出した。また、各課題の上下・左右方向の最大重心移動幅を解析した。統計は通常歩行と膝歩き間の違いを Wilcoxon signed-rank test にて検定した。有意水準は 5% とした。解析は Matlab 2012a、統計解析には SPSS 21.0 を用いた。

- 課題: 主観的快適速度での通常歩行と膝歩き
  - ・歩行路を反復して各 20 歩行周期測定
- 計測項目
  - ・表面筋電図・加速度計 (Trigno, DELSYS)
  - ・三次元動作解析 (Optotrak, NDI)

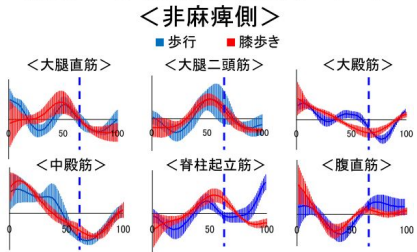


【倫理的配慮、説明と同意】本研究は倫理委員会にて承認され、全対象者に内容を説明後、文章にて同意を得ている。

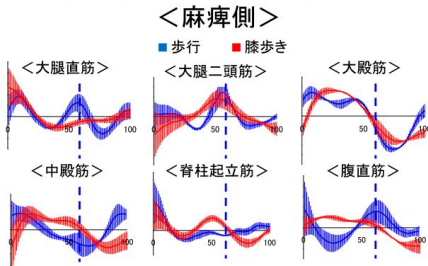
【結果】速度 ([m/min]) の平均は通常歩行 47.4 ± 14.5、膝歩きは 12.0 ± 4.9、ステップ長 ([cm]) の平均は通常歩行は非麻痺側 48.7 ± 12.1、麻痺側 45.7 ± 8.4、膝歩きは非麻痺側 13.9 ± 7.2、麻痺側 11.2 ± 5.2、ケイデンス ([steps/min]) の平均は通常歩行で 120.2 ± 29.0、膝歩きで 103.8 ± 9.3 となった。COM 左右移動幅 ([cm]) の平均は通常歩行は 9.1 ± 2.0、膝歩きは 22.7 ± 5.3、COM 上下移動幅は、通常歩行は 5.2 ± 1.5、膝歩きは 4.1 ± 1.3 となった。膝歩きと通常歩行の比較に於いては、左右への重心移動幅が有意に高値であり (p < .028) また、上下の重心移動は有意に低下した (p < .048)、またケイデンスでは有意な差はみられず、RMS については膝歩きで大腿二頭筋において有意に低下した (非麻痺側 p < .028、麻痺側 p < .046)、その他の筋においては有意な差は認められなかった。



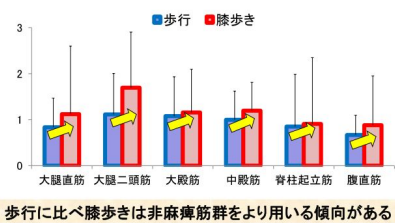
結果 一歩行周期の筋活動パターン



結果 一歩行周期の筋活動パターン



結果 筋活動量の比率  
＜非麻痺側/麻痺側＞



【考察】片麻痺患者における歩行と膝歩きの筋活動は、大腿二頭筋を除いて有意差を認めなかった。このことから片麻痺患者は快適速度の膝歩きでは快適歩行と同程度の筋活動を要すると考えられた。一方で、健常者に見られるような、膝歩き中の筋活動上昇は認められなかった。理由の一つとして、健常者では歩行に対して39%であった膝歩きの速度が、麻痺患者では25%まで低下したことが挙げられた。膝歩き課題中、患者はバランス制御に苦慮する様子が観察されたことから、膝歩きの課題難易度が健常者に比べて相対的に高いことが速度の低下に影響した可能性が推察される。本結果から片麻痺患者を対象に膝歩きを歩行関連筋群の活性化を意図した運動介入として適用する場合、十分な筋活動を得るための速度設定が必要と推察された。また脳卒中患者における膝歩きは、筋力トレーニングではなく、バランス課題として意義を有する可能性もある。

(2): 健常成人における歩行と長坐位いざり移動の下部体幹運動特性の比較

【目的】いざり移動中の下部体幹運動について歩行と比較しその運動特性を明らかに

する。

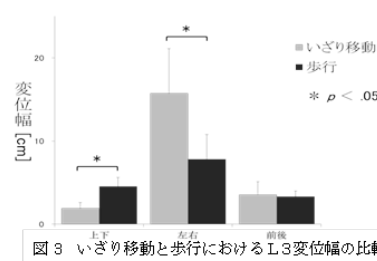
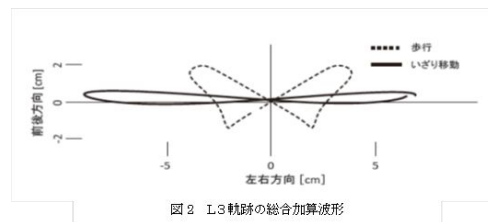
【方法】実験：健常者18名を対象とした。課題はいざり移動と歩行を快適速度で行い、加速度センサにより第3腰椎棘突起上(L3)の加速度を3次元方向で計測した。解析はL3の加速度から被験者ごとの運動軌跡を算出した後、被験者毎に前後、左右、上下方向の加算波形データを足し合わせ、平均波形(総合加算波形)を作成した。総合加算波形について3方向で課題間における相互相関分析を実施し、波形の類似度を調べ、L3の3方向の軌跡変位幅(cm)について課題間でpaired-t検定を行った。

実験：健常者14名を対象とした。いざり移動を頭部の動きが大きいパターンAと頭部の動きが小さいパターンBに分類し歩行と比較した。それぞれ圧センサを坐骨と足底に固定し、接地時間と非接地時間を計測し、基本パラメータを算出した。更に各課題中の筋活動(腹直筋、腹斜筋重層部、脊柱起立筋、腰方形筋)を表面筋電計で計測し課題間で正規検定後、反復測定による二元配置分散分析を用い、多重比較検定としてBonferroni法を実施した。

【結果】実験：L3の軌跡について、その総合加算波形は全方向にて課題間で有意な相関を認めた。L3の軌跡変位幅についてはいざり移動が歩行に比べて左右方向で有意に増大した。

表1 いざり移動と歩行における総合加算波形の相互相関係数

方向	相互相関係数	P値	95%信頼区間	
			下側	上側
上下	0.97	<0.001	0.96	0.98
軌跡	左右	0.84	0.77	0.84
	前後	0.92	0.88	0.95



【結果】実験：歩行に比べいざり移動では遊脚相で有意に筋活動が増大した。また、いざり移動 A・B 間で筋活動に有意差を認めなかった。

表3 表面筋電計の結果

RMS	歩行	いざりA		いざりB		ANOVA p value	pairwise test: p value		
		歩行	いざりA	歩行	いざりB		歩行 vs いざりA	歩行 vs いざりB	いざりA vs いざりB
立脚相									
腹直筋	4.21 ± 1.34	6.44 ± 2.7	4.11 ± 2.11	<0.001*	0.07 n.s.	0.02 n.s.	0.3 n.s.		
腹斜筋	4.58 ± 1.45	7.22 ± 2.41	7.08 ± 1.76	<0.001*	0.004*	0.01*	0.5 n.s.		
脊柱起立筋	7.38 ± 2.25	12 ± 4.3	11.88 ± 5.39	<0.001*	0.01*	0.03*	1 n.s.		
腰方形筋	6.96 ± 2.58	12 ± 4.3	11.4 ± 5.22	0.002*	0.03*	0.02*	1 n.s.		
遊脚相									
腹直筋	7.18 ± 2.82	6.06 ± 2.69	7.72 ± 4.34	0.8 n.s.	1 n.s.	2 n.s.	1 n.s.		
腹斜筋	5.30 ± 1.31	7.29 ± 3.28	9.1 ± 4.21	<0.001*	0.25 n.s.	0.06 n.s.	0.58 n.s.		
脊柱起立筋	4.32 ± 1.19	6.03 ± 1.52	9.69 ± 3.8	<0.001*	0.03*	0.06 n.s.	0.13 n.s.		
腰方形筋	4.20 ± 1.53	8.04 ± 3.38	9.07 ± 3.87	<0.001*	<0.001*	0.009*	1 n.s.		

RMS [mV]: root mean square of the EMG signal. n.s.: no significant difference. \* Statistically significant difference between the scores A・B and the normal gait (p < 0.05).

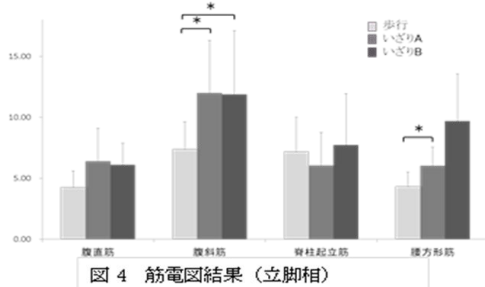


図4 筋電図結果 (立脚相)

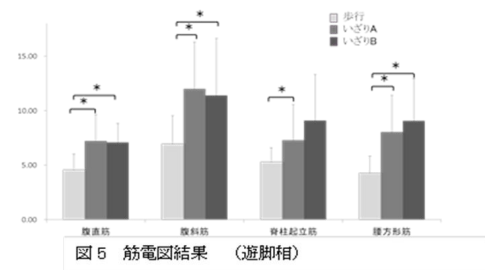


図5 筋電図結果 (遊脚相)

【結論】いざり移動は歩行と部分的に類似した下部体幹運動を再現し、左右への動きが強調された運動課題であることが示唆された。またいざり移動ではその運動パターンに関わらず、遊脚相で下部体幹筋の筋活動が有意に増加した。臨床的意義：今回、歩行と比較した長坐位いざり移動の運動特性を明らかにするために、加速度計と表面筋電計を用いて健常者を対象に検証を行った。実験の結果からはいざり移動が歩行と部分的に類似した下部体幹運動を再現しつつ、左右方向の動きが強調された運動課題であることが示唆された。実験の結果からはいざり移動の運動パターンに関わらず、歩行に比べ遊脚相で下部体幹筋(腹直筋、腹斜筋重層部、脊柱起立筋、腰方形筋)の筋活動が優位に増加した。以上のことから、いざり移動は、たとえば脳卒中片麻痺患者の歩行中の患側への体重移動の再現や、遊脚相に関わる下部体幹筋群の筋活動を賦活させる為の準備課題として可能性を有している事が示唆された。また課題の特性として、床上で安全に実施できる利点を有しており、膝や足部が不安定なために歩行練習の実施が困難であるような運動機能の比較的低い患者にも適用が可能である。このことから、

今後は健常者を対象とした、より詳細な動作解析、また脳卒中患者を対象とした介入効果について検討する意義があると考えられた。いざり移動中の長坐位姿勢について、骨盤の前後傾斜角や、股関節の内旋など下肢の動きに被験者間でばらつきがあり結果に影響を与えた事は否定できない。今後適切な姿勢の統制方法についても検討が必要と考えられた。

(3): 要介護高齢者を対象とした効果検討  
健常者を対象とした検討により kneeling-gait (膝歩き), scooting (長坐位いざり) について、体幹・下肢近位部の筋活動を効率的に、安全に動員できる課題動作として選定した。最終年度は、「長坐位いざり動作」について、脳卒中患者を対象とした予備的検討を行った。対象は通所リハビリテーション施設に通う慢性期脳卒中患者 46 名とし、歩行機能評価として TUG を介入一週間前、介入前、介入後で歩行機能と比較した結果、介入前後で有意差は認められなかった。患者を対象とした介入においては患者の身体機能のみならず、意欲などの精神的状態、集中力、円背などの変形の問題もあり統一的な課題実施が困難であることが実情であった。一部、課題の実施状況が良好な患者群は著しい改善が認められた症例も散見された。今回採用したいざり移動課題とのマッチングが良い場合は、課題の実施に伴って健常者で見られたような体幹筋の賦活が得られており、TUG 成績の改善につながったことが推察された。

## 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

- 1) Yasuhiro Tani, Yohei Otaka, Munekatsu Kudo, Taichi Kurayama, et al. Prevalence of Genu Recurvatum during Walking and Associated Knee Pain in Chronic Hemiplegic Stroke Patients: A Preliminary Survey. J Stroke Cerebrovasc Dis 25(5):1153-7. 2016 査読有
- 2) 芋川雄樹, 倉山太一, 荒木謙太郎・他 2 名. 歩行と比較した長坐位いざり移動の運動特性. 愛知県理学療法学会誌 27(1), 16-19. 2015 査読有

〔学会発表〕(計 3 件)

- 1) Samir Sangani, Taichi Kurayama, Joyce Fung. Attentional demands during treadmill walking: dynamic gait stability and associated neural correlates. International Society for Posture and Gait Research: World congress. June. 29, 2015 (Sevilla, Spain).
- 2) 後藤悠人, 倉山太一・他 7 名. 片麻痺患者における膝歩き動作の運動特性. 第 48 回全国理学療法学会大会(名古屋) 2013.5.14
- 3) 芋川雄樹, 荒木謙太郎, 金光寺康幸, 曾根祐介, 倉山太一. 歩行と比較した“いざり歩行”の運動特性. 第 32 回関東甲信越ブロック理学療法学会(千葉) 2013.11.2

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

倉山 太一 ( Kurayama Taichi )  
千葉大学フロンティア医工学センター  
特任研究員  
研究者番号 : 10624067