

題目：聴覚リズム刺激が下腿切断者の歩行に及ぼす影響

保健医療福祉学専攻・福祉支援工学分野・福祉支援工学領域

学籍番号：16U1646 氏名：柴田 晃希

指導教員：山本 澄子教授

キーワード：下腿切断者 聴覚リズム刺激 歩行分析

1. 研究の背景と目的

下腿切断者の歩行は、義足足部の力源、機能の不足を患側の残存機能や健側などで補うことで起こる左右肢の非対称な運動が特徴である。臨床場面では、下腿切断者の歩行改善を目的に手拍子、メトロノームなどのペーシング音（リズム）に合わせて歩くことを練習課題とする、聴覚リズム刺激（以下 RAS）が行われる。RAS はリズムに歩行の運動周期を同調させることで、歩行パターンの改善を促すことを目的としている。RAS による歩行変化は観察により即時的に確認でき、対象者は「歩きやすい」と評価する。下腿切断者を対象にした RAS の研究において、RAS と自由歩行を比較した研究はなく、客観的データが示されていない。そのため、臨床場面で RAS を下腿切断者の歩行練習に用いる根拠も明確でない。本研究の目的は、下腿切断者に対する RAS について、歩行観察により評価している歩行変化について客観的データから明らかにすることである。そして、RAS による歩行変化はどのような身体運動によるものかについて、運動学および運動力学的観点から検討することとした。

2. 方法

対象者は下腿義足を装着しての歩行に日常生活上の制限がない 13 名（男性 9 名、女性 4 名）の片側下腿切断者、対照群として左右肢の対称性に問題のない若年健常者 15 名（男性 12 名、女性 3 名）とした。計測は自由歩行と RAS の 2 条件とした。自由歩行の計測ではいつも通り歩くことを、RAS の計測ではペーシング音のリズムに合わせて歩くことを口頭で指示した。ペーシング音には電子メトロノームを用い、そのテンポは各対象者の自由歩行のケージンスの値とした。本研究では以下の課題について検討した。

課題 1. 聴覚リズム刺激が歩行速度、エネルギー能率と時間因子に及ぼす影響：ペーシング音のリズムに歩行が同調した時期で、なおかつ定常歩行の計測が行える課題を行った。分析項目は RAS が片麻痺患者、パーキンソン患者の歩行に及ぼす影響について調べた研究¹²⁾および下腿切断者に対して RAS を行った臨床経験から決定した。① 歩行速度とエネルギー能率の算出を目的に 1 周 100m の歩行路を 3 分間歩行する課題を行った。計測機器は心拍計を用い、エネルギー能率は Physiological cost index (以下 PCI) で検討した。② 時間因子の算出を目的に直線 50m の歩行路を歩行する課題を行った。計測機器はフットスイッチを用い、単脚支持期と両脚支持期の割合の算出と、その対称性を Symmetry index (以下 SI) で検討した。歩行速度、PCI、時間因子の SI を自由歩行と RAS で比較した。有意差検定には対応のある t 検定を行った。単脚支持期と両脚支持期のそれぞれの割合について、健側と患側（健常者では左右側）、歩行条件を 2 元配置分散分析で比較した。全ての有意水準は 5% とした。

課題 2. 聴覚リズム刺激が下腿切断者の歩行に及ぼす影響についての運動学的、運動力学的検証：下腿切断者を対象に三次元動作解析を用いた歩行分析を行った。分析項目は課題 1 の結果から明らかとなった歩行変化の要因となる身体運動について運動学的、運動力学的データから検討した。計測機器は Vicon MX に床反力計 6 枚を同期させた三次元動作解析システムを用いた。得られたデータから健側と患側、歩行条件を 2 元配置分散分析で比較し、交互作用がみられた場合には単純主効果検定を行った。全ての有意水準は 5% とした。

3. 倫理上の配慮

本研究は国際医療福祉大学倫理委員会で承認（承認番号 14-Ig-12）された。本研究に参加した全ての対象者には、研究の目的や方法を事前に口頭、および紙面で説明し、同意を得てから開始した。

4. 結果

課題 1 の結果から、健常者、下腿切断者ともに自由歩行に比べて RAS で歩行速度が増加した。ペーシング音のテンポは自由歩行のケーデンスの値であることから、ストライドが増加したことがわかった。下腿切断者の時間因子の割合と SI の結果から、RAS で両脚支持期の割合の対称性が向上した。課題 1 では歩幅の計測が出来ないため、課題 2 の三次元動作解析にて RAS により増加した歩幅の特徴と、歩幅を変化させた身体運動について分析を行った。結果、RAS による歩幅の増加は健側歩幅（健側が踏み出した距離）に比べて患側歩幅（患側が踏み出した距離）で大きく、歩幅の対称性は低下した。歩幅に影響する骨盤と下肢関節の角度に変化がみられず、立脚期の足関節最大底屈モーメントの増加がみられた。推進力を示す床反力前方成分最大値は両側で増加した。腕の振りは RAS で一歩行周期の肘関節屈伸角度範囲が増加した。また上腕骨外側上顆に貼付したマーカーの肩関節伸展時における最大速度が患側で増加した。すなわち、RAS により患側の腕の振りが大きく、速くなった。

5. 考察

下腿切断者では RAS により主に患側歩幅が増加することで、歩行速度が増加する。歩幅の増加には、立脚終期において足関節まわりの筋活動の身体を推進させ、踏み出した脚を前方に運ぶ機能が関与している。義足足部は歩行に対して受動的に機能し、その力源、機能は健側の足関節、足部機能と比較して不足している³⁾。RAS により患側の足関節最大底屈モーメントと床反力前方成分最大値が増加した。しかし健側歩幅を患側歩幅と同量に増加させるには不足していたことが、RAS により歩幅の対称性が低下した要因と考える。Selles ら⁴⁾は下腿義足の質量変化に対して筋活動などの運動力学的な要素で対応し、関節角度、ケーデンスなどの運動学的な変化を最小限にする「Kinematic invariance strategy」を提言している。本研究の結果、RAS により運動学的な変化を最小限にし、運動力学的な要素で対応したことは上記理論を支持する結果となった。また RAS で患側の腕の振りが大きく速くなることがわかった。健常者では意識的に腕の振りを大きくすることで歩幅・歩行速度が増加する⁵⁾。RAS による歩行速度の増加で、歩行における義足足部の機能、力源の不足の割合が増加することが考えられる。患側の腕の振りの変化にて、その不足を間接的に補ったと考える。臨床場面での観察による歩行分析では、RAS で変化した下腿切断者の歩行速度、歩幅、腕の振りを客観的に評価していることが示唆された。

本研究では RAS が下腿切断者の歩行に及ぼす即時的効果について検討した。今後は長期的な練習効果の検討を行い、下腿切断者に適切とされる RAS の手法を構築することが課題である。

6. 結語

下腿切断者に対する RAS の影響は主に患側歩幅の増加により、歩行速度が増加することである。今回、RAS による下腿切断者の歩行変化について客観的データを示せたことは、臨床場面における下腿切断者に対する RAS の根拠の一助となると考える。

7. 引用文献

- 1) McIntosh GC, Brown SH, Rice RR, et al. Rhythmic auditory-motor facilitation of gait patterns in patients with Parkinson's disease. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1997; 62(1): 22-26
- 2) Prassas S, Thaut MH, McIntosh G, et al. Effect of auditory rhythmic cuing on gait kinematic parameters of stroke patients. *Gait and Posture*. 1997; 6(3): 218-223
- 3) 大橋正洋,江原義弘,高橋茂.足部の選択 いわゆるエネルギー蓄積型足部の性能比較総合リハビリテーション.1995;23(11):951-957
- 4) Selles RW, Bussmann JB, Klip LM, et al. Adaptations to mass perturbations in transtibial amputees: Kinetic or kinematic invariance?. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 2004; 85: 2046-2052
- 5) Nakakubo S. Does arm swing emphasized deliberately increase the trunk stability during walking in the wlderly adults? *Gait and Posture*, 2014;40: 516-520.