■ 症例研究

慢性腰痛者に対する有酸素運動前後の疼痛閾値の変化

Changes in Pressure Pain Threshold after Aerobic Exercise for Patients with Chronic Low Back Pain

尾方 太亮¹⁾ 高野 吉朗²⁾ 松瀬 博夫³⁾

DAISUKE OGATA, RPT, MS¹⁾, YOSHIO TAKANO, RPT, PhD²⁾, HIROO MATSUSE, MD, PhD³⁾

¹⁾ Department of Rehabilitation, Yanagawa Rehabilitation Hospital: 113-2 Kamimiyamaguchi, Yanagawa-shi, Fukuoka 832-0058, Japan TEL +81 944-72-0001 E-mail: 18s1035@yuhw.ac.jp

²⁾ Department of Physical Therapy, School of Health Sciences at Fukuoka, International University of Health and Welfare

³⁾ Division of Rehabilitation, Kurume University Hospital

Rigakuryoho Kagaku 36(4): 653-656, 2021. Submitted Feb. 19, 2021. Accepted Apr. 19, 2021.

ABSTRACT: [Purpose] To examine changes in pressure pain threshold (PPT) in patients with chronic low back pain after long-term low-intensity aerobic exercise. [Participants and Methods] The participants were 8 patients with low back pain persisting for 12 months or longer. Their PPT values were measured in 7 body parts, including the low back and upper/lower limbs, and low back pain assessment using a visual analogue scale (VAS) was conducted at 3 times: before, after, and 8 weeks after intervention. During the intervention period, the participants performed bicycle ergometer exercise twice a week for 8 weeks, a total of 16 times. [Results] On comparing PPT values before and after intervention, significant improvements in all PPT values and low back VAS scores were observed. Measurement at 8 weeks after intervention revealed significant improvements in PPT values from 4 body parts, including the upper and lower limbs. [Conclusion] Regular low-intensity bicycle ergometer exercise effectively reduced low back pain by improving PPT.

Key words: chronic low back pain, pressure pain threshold, aerobic exercise

要旨:〔目的〕慢性腰痛者に対し長期間の低強度有酸素運動を実施し、疼痛閾値（PPT）の運動前後の変化を検証すること。〔対象と方法〕対象は腰痛が12ヵ月以上ある慢性腰痛者8名とした。測定方法は、腰部と上下肢など身体部位7ヵ所のPPTと、腰部のVisual Analogue Scale（VAS）を介入前・介入後・介入後8週目の合計3回測定した。運動介入内容は、自転車エルゴメーター運動を週2回・8週間の合計16回実施した。〔結果〕介入前後で比較した結果、全てのPPTと腰部のVASが有意に向上していた。介入後8週目の測定では、介入前と比較し、上下肢など4ヵ所のPPTで有意な向上が認められた。〔結語〕定期的な自転車エルゴメーターでの低強度の運動は、慢性腰痛者のPPT向上に伴い、腰痛の軽減が認められた。

キーワード: 慢性腰痛, 疼痛閾値, 有酸素運動

¹⁾ 柳川リハビリテーション病院 リハビリテーション部: 福岡県柳川市上宮永町113-2 (〒832-0058) TEL 0944-72-0001

²⁾ 国際医療福祉大学 福岡保健医療学部 理学療法学科

³⁾ 久留米大学病院 リハビリテーション部

I. はじめに

厚生労働省の平成30年度「国民生活基礎調査」によると、わが国における腰痛の有訴者は男性1位、女性2位と国民の代表的な愁訴となっている。また、業務上疾病発生状況等調査では、4日以上休業しなければならない災害性腰痛が全体の60%を占めている^{1,2)}。このように、腰痛は日常生活に支障をきたす社会的な問題となっている。

近年、疼痛に関する研究は多く報告され、疼痛慢性化メカニズムが明らかになっている。疼痛の慢性化・重篤化には、疼痛を伝えるニューロンの過敏化、すなわち、感作が関与することが明らかになっている³⁾。感作とは、正常な入力に対する侵害受容ニューロンの亢進した反応性、および通常閾値以下の入力に対して反応する状態と定義されており、末梢性と中枢性に分類される^{4,5)}。この感作の評価方法には、疼痛閾値 (pressure pain threshold: 以下、PPT) 検査が多く用いられている。PPTとは、圧力による機械的刺激に対する疼痛の閾値であり、圧痛計により測定でき、圧痛閾値が低いほど敏感、すなわち感作の状態であると考えられている³⁾。Giesbrechtら⁶⁾は、慢性腰痛患者30名、健常者30名を対象に合計6カ所のPPTを測定した結果、慢性腰痛者は健常者に比べPPTが低く、腰部のみでなく下腿三頭筋や手指などの腰痛と無関係な部位のPPTも低下することを報告している。このように慢性疼痛者の患部から離れた部位のPPT低下は、神経解剖学的に末梢性感作では説明し難く、中枢性感作の関与が考えられる⁷⁾。

2012年に発表された腰痛診療ガイドラインでは、慢性腰痛に対する運動療法の効果を否定する論文はなく、慢性腰痛に対する保存的治療の一つとして運動療法が強く推奨されている⁸⁾。特に、有酸素運動は、内因性オピオイド系や下行性疼痛抑制系の活性化により鎮痛作用が働き、運動後にPPTの改善に影響することが報告されている⁹⁾。城ら¹⁰⁾は、低強度の15分間のエルゴメーター運動を行い、運動とは直接関係のない上腕二頭筋のPPTを測定した結果、運動後15分後までしか増加したPPTが持続しなかったことを報告している。これは、単発的な介入では運動効果が短時間に留まると考えられる。そのため、有酸素運動期間を継続することで、向上したPPTが維持され、腰痛の改善につながると推測される。

先行研究において、慢性腰痛に対する有酸素運動単体のエビデンスは少なく、効果的な運動の頻度や期間、強度に対する報告は見当たらない⁸⁾。

したがって、本研究の目的は、慢性腰痛者に対し、長期間の低強度有酸素運動を実施し、腰部と腰部以外のPPT、腰部の視覚的アナログスケール (Visual Analogue Scale: 以下、VAS) を経時的に検証することとした。

II. 対象と方法

1. 対象

対象は、柳川リハビリテーション病院でポスター掲示にて募集を行い、集まった12ヵ月以上症状が持続している慢性腰痛者9名とした。9名中、うち1名は運動介入期間中に研究とは別の理由で継続困難となったため、8名 (男性4名、女性4名、26.5 ± 3.2歳: 平均 ± 標準偏差) を分析対象とした。対象者の属性は、合併症や神経症状、既往歴がない施設の就業者とした。

全ての対象者に本研究における説明を行い、書面による同意を得たうえで実施した。本研究は、国際医療福祉大学の承認 (承認番号: 18-Ifh-061) を得て実施した。

2. 方法

PPT検査は、簡便に行える自覚的な疼痛閾値測定機器 (Wagner Force One™, WAGNER INSTRUMENTS 社製)¹¹⁾ を使用して1年以上経過している3年目の理学療法士1名で測定を行った。測定は、運動介入前 (以下、0週目)・介入後 (以下、8週目)・介入後8週目 (以下、16週目) の合計3回実施した。測定部位は先行研究を参考に、1) 左下腿三頭筋、2) 左肩甲骨上角と脊柱の中点、3) 脊柱とヤコビー線の交点、4) 左第2指の爪、5) 左第2中手骨、6) 左第1背側骨間筋、7) 左第1足趾の爪の合計7カ所とした^{6,12)}。測定方法は、測定部位に対して、疼痛閾値測定機器を垂直方向に圧を加え、対象者は疼痛を感じた際に口頭で「はい」と意思表示を行った。PPTは7カ所を各2回測定し、平均値を用いた。各部位の1回目、2回目の測定間隔時間は1分とした。測定肢位は、1) から3) は腹臥位、4) から7) は座位にて測定した。測定単位はbf/cm²、圧力速度は0.1 lb/sとした¹³⁾。測定開始前は、背臥位にて15分安静を取った。介入後の測定は、運動終了後1週間以内に測定した。本研究における自覚的な疼痛とは、被験者が圧痛を受け疼痛を感じる、または不快に感じる状態とした。また、PPT測定は、先行研究によりICC(1,2) = 0.93–0.97と高い信頼性を得ており¹⁴⁾、検者は測定値が安定するまで練習を重ね、本研究の測定を行った。腰痛の程度は、疼痛強度評価法のVASを用いて評価を行った。

有酸素運動内容は、Boothら¹⁵⁾を参考に設定した。運動は自転車エルゴメーターを用い、頻度は週2回を8週間の合計16回、運動強度は低強度Borg指数8–10とした。運動プロトコルは、ウォーミングアップ10Wの負荷で5分、低強度の負荷で20分、クールダウン10Wの負荷で5分の合計30分間とした。

統計解析は、0週目、8週目、16週目で測定した7カ所各PPTとVASに対し、反復測定一元配置分散分析を用いて行った。統計検定としてFriedmanの検定を用い、有意差を認めた場合は、事後検定としてBonferroni法

によって有意水準を調整した Wilcoxon 符号付順位和検定を行った。有意水準は 5% とした。統計ソフトは SPSS ver.22 (IBM 社製) を使用した。

III. 結 果

介入前後と介入後 8 週目の PPT, VAS の変化を表 1 に示した。介入前後で比較した結果、PPT すべての測定部位において、介入後に有意な増加が認められた。介入前と介入後 8 週目を比較した結果、下腿三頭筋 3.5 bf/cm² から 5.95 bf/cm² ($p < 0.05$)、左肩甲骨上角と脊柱の中点 4.63 bf/cm² から 6.7 bf/cm² ($p < 0.05$)、左第 1 背側骨間筋 2.14 bf/cm² から 5.62 bf/cm² ($p < 0.05$)、左第 1 足趾の爪 3.24 bf/cm² から 8.21 bf/cm² ($p < 0.05$) において、介入後 8 週目で有意な向上が認められた。脊柱とヤコビー線の交点、左第 2 指の爪、左第 2 中手骨には有意差を認めなかった。介入後と介入後 8 週目を比較した結果、すべての部位において有意差は認められなかった。VAS は介入後のみ有意差を認めた。

IV. 考 察

本研究では、慢性腰痛者に対して 8 週間 (1 回 30 分、週 2 回、合計 16 回) の低強度有酸素運動を実施し、0 週目・8 週目・16 週目の合計 3 回の測定にて PPT と腰部の VAS の変化検証を行った。その結果、8 週間の低強度有酸素運動を行うことで、腰部痛と患部から離れた複数部位の PPT が向上し、その後も 8 週間維持することが明らかになった。

Kosek ら¹⁶⁾ は、変形性股関節症や膝関節症患者の三角筋や大腿四頭筋の PPT が、健常者より低いことを報告している。これは、慢性腰痛者のみでなく変形性膝関節症などの慢性疼痛疾患を有する者は、中枢性感作により患部以外の PPT が低下し、末梢部位へ疼痛感受性が増大していると推測される。このように、感作の状態は

慢性疼痛の一要因と考えられるため、疼痛を軽減するためには疼痛感受性の増加を改善する必要がある。

有酸素運動は理学療法場面において多く用いられ、簡便な治療の一つである。また、下行性疼痛抑制系の賦活を促進することも示唆されている¹⁷⁾。運動による鎮痛メカニズムとして、内因性オピオイドの放出、脊髄侵害受容抑制メカニズムの活性化が生じ、下垂体および視床下部からの β -エンドルフィンの放出を引き起こし、 μ -オピオイド受容体を末梢および中枢で活性化することによって、鎮痛作用を可能にすると知られている⁹⁾。

そこで本研究では、慢性腰痛者に対し、低強度の有酸素運動を 8 週間行うことで腰部または腰部以外の PPT が向上すると仮説を立てた。さらに介入直後は PPT が向上しやすいことが予測されたため、持続効果を検証するため、運動期間終了後 8 週後にも測定を行った。

8 週目の PPT 測定では、7 ヲ所すべてに有意差を認め、仮説を支持する結果となった。VAS も有意に低下していたことから、定期的な有酸素運動¹⁸⁾により全身的に鎮痛作用が生じ、腰痛が軽減されたと推測される。先行研究の運動強度は中等度であったが、低強度の負荷量であっても鎮痛作用が生じる可能性が示された。2018 年の慢性疼痛治療ガイドラインでは、慢性腰痛に対して、有酸素運動、筋力増強訓練、ストレッチングなどの一般的な運動は、治療群と比べ、疼痛軽減、機能改善効果、quality of life (QOL) の改善効果があることを示しているが、運動方式によっては腰痛が発生する場合も報告されている¹⁹⁾。本研究では、低強度の自転車エルゴメーター運動を行い、すべての被験者に腰痛の軽減が確認された。

次に、16 週目評価の PPT の持続効果について考察する。城ら¹⁰⁾ は、慢性頸肩痛有訴者に対して、低負荷の自転車エルゴメーター運動を行い、時間的荷重 (temporal summation: 以下、TS) の測定を行った。TS とは、侵害刺激が繰り返されると疼痛が次第に増強される反応のことであり、中枢性感作の間接的評価である。

表 1 PPT, VAS の変化

	介入前 (0 週目)	介入後 (8 週目)	介入後 8 週間 (16 週目)
左下腿三頭筋 (bf/cm ²)	3.50 (2.22-7.79)	5.72 (4.06-10.92) *	5.95 (4.51-11.23) †
左肩甲骨上角と脊柱の中点 (bf/cm ²)	4.63 (1.40-13.75)	6.26 (4.65-15.43) *	6.70 (5.06-14.20) †
脊柱とヤコビー線の交点 (bf/cm ²)	3.75 (2.02-5.07)	6.36 (4.04-11.29) *	6.91 (2.57-12.84)
左第 2 指爪 (bf/cm ²)	3.05 (1.54-5.29)	6.78 (3.28-9.30) *	7.21 (2.97-11.00)
左第 2 中手骨 (bf/cm ²)	2.02 (0.85-3.81)	5.60 (3.53-8.42) *	5.78 (2.85-7.34)
左第 1 背側骨間筋 (bf/cm ²)	2.14 (0.98-4.46)	5.44 (2.91-8.83) *	5.62 (3.48-7.70) †
左第 1 足趾爪 (bf/cm ²)	3.24 (1.59-5.56)	8.66 (3.16-10.89) *	8.21 (3.47-9.54) †
VAS (mm)	52 (23-85)	23 (7-38) *	20 (8-77)

中央値 (最小 - 最大)。PPT: 疼痛閾値, VAS: Visual Analog Scale. *: 0~8 週目に有意差あり, †: 0~16 週目に有意差あり。

この研究では、週3回行った群は2週間の運動継続にてTSの減衰を認め、週2回の群は3週間の継続にて減衰を認めたと報告している。さらに、8週間の運動にて疼痛過敏の抑制が働く報告¹⁰⁾はあるが、この研究はマウスが対象であるため、人に対する有効性は不明である。本研究の運動前と運動後8週目を比較したPPT結果より、下腿三頭筋、左肩甲骨上角と脊柱の midpoint、左第1背側骨間筋、左第1足趾の4カ所に有意差が認められた。この結果はPPTの向上が上肢から下肢まで含んでいるため、運動終了後の8週間も広範囲に鎮痛効果を持続したことが考えられる。しかし、脊柱とヤコビー線の交点、左第2指の爪、左第2中手骨の3カ所は有意差を認めなかったため、各部位での変化の違いについてはさらなる研究が必要である。

本研究の限界を述べる。まず、対象者が8名と少なくシングルアーム研究である。測定部位は過去の先行研究を参考に実施した。本研究の結果を踏まえ、今後はコントロール群や症例数を増やし、測定部位の信頼性も含め検討が必要である。また、多角的な評価を行い、PPTと心理社会的因子の関連性を検討していきたい。最後に、運動強度においても、低強度から高強度において有効である強度を明らかにすることで、慢性腰痛者の疼痛改善につながると考えられる。

利益相反 本研究に開示すべき利益相反はない。

謝辞 本研究の一部は、日本学術振興会科学研究費補助事業(19K11392)の補助を受け実施した。

引用文献

- 1) 厚生労働省：国民生活基礎調査。 <http://www.mhlw.go.jp/toukei/list/20-21kekka.html> (閲覧日2019年10月20日)。
- 2) 厚生労働省：安全衛生関係統計等一覧。業務上疾病発生状況等調査。 <http://www.mhlw.go.jp/bunya/roudoukijun/anzeneisei11/> (閲覧日2019年10月20日)。
- 3) 徳岡宏文，新庄勝浩，小幡英章：運動器慢性疼痛における末梢(性)感作と中枢(性)感作。新薬と臨床，2018，67：1030-1042。
- 4) 日本ペインクリニック学会：国際疼痛学会 痛み用語2011年版リスト(日本ペインクリニック学会用語委員会翻訳)。 https://www.jspc.gr.jp/Contents/public/pdf/yogo_itami2011.pdf (閲覧日2019年10月20日)。
- 5) 庄本康治：エビデンスから身につける物理療法。羊土社，東京，2017，pp22-42。
- 6) Giesbrecht RJ, Battié MC: A comparison of pressure pain detection thresholds in people with chronic low back pain and volunteers without pain. *Phys Ther*, 2005, 85: 1085-1092.
- 7) Fingleton C, Smart K, Moloney N, et al.: Pain sensitization in people with knee osteoarthritis: a systematic review and meta-analysis. *Osteoarthritis Cartilage*, 2015, 23: 1043-1056.
- 8) 日本整形外科学会，日本腰痛学会(監修)：腰痛診療ガイドライン2012。日本整形外科学会診療ガイドライン委員会，腰痛診療ガイドライン策定委員会(編)，南江堂，東京，2012。
- 9) Nijs J, Kosek E, Van Oosterwijck J, et al.: Dysfunctional endogenous analgesia during exercise in patients with chronic pain: to exercise or not to exercise? *Pain Physician*, 2012, 15: ES205-ES213.
- 10) 城由起子，松原貴子：運動療法による疼痛修飾機能への影響。 *Pain Res*, 2017, 32: 246-251.
- 11) Geisser ME, Gracely RH, Giesecke T, et al.: The association between experimental and clinical pain measures among persons with fibromyalgia and chronic fatigue syndrome. *Eur J Pain*, 2007, 11: 202-207.
- 12) 日本線維筋痛症学会(編)：線維筋痛症診療ガイドライン。日本医事新報社，東京，2013。
- 13) Aoyagi K, He J, Nicol AL, et al.: A subgroup of chronic low back pain patients with central sensitization. *Clin J Pain*, 2019, 35: 869-879.
- 14) Mutlu EK, Ozdincler AR: Reliability and responsiveness of algometry for measuring pressure pain threshold in patients with knee osteoarthritis. *J Phys Ther Sci*, 2015, 27: 1961-1965.
- 15) Booth J, Moseley GL, Schiltenswolf M, et al.: Exercise for chronic musculoskeletal pain: a biopsychosocial approach. *Musculoskeletal Care*, 2017, 15: 413-421.
- 16) Kosek E, Roos EM, Ageberg E, et al.: Increased pain sensitivity but normal function of exercise induced analgesia in hip and knee osteoarthritis—treatment effects of neuromuscular exercise and total joint replacement. *Osteoarthritis Cartilage*, 2013, 21: 1299-1307.
- 17) Stagg NJ, Mata HP, Ibrahim MM, et al.: Regular exercise reverses sensory hypersensitivity in a rat neuropathic pain model: role of endogenous opioids. *Anesthesiology*, 2011, 114: 940-948.
- 18) 下 和弘：疼痛管理のための運動療法。PTジャーナル，2018，52: 619-626。
- 19) 厚生労働行政推進調査事業費補助金慢性の痛み政策研究事業「慢性の痛み診療教育の基盤となるシステム構築に関する研究」研究班(監修)：慢性疼痛治療ガイドライン。慢性疼痛治療ガイドライン作成ワーキンググループ(編)，真興交易医書出版部，東京，2018。