

糖尿病性末梢神経障害合併 2 型糖尿病患者に対する音刺激を用いた運動指導が歩行機能と足圧に与える効果

鈴木啓介 (PT)¹⁾, 遠藤太祐 (PT)²⁾, 新津雅也 (PT)³⁾, 加茂智彦 (PT)⁴⁾, 大武 聖 (PT)¹⁾, 黒澤和生 (PT)¹⁾

1) 国際医療福祉大学小田原保健医療学部理学療法学科

2) 国際医療福祉大学熱海病院リハビリテーション部

3) 磐田市立総合病院リハビリテーション技術科

4) 日本保健医療大学保健医療学部理学療法学科

キーワード：糖尿病性末梢神経障害, 筋同時収縮, 歩行動揺性

はじめに

糖尿病性末梢神経障害 (diabetic peripheral neuropathy : 以下, DPN) は糖尿病合併症の中でも多くの患者に見られる症状であり, 日本では全糖尿病患者のうち約 35.8% が罹患している¹⁾。また, DPN 合併 2 型糖尿病患者は歩行中の動揺性が大きく²⁾, 転倒の要因となっていることや, 歩行中の足圧上昇により足潰瘍発症の 1 要因となっていることから³⁾, 歩行機能を改善させることが転倒や足潰瘍予防に繋がるため重要な課題となっている。

DPN 合併 2 型糖尿病患者の歩行機能が低下している原因として, 歩行中の前脛骨筋の活動遅延や下腿三頭筋の早期活動などによる下腿筋の同時収縮の増加が報告されている⁴⁾。筆者らは DPN 合併 2 型糖尿病患者に対して音刺激を用いた運動指導を行い, 歩行中の下腿筋同時収縮の改善について明らかにした⁵⁾。また, 音刺激は側頭葉の第一聴覚野と呼ばれるリズム中枢を刺激することで運動を引き込み, リズミカルな周期運動を可能にすることが報告されており⁶⁾, 中枢性疾患や健常者に対する歩行機能の改善が報告されている。以上のことから音刺激を用いた運動指導によって DPN 合併 2 型糖尿病患者の歩行機能を改善させる可能性が高いと考えられる。

そこで本研究は DPN 合併 2 型糖尿病患者の歩行中の歩行機能と足圧に対する音刺激を用いた運動指導の効果について明らかにすることを目的とした。

方 法

1. 対象

本研究の対象者は糖尿病教育入院 (2 週間プログラム) した DPN 合併 2 型糖尿病患者とし, 除外基準に該当しなかった 47 名を解析対象とした。対象者は乱数表を用いて無作為に音刺激群 25 名と Control 群 22 名に割り付けを行った。除外基準は整形外科の治療が必要な者, 中枢神経疾患既往のある者, 重篤な糖尿病性網膜症・腎症

のある者, 重篤な心疾患のある者, 足部に疼痛がある者とした。なお DPN の診断は専門医師が実施した。

本研究は, 国際医療福祉大学の倫理委員会の承認を得て実施した (承認番号 17-A-94)。

2. 介入プロトコル

両群には運動強度や頻度に関する指導, 歩行指導, レジスタンス運動指導, 低血糖・足部潰瘍予防指導, ライフスタイル指導, 歩数計を用いたセルフモニタリング指導などの標準的な運動指導を理学療法士が行った。音刺激群は電子メトロノーム (ME-55BE, YAMAHA) を渡し, 自己選択したテンポによる音刺激を用いた歩行を実施した。なお, 歩行のテンポの初期設定は 1 分間の自己快適速度より算出し, その後は対象者が自由に操作できるようにした。また歩行運動は両群ともに毎日毎食後 20 分間実施した。

3. 評価指標

歩行評価は介入前後に自己快適速度による 10 m 歩行テストを実施し, 歩行速度, 下腿筋の同時収縮, 歩行の動揺性, 足圧を測定した。なお, 下腿筋の同時収縮, 歩行の動揺性は 10 m 歩行中の安定した 3 歩を解析対象とした。

下腿筋の同時収縮の測定には表面筋電計 (TS-EMG01, ATR-Promotions) を用い, 対象筋を前脛骨筋, ヒラメ筋とした (サンプリング周波数 1,000 Hz, バンドパスフィルター 20-500 Hz)。指標として Co-contraction Index (以下, CCI) を算出した。

歩行の動揺性の測定には 3 軸加速度計 (TSND121, ATR-Promotions) を用い, 第 3 腰椎棘突起部に貼付した (サンプリング周波数 200 Hz)。評価指標として側方, 垂直, 前後, 各軸合計の root mean square (以下, RMS) を算出した。なお, RMS は速度の 2 乗倍で除し, 補正した値を用いた。

足圧の測定には足底圧分布計測システム (footscan Advanced system : RSscan) を用い, 2 m 測定プレートを 10 m 歩行路の中央に配置した (サンプリング周波数 500 Hz)。指標は最大足底圧とし, 第 1 指, 第 1 中足骨, 第 5 中足骨, 内側踵, 外側踵の 5 領域から算出した。データは左右 1 歩ずつのデータから平均値を算出した。

その他, 患者の基礎情報はカルテ上から収集し, 介入期間中の歩数は歩数計 (PD635, TANITA) を用いて測定を行った。

統計学解析は各指標の介入前後の比較に対応のある t 検定を実施した。群間の比較には介入前後の変化量に対して年齢, 性別, 体重, 糖尿病罹患年数, 介入中の歩数を共変量とした共分散分析を実施した。すべての統計学的分析の有意水準は危険率 5% とした。

結 果

対象者の基本属性については 2 群間で有意差を認めなかった (表 1)。音刺激群では介入後に CCI, 側方・垂

表 1 対象の基本属性

	音刺激群 (n=25)	Control 群 (n=22)
年齢 (歳)	61 ± 8	61 ± 11
性別 (男性 / 女性 : 人)	15/10	11/11
身長 (cm)	162.5 ± 7.9	159.4 ± 9.8
体重 (kg)	65.6 ± 22.3	67.0 ± 16.2
BMI (kg/m ²)	24.4 ± 5.8	26.02 ± 3.9
糖尿病歴 (年)	7.9 ± 10.2	9.9 ± 9.1
振動覚 (秒)	8.4 ± 2.7	8.8 ± 2.6
痺れの自覚症状 (人)	6(24%)	4(18%)
アキレス腱反射減弱・消失 (人)	18(72%)	15(68%)
HbA1c (%)	11.5 ± 2.1	10.8 ± 2.0

平均値 ± 標準偏差. 性別, 痺れの自覚症状, アキレス腱反射の減弱・消失, については人数と割合を示した.

表 2 各群の介入前後の比較

	音刺激群 (n=25)		コントロール群 (n=22)	
	介入前	介入後	介入前	介入後
CCI (%)	48.58 ± 11.53	41.85 ± 10.00*	45.94 ± 8.94	44.76 ± 8.51
歩行速度 (m/sec)	1.24 ± 0.17	1.39 ± 0.20*	1.20 ± 0.19	1.29 ± 0.23*
RMS (m/sec ²)				
側方	0.69 ± 0.35	0.53 ± 0.29*	0.81 ± 0.45	0.75 ± 0.44
垂直	1.45 ± 0.26	1.32 ± 0.25*	1.50 ± 0.24	1.43 ± 0.28
前後	1.01 ± 0.38	0.82 ± 0.26*	1.04 ± 0.37	1.00 ± 0.42
各軸合計	3.16 ± 0.89	2.68 ± 0.68*	3.36 ± 0.98	3.19 ± 1.05*
最大足底圧 (N/cm ²)				
第 1 指	24.05 ± 17.21	35.09 ± 24.31*	30.16 ± 16.97	34.14 ± 18.56
第 1 中足骨	28.51 ± 23.92	33.90 ± 25.92	32.36 ± 27.70	33.01 ± 20.75
第 5 中足骨	21.41 ± 16.64	16.64 ± 10.49	27.26 ± 25.54	24.09 ± 25.78
内側踵	51.21 ± 30.79	63.98 ± 41.57*	70.51 ± 39.84	73.38 ± 37.68
外側踵	46.69 ± 26.43	59.59 ± 34.84*	64.70 ± 32.40	67.81 ± 32.64

平均値 ± 標準偏差. CCI: Co-contraction Index. RMS: root mean square. *p<0.05 : 介入前 VS 介入後

直・前後・各軸合計の RMS が有意に低下した。また、歩行速度、最大足底圧の第 1 指、内側踵、外側踵で有意な増加を認めた。一方、コントロール群では各軸合計の RMS が有意に低下し、歩行速度の有意な増加を認めた。介入前後の変化量の群間比較ではコントロール群に比べ音刺激群で CCI、前後・各軸合計の RMS の有意な低下を認めた。最大足底圧に関しては 2 群間で有意差を認めなかった。

考 察

本研究の結果より、音刺激を用いた運動指導は通常の運動指導よりも下腿筋同時収縮ならびに歩行の動揺性の低下が認められ、最大足底圧には有意差を認めなかった。先行研究より周期的な聴覚刺激は運動を引き込み、リズムカルで安定した運動を可能にすることが報告され

ている⁶⁾。本研究でも音刺激により下腿の主動筋と拮抗筋の活動タイミングが修正されたことにより、歩行の動揺性が減少したことが考えられる。また、DPN 合併 2 型糖尿病患者を対象に歩行機能の改善を検討した先行研究では 8 週間のバランス運動⁷⁾や、週 3 回以上 12 週間の中程度有酸素運動⁸⁾など長期に渡るものが多いが、本研究では 1 ~ 2 週間という短期間で歩行機能の改善を示唆した。これは限られた時間の中で治療を行う理学療法士にとって今後の DPN の歩行治療に対して有意義な介入方法であると考えられる。

しかし、音刺激群では介入後に第 1 指と踵の足圧の上昇を認めた。これは歩行機能の改善に伴い、ターミナルスタンス時の蹴り出し力の増加や、歩行速度の上昇に伴う踵部への衝突の増加が要因として考えられる。以上のことから末梢動脈疾患や足関節の背屈制限など足潰瘍の

表 3 共変量による調整後各項目における変化量の群間比較

	音刺激群 (n=25)	コントロール群 (n=22)
CCI (%)	-6.49 ± 1.33*	-1.04 ± 1.50
歩行速度 (m/sec)	0.16 ± 0.03	0.08 ± 0.03
RMS (m/sec ²)		
側方	-0.14 ± 0.03	-0.06 ± 0.04
垂直	-0.12 ± 0.03	-0.08 ± 0.03
前後	-0.17 ± 0.03*	-0.01 ± 0.04
各軸合計	-0.50 ± 0.10*	-0.09 ± 0.11
最大足底圧 (N/cm ²)		
第 1 指	9.77 ± 2.82	3.60 ± 3.07
第 1 中足骨	4.34 ± 3.35	0.23 ± 3.74
第 5 中足骨	-6.38 ± 3.18	1.02 ± 3.56
内側踵	10.25 ± 3.25	3.25 ± 4.37
外側踵	11.59 ± 4.08	2.58 ± 4.57

平均値 ± 標準偏差. CCI: Co-contraction Index. RMS: root mean square.

*p<0.05 : 音刺激群 VS コントロール群

リスクが高い者への適応は慎重に行う必要があり、負荷量設定など介入方法に更なる検討が必要である。

文 献

- 1) 佐藤 謙, 馬場正之, 他: 糖尿病神経障害の発症頻度と臨床診断におけるアキレス腱反射の意義—東北地方 15,000 人の実態調査—. 糖尿病. 2007; 50(11): 799-806.
- 2) 鈴木啓介, 廣岡 卓, 他: 糖尿病性末梢神経障害患者の歩行における身体動揺性の特徴と感覚機能との関係. 理学療法. 2017; 34(1): 85-91.
- 3) Andrews KL, Houdek MT, *et al.*: Wound management of chronic diabetic foot ulcers: from the basics to regenerative medicine. Prosthet Orthot Int. 2015; 39(1): 29-39.
- 4) Kwon OY, Minor SD, *et al.*: Comparison of muscle activity during walking in subjects with and without diabetic neuropathy. Gait Posture. 2003; 18(1): 105-113.
- 5) Suzuki K, Hirooka T, *et al.*: Effect of exercise with rhythmic auditory stimulation on lower limb muscle co-contraction and gait stability in patients with diabetic peripheral neuropathy. 22th International Meeting of Physical Therapy Science, Korea, 2017.
- 6) Bornschlegl M, Fahle, *et al.*: The role of movement

synchronization with an auditory signal in producing prism adaptation. Perception. 2012; 41(8): 950-962.

- 7) Song C, Petrofsky J, *et al.*: Effects of an exercise program on balance and trunk proprioception in older adults with diabetic neuropathies. Diabetes Technol Ther. 2011; 13(8): 803-811.
- 8) Morrison S, Colberg SR, *et al.*: Exercise improves gait, reaction time and postural stability in older adults with type 2 diabetes and neuropathy. J Diabetes Complications. 2014; 28(5): 715-722.

発表実績

学会発表

- 1) Keisuke Suzuki, Taku Hirooka, Masaya Nitsu, Satoshi Otake, Yusuke Nishida: Effect of exercise with rhythmic auditory stimulation on lower limb muscle co-contraction and gait stability in patients with diabetic peripheral neuropathy. 22th International Meeting of Physical Therapy Science, Korea. 2017 July 15.
- 2) 鈴木啓介, 新津雅也, 遠藤太祐, 加茂智彦, 齋藤孝義, 大武 聖, 黒澤和生: 2型糖尿病患者の歩行機能における加齢的变化. 第 61 回日本糖尿病学会年次学術集会, 東京. 2018 年 5 月 26 日.