

肉離れ損傷者におけるパルス磁気刺激装置を利用した支配神経伝導速度の評価

鴻崎 香里奈

目 次

要約	1
背景	2
方法	3
結果	6
考察	7
結論	9
謝辞	9
参考文献	10
図表	11

肉離れ損傷者におけるパルス磁気刺激装置を利用した支配神経伝導速度の評価

鴻崎香里奈¹、中里浩一¹、水野増彦¹、米地徹¹、肥後勇介¹、久保慶東¹、平沼憲治¹

¹ 日本体育大学

要約

肉離れ損傷はスポーツ現場において幅広い年齢層で頻発することが知られており、問題点として長期的な筋力低下や再受傷が報告されているが、その明確な要因は未だ完全に解明されていない。肉離れ損傷の大半は筋の伸張性収縮(ECCs)によって引き起こされる。ECCsとは、収縮している筋が伸張されながら張力を発揮する運動であり、スポーツ現場でECCsが見られる場面として、スタートダッシュやカッティング動作時の繰り返し動作が挙げられる。最近、ECCsは筋の損傷に加えて支配神経の損傷を誘発することが報告されている。本研究では肉離れ損傷既往者の支配神経伝導速度(NCV)や潜時を解析し、神経の損傷範囲を検討することとした。【方法】ハムストリングス及び大腿四頭筋の肉離れ損傷既往者31名(ハムストリングス:26名、大腿四頭筋:5名)に対して、8の字コイルを用いてパルス磁気刺激(1.6T～1.8T)を測定対象となる神経へ負荷した。その後、各筋より筋電波形を導出し、刺激によって得られた近位潜時(PL)と遠位潜時(DL)及びNCVの分析を実施した。【結果】ハムストリングス肉離れ損傷者におけるNCVは、健側よりも約18%有意に低下していた。さらにPLは健側よりも14%、DLは11%遅延していた($p < 0.05$)。またNCVの低下は受傷後日数に関わらず全症例で低下していた。一方の大腿四頭筋肉離れ損傷既往者においても、5名全員のNCVは低下していた($p < 0.05$)。【結論】肉離れ損傷既往者の支配神経機能は低下していた。また潜時の結果より、損傷は神経全体に及んでいる可能性がある。

代表者所属: 日本体育大学

背景

スポーツ医学分野において、肉離れ損傷は頻繁に発生し、再受傷しやすい損傷であると考えられている。中でもラグビー、アメリカンフットボール、陸上短距離で数多くの報告がされており(Feeley, Kennelly et al. 2008)、特にハムストリングス(大腿二頭筋、半腱様筋、半膜様筋)や大腿四頭筋は肉離れ損傷の好発部位であることが知られている。その要因として、股関節と膝関節を跨ぐ二関節筋であるということや、ハムストリングスに関しては2つの神経支配を受けていることなどが言われている(Opar, Williams et al. 2012)。肉離れ損傷の特徴的な症状として、筋力低下や運動時に見られる違和感、再受傷が挙げられる。しかしながら、その病態及び再発原因の全容は未だに解明されていない。

肉離れ損傷の受傷機転の大半は、急激なダッシュや切り返し動作時に生じた、筋の伸張性収縮運動(ECCs)に起因する。ECCsは高い発揮筋力を特徴とするが、一方では収縮時の関節角速度や筋長の増加に伴い、発揮筋力の低下や筋痛の出現も見受けられる。とりわけ、過度なECCsを実施すると筋力低下や関節可動域制限、筋痛を引き起こすという報告が動物やヒトを対象とした研究によってされている(Ochi, Hirose et al. 2010, Muthalib, Lee et al. 2011)。最近我々は動物モデルを用いた実験において、関節角速度の速いECCs(180deg/s)をラットの下腿三頭筋に実施すると、その支配神経である坐骨神経の伝導速度が、非ECCs側に対して21%低下することを報告した(Lee, Kouzaki et al. 2014)。一方でこの現象は、関節角速度の遅いECCs(30deg/s)を実施した群では見られなかった。この結果より、過度なECCsは筋だけでなく、その収縮運動を支配する神経の機能低下を誘発する可能性が示唆された。

肉離れ損傷の既往がある場合、競技復帰後であっても「違和感」や「力が入りにくい」などの症状を訴える競技者も少なくない。また、肉離れ損傷の最大の特徴は、受傷を繰り返しやすいということである。肉離れ損傷の特徴や定義方法、競技復帰までのリハビリテーションの方法を検討している研究は散見されるが、神経の機能や神経－筋の関係性を調査している研究は見られない。我々は、損傷後の違和感や再受傷を引き起こし易い要因には、支配神経の損傷が関与するのではないかと仮説を立てた。

一般的に、神経機能の評価には神経伝導機能検査が用いられているが(Trojaborg 1976, Colak, Bamac et al. 2009)、電気刺激を用いた方法では、針電極による侵襲的な介入や、表面電極であっても刺激強度の増大に伴い対象者が不快感を感じるといった問題がある。一方、パルス磁気刺激装置は身体の深層を

走行するような神経を、非侵襲的かつ疼痛を誘発することなく刺激が可能な装置である。実際に、梨状筋症候群を伴った被験者に対して、パルス磁気刺激装置を用いて坐骨神経の神経伝導速度(NCV)測定を、実施している先行研究も見受けられる(Chang, Shieh et al. 2006)。

本研究では、パルス磁気刺激を用いた非侵襲的な伝導機能評価法を確立し、肉離れ損傷既往者の支配神経 NCV や潜時を解析し、神経の損傷範囲を検討することとした。

方法

対象

対象者は、大腿部に肉離れ損傷の既往がある大学競技選手 31 名であり、ハムストリングスに既往のある選手が 26 名、大腿四頭筋に既往のある選手が 5 名であった。対象者の身体特性と競技種目は表 1 及び表 2 に示す。またハムストリングス肉離れ損傷既往者においては、損傷から本測定を実施するまでの経過期間を調査している。対象者には事前に口頭及び書面で十分な説明を行い、同意を得てから実施した。尚、本研究は日本体育大学倫理委員会の承認の基に実施した(承認番号:009-G003)。

筋柔軟性

ハムストリングス及び大腿四頭筋の柔軟性の評価として、下肢伸展挙上テスト(SLR)と踵臀間距離(HBD)を測定した。SLR テストは主にハムストリングスの柔軟性を評価する指標である。仰臥位で膝関節を伸展した状態から、股関節を他動的に屈曲させ、その最大屈曲角度を東大式ゴニオメーターで測定した。HBD は主に大腿四頭筋の柔軟性を評価する指標であり、腹臥位で膝を他動的に屈曲させた際の、踵から臀部までの距離をメジャーで計測した。いずれの測定も、全て同一検者が実施した。

支配神経機能の評価

対象とする神経は、ハムストリングスへ分岐する坐骨神経と、大腿四頭筋へ分岐する大腿神経とした。NCVは刺激によって神経内で誘発された活動電位が、神経を伝導する速度であり、筋の収縮によって得られた波形が立ち上がるまでの時間(近位潜時:PL、遠位潜時:DL)と、測定区間の距離から計算することが可能である(図 1)。坐骨神経は腰仙部より分岐し、臀部を通過してハムストリングスへ至る。一方、大腿神経は腰部より分岐し、前面に出て鼠径部を通過した後、大腿四頭筋へ至る。坐骨神経の NCV の場合腰仙部-臀部間、大腿神経の NCV の場合は腰部-鼠径部間を測定した。また、潜時は各刺激点から刺激を行い、筋収縮によって導出された筋電図波形(M 波)を分析した。磁気刺激装置はマグスティム 200(マグスティム社製)を使用し、1.6T～1.8T の刺激強度で実施した。電極は、ディスプレイ電極を用いて筋の最大膨隆部に記録電極、停止腱に参照電極、膝蓋骨にアースを張り付けて、M 波を導出した。

肉離れ損傷部位の MRI 撮像

ハムストリングス肉離れ損傷既往者に対して、0.3TのMRI(AIRIS II、日立メディコ社製)を用いてSTIR法で撮像を行い、高信号領域の有無を確認した。撮像肢位は冠状面及び水平面とした。尚、画像は整形外科ドクターの読影により評価した。

統計分析

全ての数値は平均値±標準偏差値で表した。坐骨神経及び大腿神経の機能(NCV、潜時)、筋柔軟性はそれぞれ非損傷側と損傷側で比較し、ウィルコクソンの符号順位検定を用いた。また、ハムストリングスの肉離れ損傷既往者においては神経機能と筋柔軟性、MRI、経過期間を調査するため、スピアマンズの相関分析を行った。いずれも有意水準は5%未満とした。

結果

筋柔軟性

ハムストリングス及び大腿四頭筋の柔軟性は、非損傷側と損傷側間で関節角度や踵臀間距離に、有意な差は見られなかった。

支配神経機能の評価

坐骨神経及び大腿神経の NCV は、全症例において非損傷側よりも損傷側で有意に低下していた(坐骨神経:非損傷側;75.6.±14.1m/s、損傷側;62.5±15.6m/s、大腿神経:非損傷側;46.9±m/s、損傷側;26.6m/s、 $p < 0.05$)。さらに NCV の低下は全症例で観察された(図 2、図 3)。ハムストリングス損傷既往者の PL 及び DL も、非損傷側と比較して損傷側で有意に遅延していた(PL:非損傷側;5.68±1.75ms、損傷側;6.49±2.05、DL:非損傷側;3.12±1.42、損傷側 3.43±9.42ms、 $p < 0.05$)(表 3)。

MRI

ハムストリングス損傷既往者 26 名中、10 名(38%)で高信号領域を確認した。しかしながら、高信号領域の見られなかった群と見られた群で NCV の低下率に有意な差は認められなかった。

相関分析(神経機能と筋柔軟性、MRI、経過期間)

ハムストリングス肉離れ損傷既往者の坐骨神経機能と、その他の変数間で有意な相関関係は認められなかった。しかし、坐骨神経の NCV の低下は損傷から長期間(最長で5年)経過した症例においても、回復していなかった。

考察

本研究では、肉離れ損傷既往者における損傷筋の支配神経に焦点を当てて評価を実施した。

まず、ハムストリングス肉離れ損傷既往者のNCVは、全症例で有意に低下していた。さらにハムストリングス肉離れ損傷既往者においては、PLとDLも有意に遅延していた。一般的にNCVや潜時の測定は、神経障害を伴うような疾患の神経機能を評価するために用いる手段である(Kaplan 1976, Chang, Shieh et al. 2006)。損傷によって神経の機能低下が生じた場合、その程度によってNCVが低下したり、あるいは寸断される(Seddon 1942)。先行研究において(Chang, Shieh et al. 2006)、梨状筋症候群による坐骨神経障害(圧痛や伸展時痛)を伴った被験者の患側の坐骨神経のNCVは、19%低下していたことが報告されている。一方、本測定結果では損傷側のNCVは非損傷側よりも18%低下しており、ハムストリングス肉離れ損傷者においても坐骨神経の機能障害を示唆する結果を得られた。

同様に、大腿四頭筋の肉離れ損傷既往者のNCVも全症例で低下しており、ハムストリングス肉離れ損傷既往者と同様、神経機能の低下を示唆する結果であった。従って本測定によって、肉離れ損傷既往者においてもNCVの機能低下が生じていたことを確認できた。

また興味深いことに、坐骨神経のNCVの低下は、競技復帰を果たし長期間(最長で5年)経過しても、回復していなかった。先行研究でも(Lee, Kouzaki et al. 2014)、NCVの低下は筋損傷の指標よりも遅延して生じていたと報告されている。従って我々は、期間が経過してもNCVが低下した状態であったのは、神経機能が完全に回復する前に、競技活動を再開してしまっていた可能性を考えている。

本研究では、肉離れ損傷既往者を横断的に評価し、筋だけでなく支配神経の機能低下も誘発されていたという現象を確認した。また磁気刺激装置を用いた測定は、先行研究と類似した数値を

確認できており、非侵襲的な深部刺激が可能であった。

今後は実際に神経の機能低下が筋内で反映されているか見極める必要がある。さらに症例数の追加と同時に各対象者を縦断的に測定し、NCV の変化やその他の指標(筋力、柔軟性、可動域、画像所見等)を追跡する必要がある。

結論

ハムストリングス及び大腿四頭筋の肉離れ損傷既往者の支配神経機能は低下していた。またハムストリングス肉離れ損傷既往者における潜時の結果より、損傷は神経全体に及んでいる可能性があり、さらに長期間が経過しても非損傷側と同じレベルまで回復していなかった。

謝辞

本研究は上月財団スポーツ研究助成事業の援助のもと行われました。ご支援を賜りました一般財団法人上月財団に深い感謝の意を表します。

参考文献

- Chang, C. W., et al. (2006). "Measurement of motor nerve conduction velocity of the sciatic nerve in patients with piriformis syndrome: a magnetic stimulation study." Arch Phys Med Rehabil 87(10): 1371-1375.
- Colak, T., et al. (2009). "Nerve conduction studies of the axillary, musculocutaneous and radial nerves in elite ice hockey players." J Sports Med Phys Fitness 49(2): 224-231.
- Feeley, B. T., et al. (2008). "Epidemiology of National Football League training camp injuries from 1998 to 2007." Am J Sports Med 36(8): 1597-1603.
- Kaplan, P. E. (1976). "Sensory and motor residual latency measurements in healthy patients and patients with neuropathy-part 1." J Neurol Neurosurg Psychiatry 39(4): 338-340.
- Lee, K., et al. (2014). "Eccentric contractions of gastrocnemius muscle-induced nerve damage in rats." Muscle Nerve 50(1): 87-94.
- Muthalib, M., et al. (2011). "The repeated-bout effect: influence on biceps brachii oxygenation and myoelectrical activity." J Appl Physiol (1985) 110(5): 1390-1399.
- Ochi, E., et al. (2010). "Elevation of myostatin and FOXOs in prolonged muscular impairment induced by eccentric contractions in rat medial gastrocnemius muscle." J Appl Physiol (1985) 108(2): 306-313.
- Opar, D. A., et al. (2012). "Hamstring strain injuries: factors that lead to injury and re-injury." Sports Med 42(3): 209-226.
- Seddon, H. J. (1942). "A Classification of Nerve Injuries." Br Med J 2(4260): 237-239.

Trojaborg, W. (1976). "Motor and sensory conduction in the musculocutaneous nerve." J Neurol Neurosurg Psychiatry 39(9): 890-899.

図表

表 1. ハムストリングス肉離れ損傷既往者の身体特性と競技種目内訳

年齢 (歳)	20.0±1.1
身長 (cm)	170.0±9.2
体重 (kg)	72.5±16.3
競技別内訳 (人数)	アメリカンフットボール(4), ラグビー(10) 陸上短距離(10), セバタクロ(2)

表 2. 大腿四頭筋肉離れ損傷既往者の身体特性と競技種目

年齢 (歳)	20.6±0.9
身長 (cm)	156.1±0.82
体重 (kg)	50.1±4.80
競技種目	サッカー (5)

表 3. ハムストリングス肉離れ損傷既往者の坐骨神経潜時

	非損傷側	損傷側	
近位潜時 (ms)	5.68±1.75	6.49±2.05*	p<0.01
遠位潜時(ms)	3.12±1.42	3.43±9.42*	p<0.01

ハムストリングス肉離れ損傷既往者の潜時は、非損傷側と比較して、損傷側で有意に遅延していた。

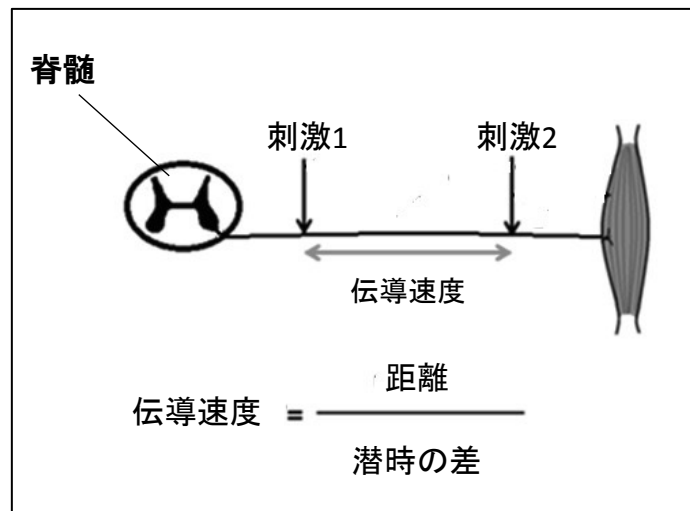


図 1. 神経伝導速度の算出方法

神経伝導速は、神経の近位部と遠位部の2点を刺激することで得られた潜時の差で、2点間の距離を割って算出した。

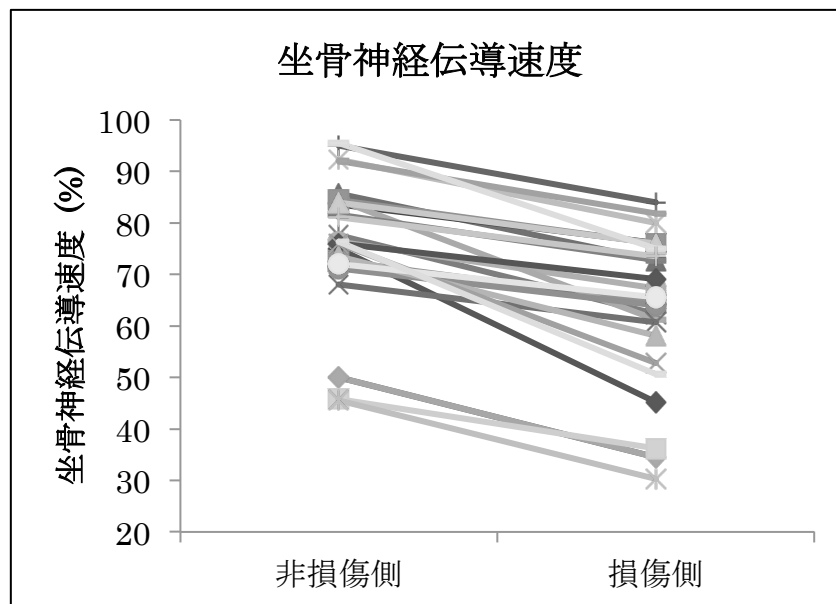


図 2. ハムストリングス肉離れ損傷既往者の非損傷側と損傷側の坐骨神経伝導速度

ハムストリングス肉離れ損傷既往者の坐骨神経伝導速度は、全症例において非損傷側よりも損傷側で、有意に低下していた($p < 0.05$)。

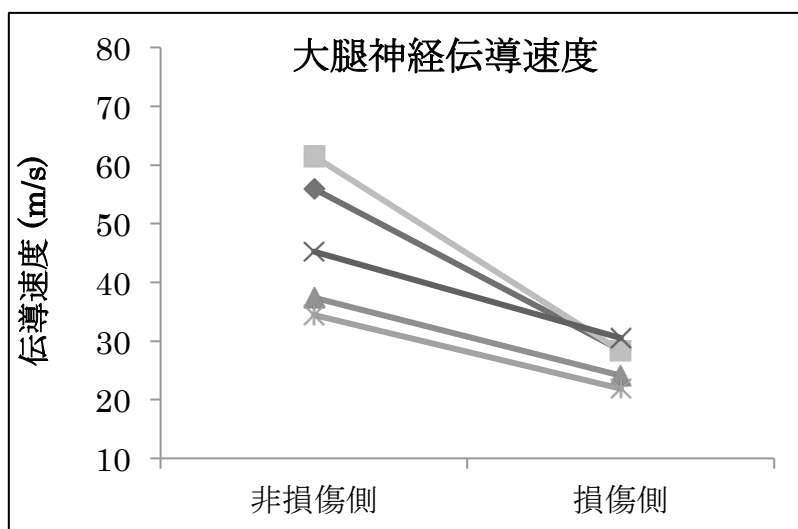


図 3. 大腿四頭筋肉離れ損傷既往者の非損傷側と損傷側の大腿神経伝導速度

大腿四頭筋肉離れ損傷既往者の大腿神経伝導速度は、全症例において非損傷側よりも損傷側で、有意に低下していた($p < 0.05$)。