

題目：底屈制動短下肢装具内の踵パッドが歩行動作に及ぼす影響

保健医療学専攻・福祉援助工学分野

学籍番号：10S3025

氏名：昆 恵介

研究指導員：山本 澄子 教授，副研究指導教員：黒澤 和生教授

1. はじめに

Duncan¹⁾は、中枢神経障害者の足底踵部に刺激を入力すると、神経生理学的作用として、背屈反射が誘発されるとしている。その後の研究においても脳卒中片麻痺(以下、片麻痺)者に対しての踵部刺激が、背屈筋活動を賦活化するなどの効果について、筋電図解析による穂山²⁾らなどの文献が散見される。

一方で片麻痺者に対し、足底装具や短下肢装具(Ankle Foot Orthosis:以下 AFO)内に踵パッドを貼付することで姿勢や歩行動作³⁾に影響を及ぼすなど運動力学的観点からの報告も散見される。しかしながら、神経生理学的側面と運動力学的側面の両面から、踵パッドが片麻痺歩行動作にどのように影響を与えているのか包括的に検討している研究がないのが現状である。

本研究では片麻痺者を対象にAFO内の踵パッドが、歩行動作中にどのような影響を及ぼしているのか神経生理学的側面および運動力学的側面の両面から包括的に検証することを目的とした。

2. 方法

対象者は独歩可能な下肢ブルストロームステージIVの慢性期脳卒中片麻痺者14名(男性:9名,女性:5名)とした。対象者の年齢は59±10歳であった。装具初期角度と制動力を変更できる底屈制動AFOを用いて、対象者に合わせて調整し、3ヶ月間の試用期間を設けた後に研究を開始した。

研究デザインはシングルシステムデザインのA-B-A法とし、ベースラインとして、実験開始後1ヶ月間には底屈制動AFOを使用した。次に踵部への圧入力による影響をみるために、図1のように装具足底表面踵部に硬度60度の3mm厚のゴム製の踵パッドを貼りつけた底屈制動AFOを装着し、1ヶ月間使用した。最後に踵パッドを外し、底屈制動AFOのみを1ヶ月間使用した。

神経生理学的評価には、筋電計測機器を用いて、ヒラメ筋(以下SO)、前脛骨筋(以下TA)の立脚初期(ヒールロッカー期間:初期接地から足底接地まで)と遊脚初期のEMGを採取し、ARV(整流化平均値)を評価パラメータに用いた。また短母指外転筋に電極を貼付し、誘発筋電図検査機器を用いて、歩行5分間中の麻痺側正中神経F波の出現頻度(以下F-wave)を算出し、評価パラメータに用いた。なおF-waveは下肢(踵)への刺激が大脳皮質を介して、上肢(短母指外転筋)に作用することから、中枢神経系を経由する長潜時反射⁴⁾を評価するものである。



図1 パッド設置箇所

運動力学的評価には、三次元動作解析システムを用いて、麻痺側ヒールロッカー期間の足底圧中心(COP)の停滞率と足関節背屈方向モーメント(DFM:Dorsiflexion Moment)の最大値を求めた。また麻痺側および非麻痺側の鉛直方向身体合成重心(COG-Z)最大値を用いた。

各評価パラメータはベースラインの平均値と標準偏差から、踵パッド介入後のデータを標準化した。これによって対象者間の影響や、評価パラメータ間の単位の相違を無効化し、ベースラインに対する相対的増加率をみる事が可能となる。統計学的解析には、標準化した数値を利用して、Friedman testを実施した。また各評価パラメータ間の相関関係をみるために無相関の検定を実施した。

3. 倫理上の配慮

本研究は、国際医療福祉大学倫理審査委員会承認(承認番号10-43)された。実験に当たって全対象者と実験スタッフに説明と同意を得てから開始した。

4. 結果

表1はAFO内に踵パッドを貼付したことによって評価パラメータに及ぼした効果をまとめた表であり、ベースラインを

基準として、踵パッドがどのように評価パラメータを増減させたのか影響を示したものである。結果として、踵パッドは神経学的評価パラメータである F-wave と SO の筋活動を減少させ、TA を増加させる効果をもたらした。DFM などの運動力学的評価パラメータを増加させる効果を示唆した。

表 2 は各評価パラメータ間の相関関係を示してある。結果として、COP が踵に停滞すると、DFM は上昇し、麻痺側と非麻痺側の COG-Z を上昇させた。また非麻痺側 COG-Z の上昇は F-wave を減少させ、麻痺側 TA の EMG は上昇し、SO は減少していた。

評価パラメータ	影響	検定結果							
非麻痺側COG-Z	4.9 %	**							
麻痺側COG-Z	4.0 %	**							
F-wave	△ 27.0 %	**							
SO遊脚相EMG	△ 35.0 %	**							
SOヒールロッカーEMG	△ 29.0 %	**							
TA遊脚相EMG	72.0 %	**							
TAヒールロッカーEMG	74.0 %	**							
DFM	52.0 %	*							
COP停滞率	23.0 %	**							
	非麻痺側 COG-Z	麻痺側 COG-Z	F-wave	SO遊脚相 EMG	SOヒール ロッカー EMG	TA遊脚相 EMG	TAヒール ロッカー EMG	DFM	COP停滞 率
非麻痺側COG-Z	-	0.717	△ 0.575	△ 0.385	△ 0.487	0.226	0.748	0.438	0.397
麻痺側COG-Z	**	-	△ 0.476	△ 0.313	△ 0.455	0.227	0.560	0.636	0.562
F-wave	**	**	-	0.453	0.292	△ 0.317	△ 0.677	△ 0.140	△ 0.187
SO遊脚相EMG	**	*	**	-	0.407	△ 0.457	△ 0.454	△ 0.382	△ 0.355
SOヒールロッカーEMG	**	**	*	**	-	△ 0.547	△ 0.428	△ 0.506	△ 0.559
TA遊脚相EMG	**	**	*	**	**	-	0.281	0.268	0.304
TAヒールロッカーEMG	**	**	**	**	**	*	-	0.344	0.341
DFM	**	**	**	**	**	*	*	-	0.617
COP停滞率	**	**	**	**	**	*	*	**	-

5. 考察

AFO に貼布した踵パッドは、歩行中のヒールロッカー期間に COP を踵に留め、DFM 増加効果を生じさせた。これは、COP 停滞が地面から受ける床反力作用線と足関節中心との距離を維持した結果と考えた。また DFM の増加は麻痺側の COG-Z を上昇させた。これは麻痺側ヒールロッカー期間に DFM が大きいことで、踵を支点とした麻痺側下肢の前方回転が生じる作用が麻痺側 COG-Z を上昇させたものと考えた。

正常歩行における COG-Z の最大値は、一般的に立脚中期にピークを迎え、左右対称となる。しかし片麻痺歩行の多くが、麻痺側の支持性の低下などにより、麻痺側 COG-Z の最大値が非麻痺側に比較して低く、非対称となる。そのため、麻痺側立脚相における低い COG-Z から、非麻痺側の高い COG-Z に移行する際には、非麻痺側による過剰な支持や伸び上がりなどによる歩行を余儀なくされる。

しかし踵パッドにより、麻痺側 COG-Z 最大値を上昇させたことは、COG-Z の左右差が減少することになり、非麻痺側立脚相の伸び上がりや支持性が少なくてすむといえる。現に春名⁴⁾らは、片麻痺歩行における非麻痺側の支持性に着目し、底屈制動 AFO の装着前後の比較を筋電図を用いて評価を行っている。結果として底屈制動 AFO 装着後のほうが、装着前と比較して非麻痺側の筋の同時収縮が減少し、非麻痺側の支持性が低下したと報告している。実際に F-wave が非麻痺側 COG-Z の上昇に伴って減少しているのは、非麻痺側の COG-Z の上昇に際して、下肢による過剰な支持による伸び上がり歩行を改善できたためといえる。

また、F-wave 減少に伴って、麻痺側 TA の増加と麻痺側 SO の減少がみられるのは、過剰な下肢荷重肢位がなくても非麻痺側 COG-Z の最大値を迎えることができたため、中枢神経系に対して抑制が働いたと考えられる。したがって踵パッドは副次的に中枢神経活動を抑制し、特に抗重力筋である SO の EMG 減少効果を引き起こし、相対的に TA の EMG 増加に寄与したと考えられる。

6. 結語

踵パッドは足底 COP を踵部に停滞させ、背屈モーメント増大とともに、COG を上昇させる効果を生じさせた。COG 上昇は、下肢荷重肢位を減少させることから中枢神経活動を抑制し、結果的に末梢神経系である足関節背屈筋群の活動を賦活化させる効果があることを明らかにした。

7. 引用文献

- 1) Duncan.W. Tonic reflexes of the foot , their orthopeadic signacnce in normal children and in children with cerebral palsy. J Bone 1961;Joint Surg-A(5) :859-868
- 2) 穂山富太郎, 川口幸義 HeelGaitCast 療法,整形外科MOOK 1981;20:141-154
- 3) 中野克己, 松崎洋人, 小川雄司ら. 短下肢装具の足底圧操作による歩行能力改善の試み. 理学療法学 2008;35:387
- 4) Noth J. Long-loop reflexes in small hand muscles studied in normal subjects and in patients with Huntington's disease. Brain 1985;10:65-80
- 5) 春名弘一, 杉原俊一, 昆恵介ら. 脳卒中片麻痺者における Gait Solution 使用時の非麻痺側運動制御変化. 日本義肢装具学会誌 2011;27(4):232-239