

関西臨床スポーツ医・科学研究会誌

2011 Vol.21

関西臨床スポーツ医・科学研究会

目次

1. 奈良県における野球肘検診の試み ～検診実現から今後の課題～	和田 哲宏 他	5
2. 奈良県における野球肘検診の試み ～診察と超音波所見の結果から～	江川 琢也 他	7
3. 内側障害を有する野球肘患者に対する投球動作指導の試み	柳田 育久 他	11
4. 1 大学野球部投手部門に対するメディカルチェック	片山 真志 他	15
5. 大学野球投手における片脚立位安定性と肩・肘の痛みの関係	池内 誠 他	17
6. 大学アメリカンフットボール選手における頸椎矢状面上アライメントの 半年間での変化	岸本 恵一 他	19
7. 高校生男子サッカー選手に対するコンディショニングサポートが 運動時腰痛に与える影響	古川 博章 他	23
8. 大学サッカー選手の人工芝グラウンドにおけるスポーツ傷害の経時的変化	藤高 紘平 他	29
9. 動的バランス評価方法の検討 ～片脚 drop jump における重心動揺軌跡長の再現性と有用性～	杉山 恭二 他	33
10. バットスイングによって生じた第 1 肋骨骨折の 1 例	坂井田 稔 他	37
11. 後上方関節唇損傷術後拘縮に対し上肢挙上での 運動機能訓練が奏功した 1 例	武富 由雄 他	41

12. 有痛性分裂膝蓋骨 (Saupe 分類Ⅱ型) に対し, DTJ screw を用いて固定した 4 膝 -----	中山 寛 他 -----	45
13. 前十字靭帯損傷を合併した半月板損傷の治療成績について -----	寺岡 貴徳 他 -----	47
14. 大学男子スポーツ選手における足関節捻挫の特徴 -----	多田 周平 他 -----	51
15. ノンコンタクトスポーツにおける足関節捻挫の発生要因について ～足部アライメントと足趾把持力からの検討～ -----	高路 陽人 他 -----	55
16. 投球動作における下肢の踏み出し運動が球速に及ぼす影響について -----	三谷 保弘 他 -----	57
17. 若年運動選手の動脈伸展性に及ぼす持久性および レジスタンストレーニングの影響 -----	福田 拓矢 他 -----	61
18. 国体レベルの若年スポーツ選手におけるインスリン抵抗性と 動脈スティフネス -----	中原 梓 他 -----	65
19. 高強度運動における <i>Human-β-defensin-2</i> の変動と唾液抗菌活性の検討 -----	臼井 達矢 他 -----	69
20. 筋電図周波数解析による運動代謝評価 ～自転車エルゴメーターにおける AT 前後の筋電の周波数変化について～ ---	山中 裕 他 -----	73

奈良県における野球肘検診の試み ～検診実現から今後の課題～

田北病院 リハビリテーション科 和田 哲宏・岡田 彰史・高井 悠二
喜多 彬光・嶋田 陽太・渡邊 拓巳
西奈良中央病院 整形外科 森本 光俊・橋内 智尚
田北病院 整形外科 安藤 祐之・田北 武彦
済生会御所病院 整形外科 江川 琢也・中山正一郎
奈良教育大学 保健体育講座 笠次 良爾
奈良県立医科大学附属病院 整形外科 田中 康仁

はじめに

学童期の投球障害の代表である肘の障害、いわゆる野球肘検診事業は、全国各地に広がりを見せている¹⁾。野球肘は、学童期における特徴として骨軟骨障害が多いと言われており、検診による早期発見の有効性が注目されている²⁾。平成23年に奈良県では初の開催となる野球肘検診事業を実施した。今回、その結果から今後の課題を検討したので報告する。

対 象

対象は奈良県内の少年軟式野球チームの選手92名（男性89名、女性3名）とした。平均年齢は10.1歳、平均野球歴2.8年、全例小学生であった。

方 法

実施は病院内の理学療法室を使用し、チームごとに来院時間を設定した。医師は検診時に肘の圧痛及びストレス痛（内側、外側、後方）の有無および超音波検査（上腕骨小頭、内側上顆、MCL部、鉤状結節部）を実施し、異常あり、なしで判断した。理学療法は投球側関節可動域（肘屈曲・伸展、前腕回内・回外）を全投手と二次検診対象者である野手に対して測定した。医師が検診結果から、肘関節に痛みがあるものまたは超音波にて異常所見のあるものを二次検診対象者として、検診結果を記載した診療情報提供書を作成し、医療機関への受診を勧めた。理学療法士が測定した関節可動域の結果に関しては、帯同した責任者（監督、コーチおよび保護者など）に口頭で説明した。また参加者全員に対して野球肘予防のストレッチング指導を行った。測定した関節可動域については、二次検診対象者と非対象者に分け、障害との関係について統計学的解析にはt検定を用い、危険率5%未満を有意水準とした。

結 果

投球側の肘関節に痛みを生じた経験がある選手は92名中、44名で全体の48%であった。そのうち検診時に痛みを認める選手は34名（外側5名、内側15名、後方3名、複数部位11名）全体の37%であった。超音波検診においては92名中47名、全体の51%に何らかの異常所見が認められた。異常所見中、上腕骨小頭部が1名、内側上顆部が36名、複合的に異常所見のあるものが10名（上腕骨小頭部と内側上顆部異常7名、上腕骨小頭部と内側上顆部、MCL部異常が1名、内側上顆部とMCL部異常が1名、内側上顆部と鉤状結節部異常が1名）であった。関節可動域測定では全投手と野手における検診異常者69名において、肘屈曲可動域は 148.4 ± 6.8 度、伸展可動域は 11.4 ± 6.7 度、前腕回内可動域は 90.2 ± 9.7 度、回外可動域は 102.2 ± 9.6 度であった。二次検診対象者の関節可動域（屈曲 149.0 ± 7.2 度、伸展 13.3 ± 6.1 度、回内 94.3 ± 9.5 度、回外 102.3 ± 8.2 度）と非対象者の関節可動域（屈曲 149.5 ± 6.4 度、伸展 10.7 ± 6.0 度、回内 90.9 ± 10.2 度、回外 100.5 ± 9.9 度）で比較したが（屈曲 $P = 0.8$ 、伸展 $P = 0.09$ 、回内 $P = 0.16$ 、回外 $P = 0.41$ ）有意差は認められなかった。

検診結果より、医療機関への受診が望ましいと判断した二次検診対象者は92名中41名、全体の45%であったが、実際に医療機関を受診した選手は5名、12%であった。

考 察

野球肘検診を継続的に実施している徳島県の報告では1981年から2002年までの20年間で肘痛に既往のある選手は約40～50%に認めている³⁾。今回、われわれが実施した検診結果では48%とほぼ同等な結果が得られた。また超音波検診において51%に何らかの異常所見が認められたことや、二次検診対象者が45%と高い割合を占めたことから、われわれが検診を実施した選手も徳島県と同様に肘関

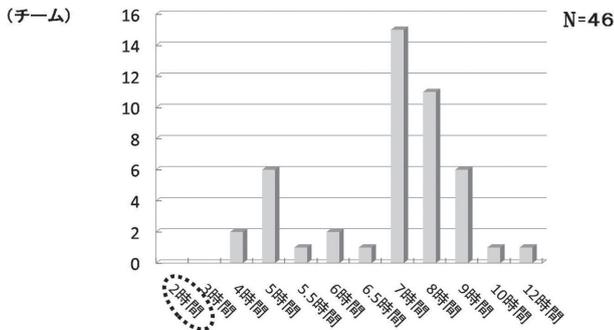
節に何らかの障害を認める選手がかなりの割合で存在している可能性が示唆された。

今回実施した関節可動域測定と障害の関係は明らかにはならなかったが、われわれが2008年に奈良県下軟式少年野球チームに対してアンケート調査を行った結果から推察した肘関節に障害が多く発生した原因は、1日当たりの練習時間が非常に長いことが第一に挙げられる。回答を得られた全チームが、日本臨床スポーツ医学会が提言しているガイドラインに明記されている「1日の練習時間は2時間を超えない」が遵守されていなかった(図1)。さらに投手における練習時間内の投球数を制限していないチームが半数を占め、1日50球以内とする提言を大きく超えている可能性が考えられる⁴⁾(図2)。

また、Lymanによる米国の小、中学生における投手の

奈良県軟式野球連盟所属チームへのアンケート調査(2008)

1日当たりの練習時間

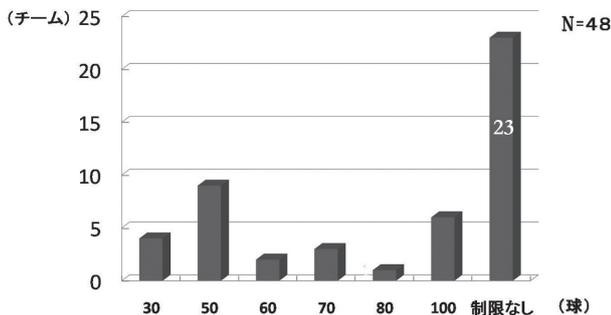


日本臨床スポーツ医学会提言:練習時間は1日2時間を超えない

図1.

奈良県軟式野球連盟所属チームへのアンケート調査(2008)

投手における練習時の投球数



日本臨床スポーツ医学会提言:全力投球は1日50球以内

図2.

肩・肘痛の発生頻度の調査によると、同国内の投球数ガイドラインの規定下では、約14.6%と低い頻度であると報告している⁵⁾。以上より、本邦のガイドラインに規定されている投球数を大幅に超えた投球によるオーバーユース障害が主な発生要因であると考えられる。本障害の予防には、医療と指導者および保護者の間で野球肘、つまりオーバーユース障害に対する認識と理解を共有することが非常に重要であると考えられた。

また長期にわたり検診事業を実施している徳島県の二次検診受診率は依然として低く、オーバーユース障害に対し指導者や保護者の認識が十分に得られていないとしている¹⁾。今回われわれが実施した検診後の二次検診受診率は12%と非常に低い値を示した。二次検診対象者には検診結果の詳細と医療機関への受診の必要性について選手本人だけでなく、指導者や保護者にも十分な理解が得られる方法や手段を再検討し、受診率を高め、重篤な障害を未然に防ぐ必要があると考えられた。

まとめ

奈良県内少年軟式野球チームに所属する92名の小学生に対し、野球肘検診を実施した。

検診結果より肘関節に障害を有する選手が45%と高い確率で認められたが、二次検診受診率は12%と低い結果となった。

障害の予防には医療者と指導者および保護者が検診を通じてスポーツ障害に対する認識と理解を共有し、連携することが重要であると考えられた。

参考文献

- 1) 山口睦弘: 超音波画像診断装置を用いての野球肘検診 sportsmedicine NO 119, 23~25, 2010.
- 2) 松浦哲也ほか: 野球・サッカーを対象とした野外検診の成果と課題—徳島県—. 臨床スポーツ医学, VOL. 26, NO 2, 183~187, 2009.
- 3) 松浦哲也ほか: 少年野球選手の肘関節骨軟骨障害の現状 日本肘関節研究会雑誌, 10, (1), 27~28, 2003.
- 4) 日本臨床スポーツ医学会整形外科学術部会編: 野球障害予防ガイドライン, 文光堂, 東京, 219, 1998.
- 5) Lyman, S. et al: Effect of pitch type, pitch count, and pitching mechanics on risk of elbow and shoulder pain in youth baseball pitchers, Am. J. Sports Med. 30: 463-468, 2002.

奈良県における野球肘検診の試み

～診察と超音波所見の結果から～

済生会御所病院 整形外科	江川 琢也・中山正一郎
西奈良中央病院 整形外科	森本 光俊・橋内 智尚
田北病院 リハビリテーション科	和田 哲宏
田北病院 整形外科	安藤 祐之・田北 武彦
奈良教育大学 保健体育講座	笠次 良爾
奈良県立医科大学 整形外科	田中 康仁

目 的

我が国において野球は最もポピュラーなスポーツであり、競技人口は平成18年社会生活基本調査によると972万人と言われている。野球による障害のうち、野球肘の発生は11～12歳がピーク、野球肩の発生は15～16歳がピークとされている¹⁾。野球肘の中には、重症度の高い上腕骨小頭離断性骨軟骨炎（以下OCD）がある。発症初期に発見され、適切な治療を受ければ保存的に治癒する可能性が高いが、初期には症状に乏しいため発見が遅れてしまい、気づいた時には進行してしまっていることが多い。今回われわれは小学生野球選手を対象に、OCDの早期発見を目的とした野球肘検診を施行したので報告する。

対 象

奈良県内の少年野球チームに所属する男性89名、女性3名、計92名の小学生を対象とした。年齢は 10.1 ± 0.8 歳、野球歴は 2.8 ± 1.2 年であった。

方 法

検診会場は某病院理学療法室であり、チーム毎に時間を指定し来院してもらった。選手に問診表を記入してもらい、医師による診察・超音波検査、理学療法士によるROMの測定・筋力検査・投球フォームチェック・ストレッチ指導を行った。

診察は、圧痛点の触知、ストレステスト、屈曲・伸展での痛みの有無、回内外での痛みの有無、しびれの有無を調べた。ストレステストは、選手の投球側の肘を軽度屈曲位とし前腕回外位で、検者は一方の手で選手の肘を保持しながら、他手で前腕遠位部に外反ストレスをかけた。肘内側側副靭帯（以下MCL）に疼痛が誘発されれば陽性と診断した。

超音波検査は、2台の超音波機器を用いた。1台は機種GE Healthcare社製Venue 40 Musculoskeletalを用い、プローブは12MHzリニア型を選択した。もう1台は

Sonosite社製MicroMaxを用い、プローブは13MHzリニア型を選択した。撮影方法は、上腕骨小頭を肘関節伸展位で前方から観察し、次に肘関節最大屈曲位で後方より観察した。肘関節内側は肘関節伸展位で内側上顆からMCL・鉤状結節にかけて観察した。超音波検査にて、上腕骨小頭に不整や遊離体像、内側上顆または鉤状結節に不整や隆起や分離・分節像、MCLに腫脹や変性像を認めた場合に異常所見とみなした。超音波検査は2名の医師にて施行し、異常所見を認めた場合はもう1名の医師が超音波検査にて確認し、ダブルチェックで所見を記入した。

診察と超音波所見から二次検診が必要と判断した選手には診療情報提供書を配布し、病院への受診を勧めた。二次検診の基準は、診察にて異常所見を認めた場合または超音波検査で異常所見を認めた場合とした。ただし、超音波所見で隆起だけで、現在痛みがなければ過去の障害と考え、要二次検診者から除外した。

統計学的検討は χ^2 乗検定とフィッシャーの直接確率計算法を用いて、危険率5%をもって有意差ありとした。

結 果

超音波検査にて、異常所見を認めた者は47名、異常所見を認めなかった者は45名であった。圧痛・ストレステスト・屈伸・回内外・しびれの各項目において、陽性はそれぞれ33名、8名、2名、0名、1名であった。そのうち超音波所見で異常を認めた者はそれぞれ19名、7名、1名、0名、1名であった（表1、2）。理学所見のうち、ストレステストの陽性者に超音波所見異常者を高頻度に認めた。また、超音波所見で上腕骨小頭に不整像を認め、OCDを疑った者は2名（2%）であった（図1）。二次検診必要と判断した者は92名中42名（46%）であった。

考 察

投球障害の発症のメカニズムは、ワインドアップ、コッキング、アクセレーション、フォロースルーと続く一連の投球動作の中で、上腕骨の外旋内旋が強く起こることが

表1. 診察項目における超音波異常所見の有無 (その①)

圧痛			
	あり	なし	計
超音波異常所見あり	19	28	47
超音波異常所見なし	14	31	45
計	33	59	92

n.s.

ストレス痛			
	あり	なし	計
超音波異常所見あり	7	40	47
超音波異常所見なし	1	44	45
計	8	84	92

P<0.05

表2. 診察項目における超音波異常所見の有無 (その②)

屈伸痛			
	あり	なし	計
超音波異常所見あり	1	46	47
超音波異常所見なし	1	44	45
計	2	90	92

n.s.

回内外痛			
	あり	なし	計
超音波異常所見あり	0	47	47
超音波異常所見なし	0	45	45
計	0	92	92

n.s.

しびれ			
	あり	なし	計
超音波異常所見あり	1	46	47
超音波異常所見なし	0	45	45
計	1	91	92

n.s.

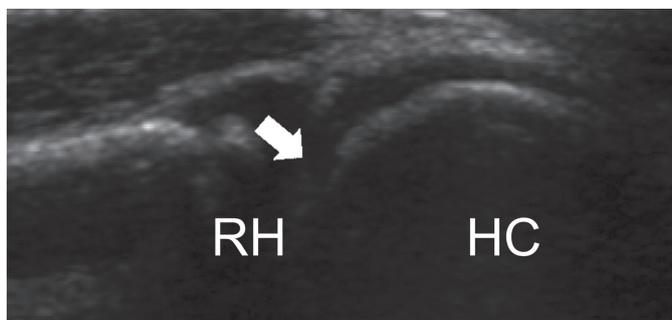
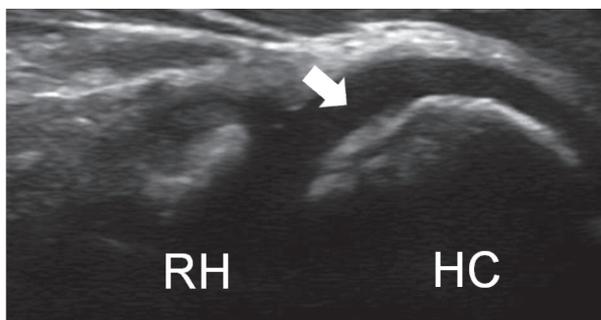


図1. 超音波所見にてOCD疑いの2名

主たる要因である。特にアクセレーション期において肘関節では外反のストレスにより内側側副靭帯、尺側手根屈筋、円回内筋などの内側支持機構の伸長性負荷が生じ、外側の上腕骨小頭と橈骨頭との間で圧迫剪断力がかかる²⁾。同様な負荷を加える外反ストレステストでは、陽性者に超音波所見異常者を高頻度に認めた。診察の際、外反ストレステストは有用な所見と考える。圧痛は、超音波異常所見の有無に関わらず認められ、肘の障害を反映しているとは言えず、筋疲労も陽性にとらえていると考えた。屈伸痛、回内外痛、しびれの陽性者は、それぞれ2名、0名、1名と少数であり、今回の結果で超音波異常所見との関係を論じるには不十分であり、今後検診者数を増やして検討していきたいと考える。

野球肘検診は全国的に広がってきており、さまざまな地域で報告されている。中でも30年以上にわたり、検診が行なわれている徳島県と比較を行なった^{3),4)}(表3)。一次検診受診者の数は、我々の検診が92名に対して徳島県が1,812名とかなりの差がある。受診者数を増やすためには、スタッフの確保とともに、野球大会や野球教室とタイアップして、現場で一次検診を行なうようにしていくこと

表3. 徳島県との比較

	我々の検診	徳島県(2007年)
検診場所	病院	野球大会会場
一次検診受診者	92名	1812名
要二次検診者	42名 (42/92=46%)	1126名 (1126/1812=62.1%)
二次検診受診者	5名 (5/42=12%)	291名 (291/1126=25.8%)
OCD	2名 (2/92=2%)	10名 (10/1812=0.6%)

が必要と考える。また、要二次検診者の割合が我々の検診で46%と高率であった。徳島県も62.1%と高率だが、徳島県の場合まず問診票を配布し、肘痛のある選手と投手・捕手は肘痛のあるなしに関わらず一次検診を受診することとなっている。よって一次検診の時点で選別されているため、このように高率になったと考えられる。我々の検診では、受診対象者をチームに一任しているため、投手または

捕手の割合が47名（52%）と高く、すでに障害を有する者が多く含まれていた可能性が考えられる。二次検診受診率は、徳島県が25.8%に対して、我々の検診では12%（5名）と低かった。受診率をあげるには検診を継続していくことや保護者・指導者への啓発活動が必要と考える。

柏口ら⁵⁾は、305名のOCD患者の病期と診断方法を比較し、検診で障害が発見された99名のうち94名（94.9%）が初期であり、外来受診により診断された206名のうち初期は62名（30.1%）に過ぎず、終末期に至っている割合は90名（43.7%）と高かったと報告している（表4）。初期例であれば投球中止を主体とした保存療法により90%が修復すると言われており、OCDにおける早期発見の意義は大きいと考える。

表4. 肘離断性骨軟骨炎の診断方法と病期（文献5より引用）

	初期	進行期	終末期
検診群 (n=99)	94.9% 94名	3.1% 3名	2.0% 2名
外来群 (n=206)	30.1% 62名	26.2% 54名	43.7% 90名

調査期間：1981～1991年

結 語

奈良県内の少年野球チームに所属する92名の小学生を対象として野球肘検診を施行した。超音波検査にて47名（51%）の選手に異常所見を認めた。理学所見のうち、ストレステストの陽性者に超音波所見異常者を高頻度に認めた。OCDを疑った選手は2名（2%）であった。二次検診必要と判断した選手は42名（46%）であり、そのうち二次検診受診者は5名（12%）であった。検診の継続や、保護者・指導者への啓発活動が必要と考えた。

参考文献

- 1) 日本臨床スポーツ医学会整形外科学術部会編：野球障害予防ガイドライン。文光堂。東京：1998.
- 2) 渡會公治：投球フォームと野球肘。MB Orthop. 10(8)：47-54, 1997.
- 3) 松浦哲也ら：野球・サッカーを対象とした野外検診の成果と課題—徳島県—。臨床スポーツ医学。26(2)：183-187, 2009.
- 4) 松浦哲也ら：少年野球肘に対する検診と予防。日本整形外科学会雑誌。31(1)：53-60, 2011.
- 5) 柏口新二ら：スポーツによる骨軟骨障害の予防。THE BONE. 19：55-60, 2005.

内側障害を有する野球肘患者に対する投球動作指導の試み

(医) 貴島会クリニック ダイナミックスポーツ医学研究所
 びわこ成蹊スポーツ大学 競技スポーツ学科
 清恵会病院 整形外科
 貴島病院本院 整形外科
 大阪産業大学 人間環境学部スポーツ健康学科

柳田 育久
 大久保 衛
 小松 猛
 中村 信之・田中 一成・辻 信宏
 大槻 伸吾

はじめに

内側部野球肘障害の要因として、脆弱な骨軟骨、過度な投球数、不適切な投球動作などがこれまで挙げられている¹⁾。2006年に我々は、内側障害を有する野球肘に対する保存治療の成績を報告した²⁾。対象とした殆どの症例で競技復帰は可能であったが、投手の復帰状態が野手に劣っていた。当時の保存治療は、一定期間投球を中止し、局所のアイシングやストレッチングを行い疼痛が消退してから、距離・強度を漸増させる投球プログラムに従い復帰を果たしていた。ただし、症状が再燃することで完全復帰が困難な症例があり、その原因として、不適切な投球動作が改善されていないことが推察された。

以上を踏まえ、保存治療を選択した内側障害を有する野球肘患者に対して、投球動作の評価と動作指導を行い、得られた効果について報告する。

対象と方法

2007年7月から2010年12月まで当科で保存治療を選択し、投球動作の評価と指導を行い、復帰時まで追跡しえた内側障害を有する野球肘患者37人を対象とした。平均年齢は11.9±0.75歳(8~17歳)であった。ポジションは、投手25人、捕手1人、野手11人であった。単純X線所見で、内側上顆に小骨片を有するものは28人、所見なしは9人であった。

投球動作評価は、肘関節の圧痛と自発痛が消失した投球プログラム導入時と復帰時に行った。スローイングマスター“なげる～ん”を握り、シャドースローを行う。側面(右投手なら三塁側から)と投球方向正面(捕手の位置)からビデオ撮影し、動作解析ソフト(アシックス社『motion adviser』)を用いてコマ送り画像を作成し、パソコン画面を見ながら当科で作成したチェック項目(投球動作を4期に分類し、計15項目設定し(表1)、各ポイント

表1. 投球動作チェック項目

	チェック項目
Wind-up	W1:体幹軸が地面に対して垂直である
	W2:両肩を結んだラインが地面に対して平行である
Cocking	C1:重心移動開始時に、体幹が非投球側に側方傾斜している
	C2:非投球側の臀部を先行させる重心移動(ヒップファースト)
	C3:ステップ時に投球側肩関節が90°外転している
	C4:その際、肩関節に過剰な水平外転が見られていない
	C5:着地した足先が投球方向に対して約45°をなしている
	C6:両足を結んだ線が、投球方向に一致
	C7:着地時に体幹の投球方向への回転が起こっていない
Acceleration	A1:下半身主導の重心移動ができていない
	A2:非投球側上肢の引き寄せで、体幹の回旋が行えていない
	A3:ステップした下肢膝関節が90°を超えて屈曲していない
	A4:リリースポイントで両肩を結ぶラインと投球側上腕軸が一致
Follow-through	F1:体幹が投球方向に十分回旋している
	F2:着地した下肢に重心が移動している

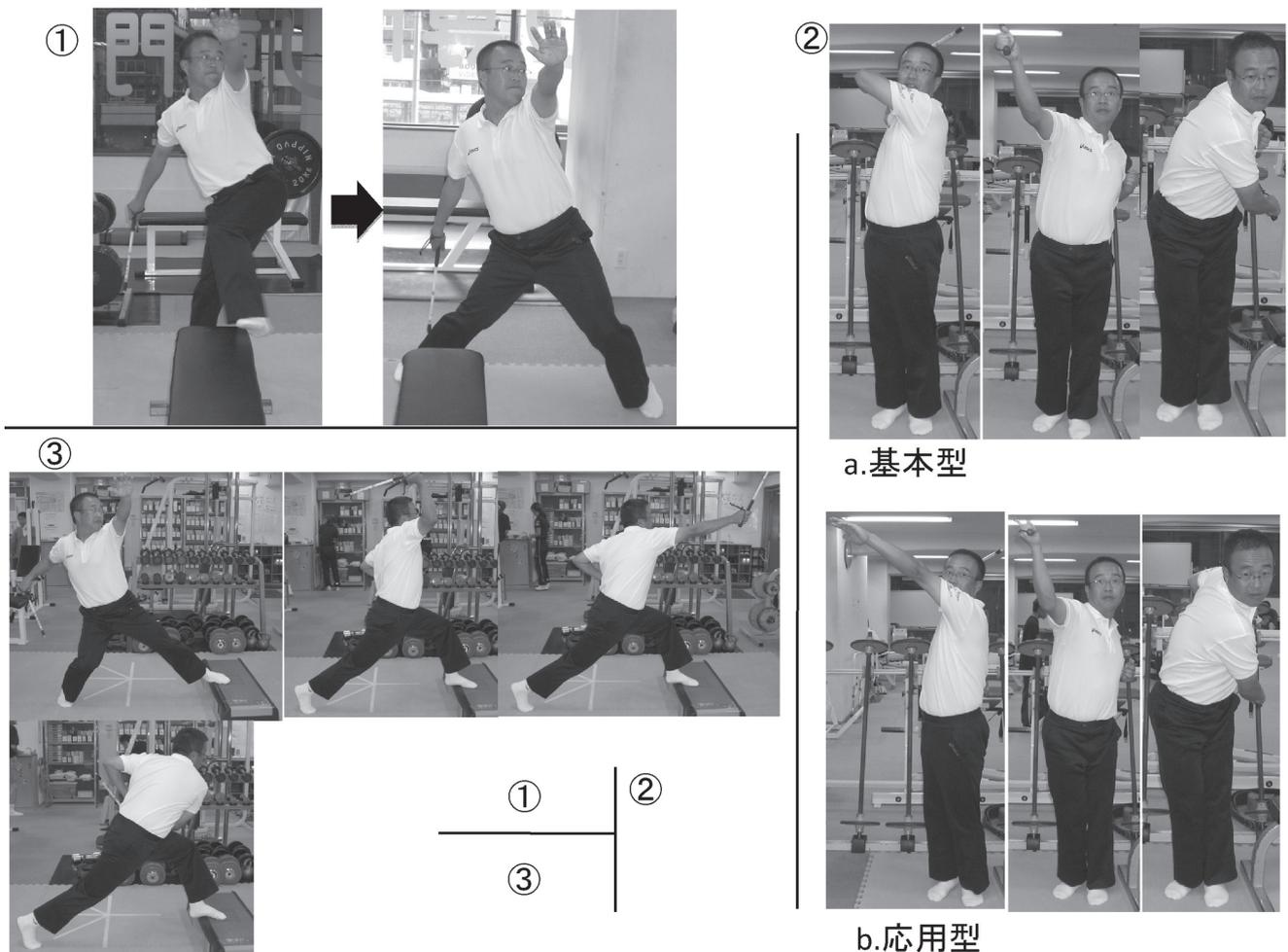


図1. 投球動作指導で用いたエクササイズ

が十分できていれば1p, やや不十分なら0.5p, 不十分なら0p 計15p 満点とした)に基づき評価した. 同時に, 投球プログラムを進める間, ストレッチや筋力トレーニングなどのコンディショニングと並行して, 動作改善のために, ①ステップ足を台に乗せ, 体幹を側方傾斜させて, ヒップファーストを意識したエクササイズ (図1①), ②非投球側上肢を引きつけて体幹回旋を意識したエクササイズ (図1②), ③ステップ足を台の上のせてシャドースローを行う重心移動を意識したエクササイズ (図1③)を指導した. 統計学的にはpaired t testを用い, 有意水準は危険率5%未満とした.

結 果

項目毎に, 獲得したポイントの総和を母集団で除したものを達成率とした (図2). 初回時における各チェック項目の達成率は, コッキング期からフォロースルー期で低かった. これはコッキング期で下半身主導の重心移動ができず, 体幹が突っ込み上肢の回旋に頼った投げ方になる症例が多いことを示している. 復帰時における各項目達成率は, 初回時より改善した. これは動作指導を行うことで重心移

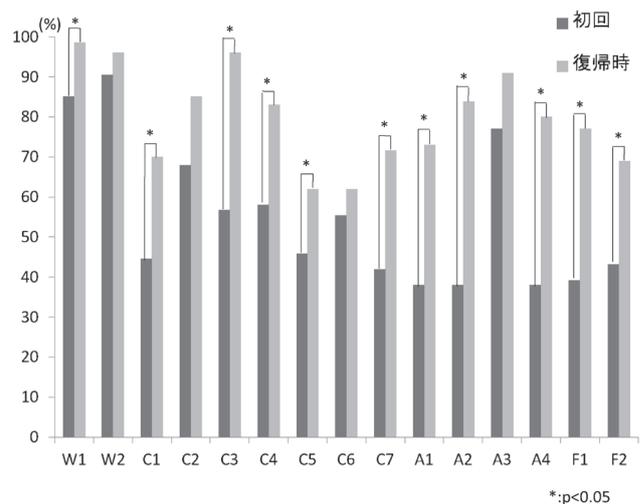


図2. 投球動作チェック各項目における達成率

動や, 体幹の回旋が効率的に行える症例が増えた結果と推察された. 復帰状態は, 完全復帰25例, 投球数を制限した不完全復帰11例, ポジション変更1例であった (図3). 統計学的有意差はなかったが, 投手の復帰状態の改善が推察された.

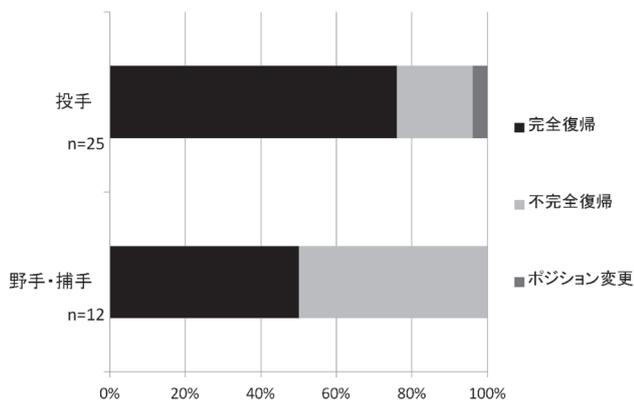


図3. ポジション別の最終復帰状態

考 察

投球動作において、適切な運動連鎖の重要性がこれまでも指摘されている³⁾。すなわち運動伝達のタイミングのずれや、身体のある部分の機能障害があればパフォーマンスは低下し、代償するために特定の関節に過剰な負担を強いられると、当該関節の障害発生のリスクは大きくなるといわれている。

特に肘関節の内側障害を誘発する投球動作は、各関節の可動域制限や筋力低下などの身体的な機能障害や、技術的な未熟さによって運動連鎖が破綻し、重心移動、体幹の回旋が効率的に起こらず、上肢の回旋に頼った投げ方になっている傾向にある^{4),5)}。結果的に、肘関節にかかる外反ストレスが増大し、障害につながると考えられる。したがっ

てストレッチや筋力トレーニングを中心としたコンディショニングと合わせて不適切な競技動作を改善するための指導も重要である。当科で実施した動作指導の問題点としては、実際の競技に近似した環境での指導、評価ではないこと、評価そのものが検者の目視に頼ったものであるため、客観性に乏しいことが挙げられる。しかし、今回の調査の結果、熟練した検者が評価し、指導を行うことで復帰状態の改善や、再発の予防に役立つ可能性が期待されるので、今後症例を重ね検討したい。

ま と め

1. 内側型野球肘の保存治療例に対し、投球動作の指導と評価を行った。
2. 殆どの症例で、動作の改善がみられ、良好な復帰状態であった。
3. 投球動作指導は有用と考えられた。

参考文献

- 1) 岩瀬毅信ほか：少年野球肘の実態と内側骨軟骨障害. 整形外科MOOK No 27, 金原出版, 東京：61-82, 1983.
- 2) 柳田育久ほか：内側型野球肘に対する保存的治療症例の検討. 中部整災誌, 49：977-978, 2006
- 3) 三原研一：バイオメカニクスと投球フォーム. 関節外科, 27：998-1008, 2008.
- 4) 渡會公治：投球フォームと野球肘. MB Orthopaedics, 10：47-54, 1997.
- 5) 山野仁志ほか：運動連鎖と理学療法. 理学療法MOOK 9 スポーツ障害の理学療法, 51-65, 2003, 三輪書店.

1 大学野球部投手部門に対するメディカルチェック

大阪産業大学 人間環境学部スポーツ健康学科 片山 真志・大槻 伸吾
くさかクリニック 日下 昌浩・中西 智哉

はじめに

野球は、全国各地に広がるメジャーなスポーツの一つである。野球に起因するスポーツ障害の中でも投球障害は、選手生命を失う可能性があるため選手に与える影響が大きい。今回のメディカルチェックでは、大学野球選手、特に投手に焦点を絞り、身体的・体力的特徴と肩・肘痛のある選手の特徴について調査し、検討したので報告する。

対象と方法

関西の大学野球リーグ1部に所属する1大学野球部の投手25名を対象としてメディカルチェックを行った。選手の平均年齢は19.7歳 ± 0.2 (mean ± SD)、平均身長は177.3 cm ± 1.2 (mean ± SD)、平均体重は74.6 kg ± 2.0 (mean ± SD)であった。

メディカルチェックでの問診項目として、利き手、スポーツ歴、既往歴、過去の治療歴、疼痛部位、現在の痛みに対するvisual analog scale (以下VASと略す)について記入式調査を行った。身体計測として左右の下腿・大腿の周囲径、左右の肩・肘の関節可動域(肩第2肢位外旋角度、肘屈曲角度、肘伸展角度)を行った。体力測定として左右の握力、両側のバランステスト(バランスディスク片脚起立時間¹⁾)を行った。また、医師が、全身Laxity test、肩・肘・腰に対する理学検査と、超音波検査を用いて、腱板の厚さ¹⁾(腱板厚、棘上筋厚、棘下筋厚)を計測した。これらで得たデータをもとに、投手における身体的・体力的特徴や障害の有無によるそれらの違いを検討した。平均値の差の検定では、対応のないt検定を行い、危険率5%未満を有意差ありとした。

結 果

投手の身体的・体力的メディカルチェックの結果は、(表1)に示すように、利き手握力と非利き手握力の間において、利き手側の値が高く、差は有意であった。腱板の厚さでは、利き手側と非利き手側の間において、利き手側に大きな値を示し、差は有意であった。肘屈曲角度の利き手と非利き手では、非利き手側よりも減少しており差は有意

表1. 投手のメディカルチェック結果一覧 (n=25)

項目名	利き手 (軸足)	非利き手 (非軸足)	P値
握力	47.0 ± 0.8 kg (mean ± SD)	44.3 ± 1.1 kg (mean ± SD)	P = 0.02
腱板の厚さ	6.2 ± 0.2 mm (mean ± SD)	5.4 ± 0.2 mm (mean ± SD)	P < 0.01
肘屈曲角度	140.8 ± 1.1 度 (mean ± SD)	145.2 ± 0.9 度 (mean ± SD)	P < 0.01
肘伸展角度	-1.8 ± 1.9 度 (mean ± SD)	6.0 ± 1.1 度 (mean ± SD)	P < 0.01
肩第2肢位外旋角度	122.2 ± 2.3 度 (mean ± SD)	115.0 ± 2.5 度 (mean ± SD)	P = 0.02
バランスディスク 片脚起立時間	45.3 ± 4.3 秒 (mean ± SD)	27.8 ± 4.8 秒 (mean ± SD)	P = 0.01
下腿周囲径	37.8 ± 0.5 cm (mean ± SD)	37.2 ± 0.5 cm (mean ± SD)	P < 0.01
大腿周囲径	55.1 ± 0.8 cm (mean ± SD)	55.0 ± 0.9 cm (mean ± SD)	P = 0.95

(対応のないt検定)

であった。肘伸展角度において利き手側と非利き手側では、非利き手側よりも減少しており差は有意であった。肩第2肢位外旋角度では、利き手側と非利き手側において、利き手側に大きな値を示し、差は有意であった。バランスディスク片脚起立時間においては、軸足側と非軸足側では、軸足側が長く、差は有意であった。下腿周囲径の軸足側と非軸足側では、軸足側が太く、差は有意であった。しかし、大腿周囲径では軸足側と非軸足側の差は有意ではなかった。

肩に痛みのある(以下「肩痛」とする)選手、肘に痛みのある(以下「肘痛」とする)選手とメディカルチェック項目との関係を検討した結果(表2)、肩痛の選手は5名、

表2. 肩痛とメディカルチェック結果一覧

項目名	肩痛有り (n=5)	肩痛なし (n=20)	P値
腱板の厚さ	5.6 ± 0.3 mm (mean ± SD)	6.3 ± 0.2 mm (mean ± SD)	P = 0.31
肘屈曲角度	141.0 ± 2.9 度 (mean ± SD)	140.7 ± 1.1 度 (mean ± SD)	P = 0.55
肘伸展角度	-3 ± 7.3 度 (mean ± SD)	-0.1 ± 1.7 度 (mean ± SD)	P = 0.08
肩第2肢位外旋角度	122.0 ± 5.1 度 (mean ± SD)	122.3 ± 2.7 度 (mean ± SD)	P = 0.89
バランスディスク 片脚起立時間	31.6 ± 12.2 秒 (mean ± SD)	46.1 ± 4.6 秒 (mean ± SD)	P = 0.31
下腿周囲径	37.4 ± 1.1 cm (mean ± SD)	37.9 ± 0.6 cm (mean ± SD)	P = 0.97
大腿周囲径	53.5 ± 1.7 cm (mean ± SD)	55.6 ± 0.8 cm (mean ± SD)	P = 0.82

(対応のないt検定)

VAS 平均 45.4 点 \pm 8.4 (mean \pm SD) であった。肘痛の選手は 6 名、VAS 平均 36.9 点 \pm 8.4 (mean \pm SD) であった。肘痛の選手と肘痛でない選手の比較では (表 3)、肩第 2 肢位外旋角度の値が肘痛なしの選手で大きく、 $P = 0.045$ と差が有意であった。肘の可動域には差を認めなかった。

表 3. 肘痛とメディカルチェック結果一覧

項目名	肘痛有り (n=6)	肘痛なし (n=19)	P 値
腱板の厚さ	6.2 \pm 0.4mm (mean \pm SD)	6.2 \pm 0.2mm (mean \pm SD)	$P = 0.92$
肘屈曲角度	140.6 \pm 1.8度 (mean \pm SD)	140.9 \pm 1.3度 (mean \pm SD)	$P = 0.92$
肘伸展角度	-3.8 \pm 3.5度 (mean \pm SD)	-0.3 \pm 2.3度 (mean \pm SD)	$P = 0.73$
肩第 2 肢位外旋角度	113.3 \pm 4.8度 (mean \pm SD)	125.0 \pm 2.4度 (mean \pm SD)	$P = 0.045$
バランスディスク 片脚起立時間	46.0 \pm 8.6秒 (mean \pm SD)	42.3 \pm 5.3秒 (mean \pm SD)	$P = 0.95$
下腿周囲径	38.2 \pm 0.7cm (mean \pm SD)	37.6 \pm 0.6cm (mean \pm SD)	$P = 0.7$
大腿周囲径	55.8 \pm 0.8cm (mean \pm SD)	54.9 \pm 1.1cm (mean \pm SD)	$P = 0.07$

(対応のない t 検定)

考 察

今回のメディカルチェックでは肩第 2 肢位外旋角度において利き手・非利き手間に、有意差を認めた。これらは、Wang²⁾、田口ら³⁾ による「投手では、全力投球するときの第 2 肢位内旋筋力を最大に発揮するため、外旋角度が増大する」という先行研究と同様の結果となった。また、軸足側 (利き手側) のバランスディスク片脚起立時間は、非利き手側のそれよりも有意に長かった。このことは、ピッチングの一連動作の中で片脚立ちをするために、軸足でのバランス能力が良くなったと考えられる。これに関わる先行

研究として、佐々木ら⁴⁾ は「バランストレーニングで、バランス能力が向上した」としており、片脚で体を支持する投球動作を繰り返すことでバランスが向上した事が示唆される。腱板の厚さで利き手側が有意に厚かったが、これは投球時の負荷に対して適応した結果であると考えられる。肘関節では利き手側に可動域制限を認めたが、これは長年の投球時の肘へのストレスにより拘縮が発生した結果と考える。

肩・肘の痛みとメディカルチェック項目の関係では、肘痛投手の利き手肩第 2 肢位外旋角度は、肘の痛みがない投手よりも低下していた。これは肘痛のために、肘に外反ストレスが加わる肩第 2 肢位外旋角度が減少したと考えられる。今回は肘痛選手に可動域の制限を認めなかったが、これは肘の器質的变化が生じるほどの障害に至っていなかった事が理由ではないかと考えている。メディカルチェックでは、こうした投球時の肩肘の連動動作に応じる不協調を検出する可能性があると考えた。今後は、肩肘連動動作の不協調の有無をチェックしたり、肘や肩の可動域に制限を有する選手に対して早期に投球障害の診断を行ったりして予防策を講じる必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 日下昌浩ら：少年野球チームのメディカルチェックの経験、関西臨床スポーツ医科学研究会誌、VOL 21、2011。(投稿中)
- 2) Wang YT et al: Three dimensional kinematic analysis of baseball pitching in acceleration phase, Percept Mot Skills, 80: 43-48, 1995.
- 3) 田口直樹ら：大学硬式野球選手のポジション別によるメディカルチェックについての検討、関東学園大紀要、18: 81-95, 2010.
- 4) 佐々木理恵子ら：バランスディスクを用いた Star-Excursion Test と閉眼片脚立位によるバランス能力の評価、日本理学療法学会大会、33(Supplement_2): 146, 2006.

大学野球投手における片脚立位安定性と肩・肘の痛みの関係

ダイナミックスポーツ医学研究所 池内 誠・柳田 育久・杉本 拓也
貴島病院本院附属クリニック 藤高 紘平
大阪産業大学 人間環境学部スポーツ健康学科 大槻 伸吾
びわこ成蹊スポーツ大学 競技スポーツ学科 大久保 衛

目 的

投球障害の要因として、これまでも投球動作について様々な報告がされているが、特に不適切な投球動作と投球障害の関係が重要と考えられている。投球動作の中でもワインドアップ期の安定性は重要であり、それに関与する下肢・体幹の安定性を向上させる事は技術の向上や投球障害の予防につながると考えられる。

そこで、投球動作ワインドアップ期における下肢・体幹の安定に関与する項目について評価し、肩・肘の痛みとの関係について検討したので報告する。

対 象

対象は、関西地区の大学野球連盟1部リーグに所属する大学男子野球選手15名(平均年齢 19.9 ± 0.6 歳)で、ポジションは全て投手で、投手歴は平均 9.6 ± 2.6 年であった。

方 法

測定項目は、1) 投球時の痛みに関するアンケート調査、2) 投球フォームチェック¹⁾、3) 片脚立位の安定性を評価する項目として、足部機能では①片脚立位での重心動揺、



図1. 重心動揺測定

- 体軸を垂直に保ち、右脚、左脚の順で挙上、両手は胸の前で保持。
- 左右各10秒間、一回ずつ測定。

②足趾把持筋力、③足部内側縦アーチ高率、④体幹機能としてクラウス・ウェーバーテスト変法大阪市大方式(以下、K-Wテストとする)を行った。

重心動揺はアニマ社の重心動揺計グラビコーダGS-30を使用した(図1)。足趾把持筋力は村田ら²⁾による足趾把持筋力測定器に準じて、デジタル握力計(竹井機器工業社製)を用いた測定器を作成し測定した(図2)。足部内側縦アーチ高率は久保ら³⁾の方法により、自然立位にて

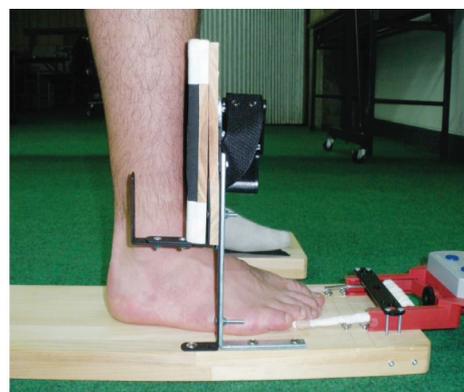


図2. 足趾把持筋力測定

- 足位は自然な直立位として測定した。
- 左右各2回ずつ測定し、数値の高い方を採用した。

足長、舟状骨高を測定し、舟状骨高を足長で除して算出した。

統計処理は分散分析を用い、有意水準を10%未満 (P < 0.1) とした。

結 果

1. アンケート調査の結果

15名中、痛み有りと答えたのが7名で、肩の痛みが4名、肘の痛みが5名であり、そのうち肩、肘両方に痛みがあると答えたのは2名であった。痛みのであるタイミングは、痛みがあると答えた7名全員が加速期に痛みが出ると答え、そのうち4名がボールリリース時に痛みが出ると答えた。

2. 投球時の軸足における各項目間の相関

足部内側縦アーチ高率が高い程、重心動揺が大きいという傾向がみられ (P < 0.1)、他の項目間では相関関係は認めなかった (図3)。

投球時に痛みがあると答えた群と無いと答えた群に分け、

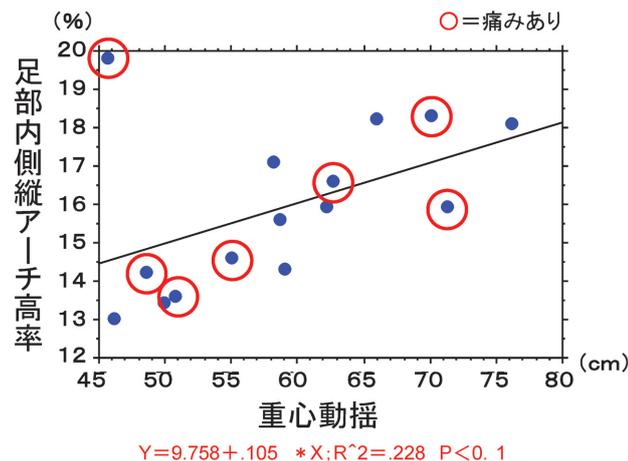


図3. 重心動揺と足部内側縦アーチ高率の相関 (軸足)

表1-a. 軸足における足趾把持筋力、足部内側縦アーチ高率の平均値 (Mean±S.E.)

	投球時痛あり群	投球時痛なし群
足趾把持筋力	17.6±1.8kg	19.1±1.5kg
足部内側縦アーチ高率	16.1±0.5%	15.7±0.5%

表1-b. K-Wテスト、投球フォームチェックの測定結果 (Mean±S.E.)

	投球時痛あり群	投球時痛なし群
K-Wテスト	37.7±0.7点	39.0±0.5点
投球フォームチェック	1.86±0.6点	1.88±0.6点

それぞれ各項目の平均値を比較したところ、痛みがあると答えた群は無いと答えた群より軸足の足趾把持筋力が低く、足部内側縦アーチ高率は高いという結果になったが、いずれにおいても2群間に有意差は認めなかった (表1-a)。

投球フォームチェックにおいては2群間にほとんど差はなく、K-Wテストにおいては痛み無し群の方が高かったが有意差は認めなかった (表1-b)。

考 察

今回の研究では、wind-up期の安定性に着目して、片脚立位での安定性に関する項目について測定した。投球フォームチェックや肩、肘の痛みについて調べたが、各項目間の相関は認めなかった。本研究の限界としては、片脚立位姿勢を静止状態で保持するために必要な項目について調べたため、一連の投球動作の中でのwind-up期の安定性や上肢投球障害への影響が認められなかったのではないかと考えられる。

田中ら⁴⁾は、大きな重心移動には足趾屈筋力が関係しているとしており、一色ら⁵⁾は、投球動作での軸足が地面から離れるタイミングが肩、肘の障害に関係するとしている。また、信原⁶⁾は加速期において少年野球投手とプロ野球投手を比較したところ、少年野球投手の方が非投球側への側屈角度が大きいとしている。

以上のことから、今後はwind-up期以降の動的的支持機構としての足部および体幹機能の検討が必要ではないかと考えられる。

ま と め

- 1) 投球動作wind-up期の下肢、体幹の安定に關する項目について評価した。
- 2) 投球時に痛みがあった群は、無かった群に比べて体幹機能がやや弱い傾向にあった。
- 3) 足部内側縦アーチ高率が高い程、重心動揺が大きい傾向があった。
- 4) 各測定項目と投球フォームチェックの間に相関関係は認めなかった。

参考文献

- 1) 柳田育久ら：内側型野球肘障害に対する保存的治療の検討。日本整形外科学会雑誌、32-1：43-47、2012。
- 2) 村田伸ら：足趾圧力測定器の開発、理学療法科学Vol. 22. No. 4.：479-482、2007。
- 3) 大久保衛ら：メディカルチェックにおける足アーチ高測定方法の検討、臨床スポーツ医学、6(別冊)：336-339、1989。
- 4) 田中勇治ら：足趾屈筋力と重心動揺、重心移動域の関連性について、第45回日本理学療法学会大会、01-001、2009。
- 5) 一色房幸ら：野球選手の投球動作と足底圧との関係—肩、肘障害に与える影響について、理学療法30、2003。
- 6) 信原克哉：肩 その機能と臨床、医学書院 (東京)、pp. 388-390、2001。

大学アメリカンフットボール選手における 頸椎矢状面上アライメントの半年間での変化

神戸大学大学院 人間発達環境学研究科 大阪体育大学診療所 大阪産業大学大学院 人間環境学研究科 くさかクリニック 大阪産業大学 人間環境学部 びわこ成蹊スポーツ大学 競技スポーツ学科	岸本 恵一・柳田 泰義 粟谷 健礼 藤高 紘平 日下 昌浩 大槻 伸吾 大久保 衛
--	--

はじめに

アメリカンフットボール（以下フットボールと略）は他の競技に比べ傷害発生頻度が高いスポーツである¹⁾。傷害部位は身体各部に及んでいるが、足関節や膝関節が多く、また頭・頸部にも多く発生している²⁾。中でも頸部外傷は重篤な後遺障害を残す可能性のある外傷であり予防対策が重要となる。Torgら³⁾はフットボールによる一過性四肢麻痺などの神経学的問題を発生しやすい頸椎の特徴として、頸部脊柱管狭窄症を有する者、頸椎生理的前弯が消失しているまたは後弯している者、頸椎の外傷性変化を生じている者、頭頂部からの危険なタックルテクニックをもつ者の4項目を挙げている。頸部外傷を予防するためにはこれらのアライメント変化を早期に把握することが重要であると考える。そこで今回、頸部外傷のリスクファクターの早期把握を目的として、大学新入部員を対象とし半年間での頸椎アライメントの変化を検討した。

対象および方法

対象は関西学生フットボール連盟に所属するO大学の
新入部員9名である。高校時代のフットボール経験者は5名、未経験者は4名であった。アライメントの評価はX線画像によりおこない、コンタクト練習開始前の4月および10月に同一検者によって撮影された。撮影条件は側面像3方向を立位にて、フィルムと管球間距離が1.2mとなるように撮影した。撮影時はフィルムと被験者の前額面のなす角度が90°となるように配慮し、頭部位置が最も自然な状態で前方の壁を注視した状態を中間位として撮影した。前・後屈位撮影は自動的最大角度にて実施した。

頸椎弯曲の分類には鎌田らの方法⁴⁾（図1-a）を用い、さらに図1-aのa1からa4を各椎体移動量として弯曲アライメントの推移を比較した。脊柱管狭窄症の評価には脊柱管固有前後径およびX線の拡大率の問題を排除するため脊柱管固有前後径を椎体前後径で除したPavlov ratio⁵⁾を用いた。前・後屈位からは頸椎可動域（ $\Delta C2 - C7$ angle）

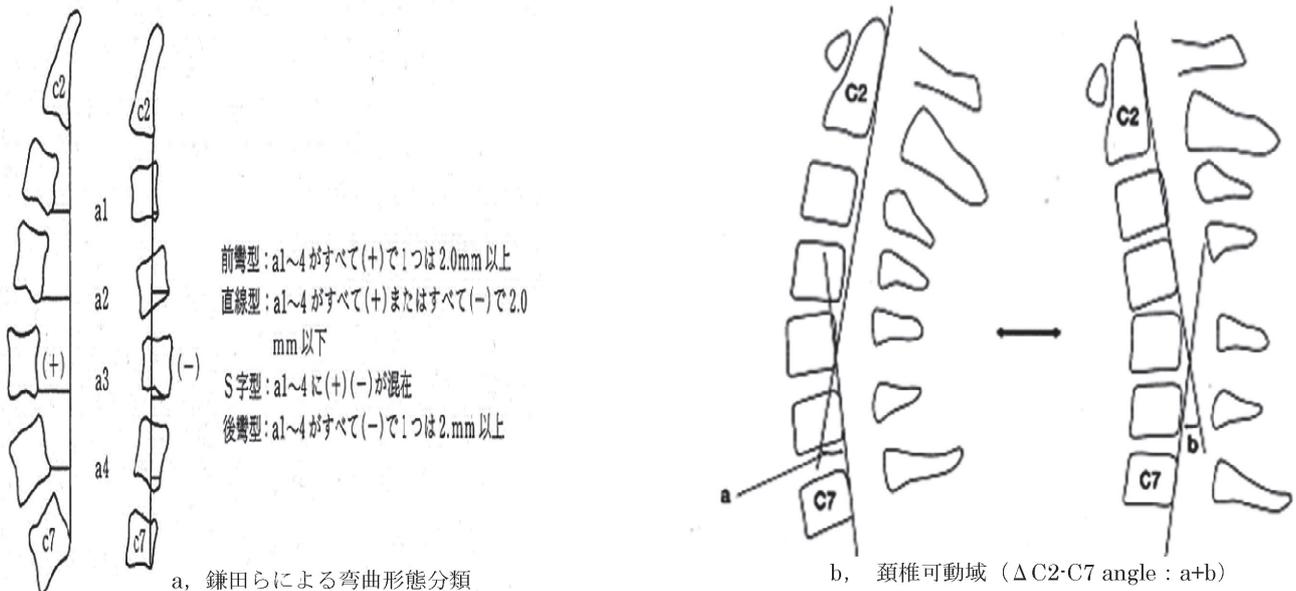


図1-a, b. X線像測定項目

を計測した (図 1 - b)。また X 線画像以外の理学所見として、頸部関節可動域、周囲径、前後屈・左右側屈および回旋等尺性筋力、超音波による僧帽筋・胸鎖乳突筋厚もあわせて計測した。検討は全被験者を対象とし 4 月と 10 月での変化を比較した。また高校時代のフットボール経験の有無に分類し、同様の比較検討を実施した。

統計学的検討は全被験者を対象とした比較には paired-t 検定を、経験の有無により分類した比較には Wilcoxon の符号付順位検定をおこない、危険率 5% 未満を有意差ありとした。

結 果

4 月撮影による頸椎弯曲アライメント形態は、前弯型 44.4% (4 例)、S 字型 22.2% (2 例)、後弯型 33.3% (3

表 1. 個人間での弯曲アライメント形態の推移

	April	October	経験の有無
subj.1	S 字型	前弯型	未経験者
subj.2	後弯型	後弯型	未経験者
subj.3	前弯型	前弯型	未経験者
subj.4	後弯型	S 字型	未経験者
subj.5	後弯型	後弯型	経験者
subj.6	前弯型	前弯型	経験者
subj.7	前弯型	S 字型	経験者
subj.8	S 字型	S 字型	経験者
subj.9	前弯型	前弯型	経験者

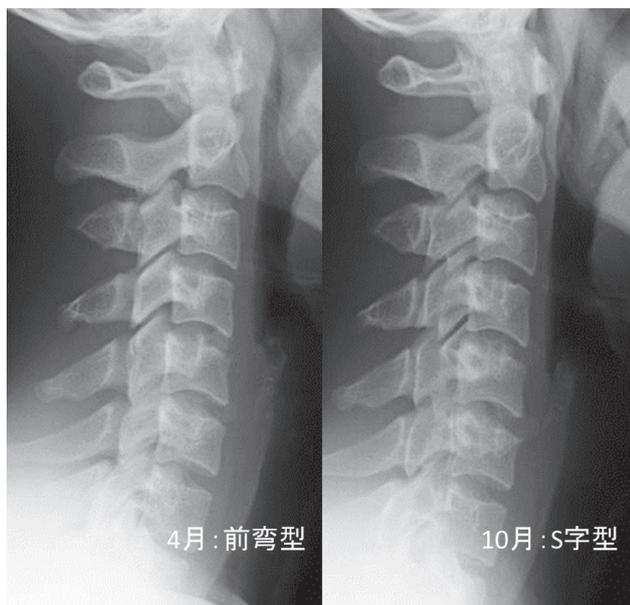


図 2. 半年間での頸椎弯曲アライメント形態の変化

例) に分類され、全体として 55.6% に頸椎の前弯からの逸脱を認めた。4 月、10 月の半年間で個人間弯曲アライメント形態に変化を示したものは 33.3% (3 例) であった

表 2-a. 頸椎アライメントの推移変化

弯曲形態	April	October	p value
	直線型	S 字型	/
椎体移動量 C3 (mm)	0.49±2.81	-0.41±1.79	n.s.
椎体移動量 C4 (mm)	1.38±3.77	0.21±2.38	n.s.
椎体移動量 C5 (mm)	1.41±3.10	1.03±2.12	n.s.
椎体移動量 C6 (mm)	1.63±2.43	1.81±1.84	n.s.
固有脊柱管前後径 C2 (mm)	20.99±2.62	21.67±2.72	n.s.
固有脊柱管前後径 C3 (mm)	17.70±1.92	18.07±2.00	n.s.
固有脊柱管前後径 C4 (mm)	17.30±2.05	18.27±3.15	n.s.
固有脊柱管前後径 C5 (mm)	17.52±2.04	18.56±2.88	n.s.
固有脊柱管前後径 C6 (mm)	18.93±1.96	19.28±2.86	n.s.
固有脊柱管前後径 C7 (mm)	18.42±2.13	18.55±2.83	n.s.
Pavlov ratio C2	1.16±0.28	1.23±0.28	*
Pavlov ratio C3	0.90±0.18	0.89±0.17	n.s.
Pavlov ratio C4	0.86±0.21	0.90±0.21	n.s.
Pavlov ratio C5	0.87±0.18	0.89±0.16	n.s.
Pavlov ratio C6	0.94±0.17	0.92±0.16	n.s.
Pavlov ratio C7	0.90±0.15	0.89±0.16	n.s.
ΔC2-C7 angle (°)	127.47±48.69	100.74±47.33	n.s.

n.s.: not significant, * p<0.05

表 2-b. 頸部機能の推移変化

	April	October	p value
屈曲可動域 (°)	51.1±10.5	48.3±8.7	n.s.
伸展可動域 (°)	47.8±5.7	26.1±11.9	*
右側屈可動域 (°)	39.4±6.4	33.9±7.8	*
左側屈可動域 (°)	37.8±7.6	33.9±8.9	n.s.
右回旋可動域 (°)	50.0±10.0	37.2±6.2	*
左回旋可動域 (°)	50.6±9.8	37.8±7.1	*
頸部周囲径 (cm)	37.7±3.1	38.5±3.0	n.s.
屈曲等尺性筋力 (N)	139.4±38.1	114.4±45.6	p=0.05
伸展等尺性筋力 (N)	155.7±64.9	149.0±56.6	n.s.
等尺性筋力屈伸比	0.9±0.4	0.8±0.2	n.s.
右側屈等尺性筋力 (N)	168.3±41.4	116.3±43.6	*
左側屈等尺性筋力 (N)	155.1±28.8	114.7±35.9	*
右回旋等尺性筋力 (N)	101.0±40.8	84.7±35.0	n.s.
左回旋等尺性筋力 (N)	107.8±31.5	93.4±36.9	n.s.
右胸鎖乳突筋厚 (mm)	9.8±0.7	12.4±2.2	*
左胸鎖乳突筋厚 (mm)	9.7±0.7	12.4±2.0	*
右僧帽筋厚 (mm)	12.4±1.8	13.0±2.3	n.s.
左僧帽筋厚 (mm)	12.7±1.7	13.8±2.2	n.s.

n.s.: not significant, * p<0.05

(表1). 代表例のX線像を図2に示す. 全被験者を対象とした比較検討では, Pavlov ratioで第2頸椎レベルが1.16±0.28から1.23±0.28へと有意な拡大を認めた(表2-a). 頸部機能は伸展可動域で47.8±5.7°から26.1±11.9°へと有意な減少を認めた. また右側屈可動域, 左右回旋可動域, 左右側屈筋力も有意に減少し, 左右胸鎖乳突筋厚では有意な増加を認めた(表2-b).

高校時代のフットボール経験の有無により分類, 比較検討したものを表3-a, bに示す. 未経験者では表3aに示す通りすべての項目で有意差はなかった. しかし, 経験者では第2頸椎レベルの固有脊柱管前後径および同部位のPavlov ratioで有意な拡大を認めた. 各椎体移動量は第4頸椎および第5頸椎で後弯方向への移動傾向を認めた(p=0.08). 頸部機能では伸展可動域が46.0±6.5°から28±14.4°, 右回旋可動域は46.0±7.4°から37.0±4.5°へと有意な減少を示した. 側屈筋力では左右ともに有意に減少しており, 僧帽筋および胸鎖乳突筋厚では左右ともに有意に増加した(表3-b).

考 察

フットボールでは頸部の外傷が多く発生しており²⁾, 頸椎のアライメント不良がリスクファクターになると報告されている³⁾. フットボールの継続と頸椎アライメントの変化の関係についてはすでに報告されているが, 3~4年間の比較的長期間での変化を検討したものが多く⁶⁾. また評価は肉眼的所見に基づいており, 細微な変化を評価することは困難と考えられる. アライメント変化が頸部外傷のリスクファクターとなりえるならば, 早期かつ詳細にその変化を把握することが予防上重要である. そこで今回大学新入部員を対象として, 半年間での頸椎アライメントの変化を検討した.

彎曲アライメントの不良は55.6%に認め, 半年間で正常アライメントである前弯型からS字型へと変化する者も存在した. 下條⁷⁾は静的アライメントに異常が認められる場合, 頭部からのコンタクトによる衝撃吸収が分散されず, 微小外力によっても頸椎に変化が発生すると報告している. 今回の検討では, 高校時代にフットボール経験のある新入部員で, 第4および第5頸椎の椎体移動量が後弯方向に移動する傾向にあり, 中下位頸椎に負荷が集中している可能性が窺えた. 経験者は即戦力として実戦形式の練習や試合に参加することが多いが, 頸椎アライメントの変化に「ヘッドダウンコンタクト⁸⁾」の姿勢が組み合わさると頸部に重大な損傷が生じる場合があり注意が必要である. また頸部に大きな外力が生じた際, その衝撃吸収をおこなう上で重要な機能である, 関節可動域や頸部筋力も経験者では減少しており, さらに損傷の危険性は高くなると考えられた. 可動域の減少については, クーリングダウン時などは大筋群のストレッチングを重視する傾向にあり⁹⁾, 頸部筋群などの小筋群のストレッチングが疎かとなった結果

表3-a. 高校時未経験者の頸椎アライメント及び頸部機能の推移変化

	April	October	p value
彎曲形態	直線型	S字型	/
椎体移動量 C3 (mm)	0.25±3.25	-0.04±2.15	n.s.
椎体移動量 C4 (mm)	0.58±3.68	0.89±2.06	n.s.
椎体移動量 C5 (mm)	0.14±3.28	1.41±1.11	n.s.
椎体移動量 C6 (mm)	1.12±2.72	2.06±1.48	n.s.
固有脊柱管前後径 C2 (mm)	20.75±1.24	21.26±2.04	n.s.
固有脊柱管前後径 C3 (mm)	17.73±1.86	18.07±2.06	n.s.
固有脊柱管前後径 C4 (mm)	17.29±1.44	19.17±4.07	n.s.
固有脊柱管前後径 C5 (mm)	17.47±1.20	19.29±4.08	n.s.
固有脊柱管前後径 C6 (mm)	18.19±1.20	19.28±4.00	n.s.
固有脊柱管前後径 C7 (mm)	17.98±2.04	18.61±3.75	n.s.
Pavlov ratio C2	1.05±0.08	1.10±0.15	n.s.
Pavlov ratio C3	0.85±0.13	0.82±0.11	n.s.
Pavlov ratio C4	0.79±0.07	0.87±0.16	n.s.
Pavlov ratio C5	0.81±0.04	0.82±0.05	n.s.
Pavlov ratio C6	0.83±0.02	0.83±0.05	n.s.
Pavlov ratio C7	0.83±0.12	0.81±0.09	n.s.
ΔC2-C7 angle (°)	130.05±53.95	84.70±42.52	n.s.
屈曲可動域(°)	56.3±4.8	53.8±9.5	n.s.
伸展可動域(°)	50.0±4.1	23.8±9.5	n.s.
右側屈可動域(°)	41.3±7.5	36.3±8.5	n.s.
左側屈可動域(°)	41.3±7.5	35.0±10.8	n.s.
右回旋可動域(°)	55.0±11.6	37.5±8.7	n.s.
左回旋可動域(°)	56.3±10.3	38.8±10.3	n.s.
頸部周囲径(cm)	37.1±4.0	37.3±3.2	n.s.
屈曲等尺性筋力(N)	129.0±27.7	100.5±37.5	n.s.
伸展等尺性筋力(N)	155.8±42.7	149.3±52.4	n.s.
等尺性筋力屈伸比	0.9±0.4	0.7±0.2	n.s.
右側屈等尺性筋力(N)	147.8±37.2	99.3±24.1	n.s.
左側屈等尺性筋力(N)	133.5±10.3	100.5±21.0	n.s.
右回旋等尺性筋力(N)	96.5±40.0	67.5±17.5	n.s.
左回旋等尺性筋力(N)	105.8±35.2	91.0±17.2	n.s.
右胸鎖乳突筋厚(mm)	9.5±0.8	11.1±2.4	n.s.
左胸鎖乳突筋厚(mm)	9.8±0.9	11.6±1.6	n.s.
右僧帽筋厚(mm)	12.7±2.6	11.9±2.0	n.s.
左僧帽筋厚(mm)	12.7±2.3	12.4±1.7	n.s.

n.s.: not significant, * p<0.05

表3-b. 高校時経験者の頸椎アライメント及び頸部機能の推移変化

	April	October	p value
彎曲形態	前弯型	S字型	/
椎体移動量 C3 (mm)	0.67±2.79	-0.72±1.63	n.s.
椎体移動量 C4 (mm)	2.01±4.13	-0.33±2.71	n.s.
椎体移動量 C5 (mm)	2.43±2.87	0.74±2.80	n.s.
椎体移動量 C6 (mm)	2.04±2.40	1.61±2.25	n.s.
固有脊柱管前後径 C2 (mm)	21.89±3.53	22.00±3.37	*
固有脊柱管前後径 C3 (mm)	17.68±2.18	18.08±2.20	n.s.
固有脊柱管前後径 C4 (mm)	17.31±2.62	17.55±2.44	n.s.
固有脊柱管前後径 C5 (mm)	17.56±2.69	17.98±1.79	n.s.
固有脊柱管前後径 C6 (mm)	19.53±2.37	19.27±2.08	n.s.
固有脊柱管前後径 C7 (mm)	18.77±2.37	18.50±2.34	n.s.
Pavlov ratio C2	1.24±0.36	1.32±0.34	*
Pavlov ratio C3	0.94±0.22	0.95±0.19	n.s.
Pavlov ratio C4	0.92±0.27	0.93±0.26	n.s.
Pavlov ratio C5	0.93±0.24	0.96±0.19	n.s.
Pavlov ratio C6	1.02±0.20	1.00±0.19	n.s.
Pavlov ratio C7	0.95±0.16	0.95±0.18	n.s.
ΔC2-C7 angle (°)	125.40±50.46	113.58±51.59	n.s.
屈曲可動域(°)	47.0±12.6	44.0±5.5	n.s.
伸展可動域(°)	46.0±6.5	28.0±14.4	*
右側屈可動域(°)	38.0±5.7	32.0±7.6	n.s.
左側屈可動域(°)	35.0±7.1	33.0±8.4	n.s.
右回旋可動域(°)	46.0±7.4	37.0±4.5	*
左回旋可動域(°)	46.0±7.4	37.0±4.5	n.s.
頸部周囲径(cm)	38.1±2.6	39.4±2.9	n.s.
屈曲等尺性筋力(N)	147.8±46.1	125.6±52.4	n.s.
伸展等尺性筋力(N)	155.6±84.1	148.8±66.0	n.s.
等尺性筋力屈伸比	1.1±0.3	0.9±0.2	n.s.
右側屈等尺性筋力(N)	184.8±40.4	130.0±53.3	*
左側屈等尺性筋力(N)	172.4±27.2	126.0±43.4	*
右回旋等尺性筋力(N)	104.6±45.7	98.4±41.1	n.s.
左回旋等尺性筋力(N)	109.4±32.3	95.4±49.9	n.s.
右胸鎖乳突筋厚(mm)	10.1±0.5	13.5±1.5	*
左胸鎖乳突筋厚(mm)	9.6±0.6	13.1±2.3	*
右僧帽筋厚(mm)	12.3±1.1	13.8±2.3	*
左僧帽筋厚(mm)	12.7±1.3	15.0±2.0	*

n.s.: not significant, * p<0.05

であると推察した。固有脊柱管前後径およびPavlov ratioの変化は、頭部でのコンタクトという日常をはるかに超えた力学的ストレスとアライメント不良による衝撃分散能力の低下が頸椎の骨組織に何らかの影響を与えた可能性はあるが、今回の検討でこれらを明らかとする根拠は見いだせなかった。計測誤差の影響も含め更なる検討が必要である。

今回の検討から、短期間のうちに少なからず頸椎アライメントが変化することが示唆された。頸部外傷を予防するためには、経験者であっても安易にコンタクト練習に参加させず、早期かつ定期的なメディカルチェックによる頸椎アライメント変化の把握と、頸部筋群のストレッチングによる柔軟性の維持・獲得、また物理療法なども用いた頸部筋群の筋痛予防が重要であると考えられた。

参考文献

- 1) Jennifer MH et al. : Epidemiology of Collegiate Injuries for 15 Sports : Summary and Recommendations for Injury Prevention Initiatives. Journal of Athletic Training 42 : 311 - 319, 2007.
- 2) 岸本恵一ほか : 大学アメリカンフットボールチームにおける1999年から2008年までの傷害発生状況. 日本臨床スポーツ医学会誌20 : 24 - 33, 2012.
- 3) Torg JS et al. : Spear tackler spine. An entity precluding participation in tackle football and collision activities that expose the cervical spine to axial energy inputs. American Journal of Sports Medicine 21 : 640 - 649, 1993.
- 4) 鎌田修博ほか : 頸部脊椎症に対する頸椎後方除圧術後の脊柱変形について. 東日本臨床整形外科学会雑誌. 2 : 86 - 89, 1990.
- 5) Pavlov H, Torg JS et al. : Cervical spine stenosis determination with vertebral body ratio method. Radiology. 164 : 771 - 775, 1987.
- 6) 月村泰規ほか : アメリカンフットボールおよびラグビー選手における頸椎X線所見と頸部筋力との関連—経時的变化—. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌22 : 178 - 184, 2002.
- 7) 下條仁士 : 衝突時頸椎の動作解析とバイオメカニクス. 整形・災害外科48 : 495 - 503, 2005.
- 8) Jonathan F et al. : National Athletic Trainers' Association Position Statement : Head-Down Contact and Spearing in Tackle Football. Journal of Athletic Training 39 : 101 - 111, 2004.
- 9) 覚張秀樹ほか : ウォーミングアップ・クーリングダウンにおけるストレッチング. 理学療法21 : 1482 - 1491, 2004.

高校生男子サッカー選手に対するコンディショニングサポートが運動時腰痛に与える影響

洛和会音羽病院 リハビリテーションセンター
大阪行岡医療大学 医療学部理学療法学科
国立病院機構京都医療センター スポーツ医学センター
神戸海星病院 リハビリテーションセンター
野崎徳洲会病院 リハビリテーション科
阪堺病院 リハビリテーション科

古川 博章・石東 友輝・吉川 晋也・山崎 岳志
橋本 雅至
井上 直人
木下 和昭
田頭 悟志
森 洋子

目 的

我々は高校生男子サッカー選手に対し、コンディショニングサポートを行っている。コンディショニングサポートは運動時腰痛の軽減を目的としており、定期的に行うメディカルチェック、筋力強化の為のトレーニング、疲労回復の為のコンディショニング指導を実施している。先行研究においてSide-Bridge test (以下、SB)と運動時腰痛との関連性を示唆し、さらに体幹筋トレーニングを継続した結果、SBの点数が向上して運動時腰痛の保有者数は減少したが、複数名に腰痛が残存したことを報告した^{1),2)}。そこで、他の要因として股関節周囲筋のタイトネスに着目し、軸足の股関節内旋制限と運動時腰痛との関連性を示唆した⁶⁾。今回は、コンディショニングサポートを1年間継続することが運動時腰痛に与える影響について調査した。

対 象

某高校サッカー部員12名(平均身長171.2±6.1cm, 体重59.1±7.1kg)である。

方 法

初回、介入後9ヶ月経過と1年経過の計3回メディカルチェックを実施し、Kraus-Weber test 大阪市大変法(以下、KW)、SB、Tightness test (以下、T-t)、関節可動域テスト(以下、ROM-t)、運動時腰痛に関する問診を行った。初回チェック後よりトレーニング、コンディショニングの方法と実施について指導した。各群のKW、SB、T-t、ROM-tの経時的変化を調査した。

1. メディカルチェック

1) 問診

スポーツ活動時に発生する腰痛の有無に関して問診を行った。この際の腰痛とは日常生活に支障がないが、スポーツ活動には影響がある痛みとし、スポーツ活動の障害

表1. 疼痛度の分類(文献4より引用)

第0相:スポーツ活動にて疼痛がない
第1相:スポーツ活動後のみに疼痛があるが、
支障なくスポーツは可能である
第2相:スポーツ活動中、活動後に疼痛があるが、
スポーツ活動は可能である
第3相:スポーツ活動中、活動後に疼痛があり、
スポーツ活動ができない

度を判定する森田ら⁴⁾の分類(表1)を参考に、スポーツ活動において疼痛のない第0相と活動中や活動後に疼痛のある第1, 2, 3相の4つの相に分類した。3回のメディカルチェック全てにおいて腰痛を認めたものを持続群、1回以上認めたものを経験群、腰痛を認めなかった者を非腰痛群とした。

2) KW (図1)

腹筋群瞬発系2項目(10点満点)、腹筋群持久系3項目(18点満点)、背筋群持久系2項目(12点満点)の計7項目(40点満点)から構成される脊柱機能検査である。各項目間の休息は1分間とし、持久力系の項目は姿勢保持時間が9秒以下では0点となり、10秒経過ごとに1点を獲得し、最大60秒保持で6点と判定する。負荷量は体重の10%の重錘負荷とし、負荷を加える部位は上半身の挙上を伴う項目では頸部後方、下肢挙上を伴う項目では足関節の直上とした。

3) SB (図2)

側臥位にて、測定側の肩関節を90°外転位・内外旋の中間位、肘関節90°屈曲位、下肢の各関節中間位で床面に接地する。非測定側の上肢は肘関節屈曲位にて骨盤上で重錘を固定し、下肢は股関節のみ軽度外転位とした。姿勢保持時間は最大60秒とし、KWの持久力系の項目と同様に点数化し、片側6点満点、左右で12点満点とした。各項目

腹筋群 (強さ)	1	支持なし 5点 支持あり 4点 (完全に起き上がる)	3点 腰椎が完全に 床から離れる	2点 肩甲骨より上が 床から離れる	1点 頸より上が床 から離れる	評点 /5
	2	支持なし 5点 支持あり 4点 (完全に起き上がる)	3点 腰椎が完全に 床から離れる	2点 肩甲骨より上が 床から離れる	1点 頸より上が床 から離れる	/5
腹筋群 (持久性)	1	支持	25°	60秒保持 (背を丸めて)	60秒以上 6点 59~50 5点 49~40 4点 39~30 3点 29~20 2点 19~10 1点 9秒以下 0	/6
	2		25°	60秒保持 (膝を曲げないように)		/6
	3	支持	25°	60秒保持 (背を丸めて)		/6
背筋群 (持久性)	4	支持	25°	60秒保持		/6
	5		25° 大腿部より拳上	60秒保持 (膝を曲げないように)		/6
					合計点	/40

図1. Kraus-Weber test 大阪市大変法

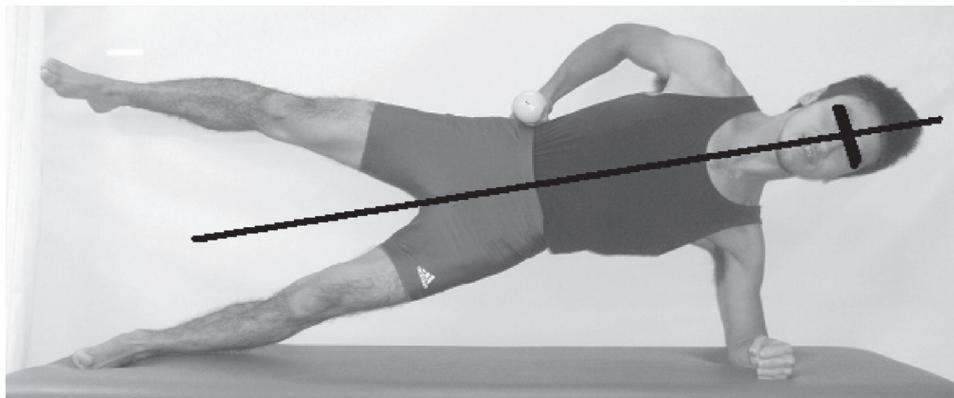


図2. Side-Bridge testの測定肢位

間の休息は1分間とし、負荷量は体重の10%の重錘負荷とした。

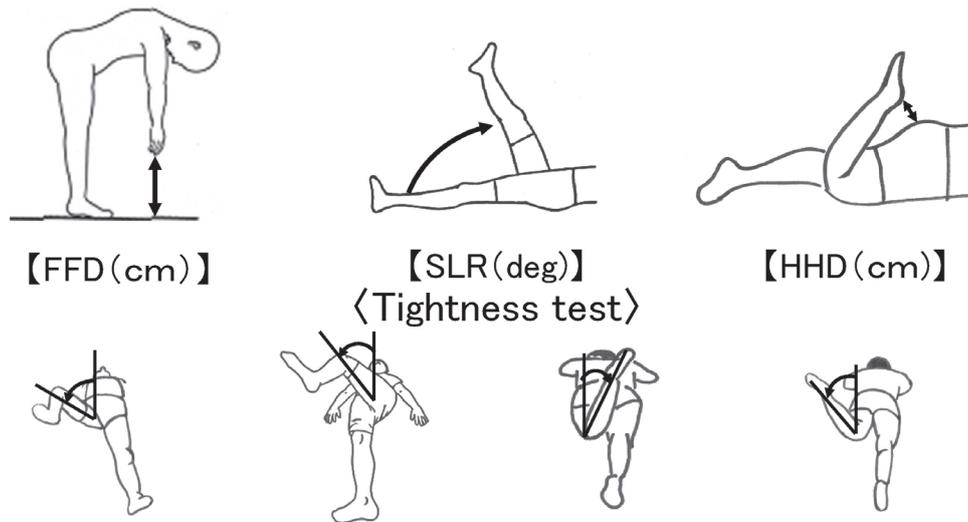
4) T-t・ROM-t (図3)

T-tは指床間距離(以下、FFD)、下肢伸展拳上テスト(以下、SLR)、踵殿間距離(以下、HHD)とし、ROM-tは股関節屈曲、股関節屈曲90°位での内旋、外旋、腹臥位での股関節内旋、外旋、股関節外転、股関節90度屈曲位

での内転、外転、股関節伸展とした。

2. 統計学的処理

初回、介入後9ヶ月、1年の計3回のKW, SB, T-t, ROM-tの平均点の比較には多重比較Bonferroni検定を用い、有意水準を5%未満とした。



【FFD (cm)】

【SLR (deg)】

【HHD (cm)】

〈Tightness test〉

【水平外転】

【水平内転】

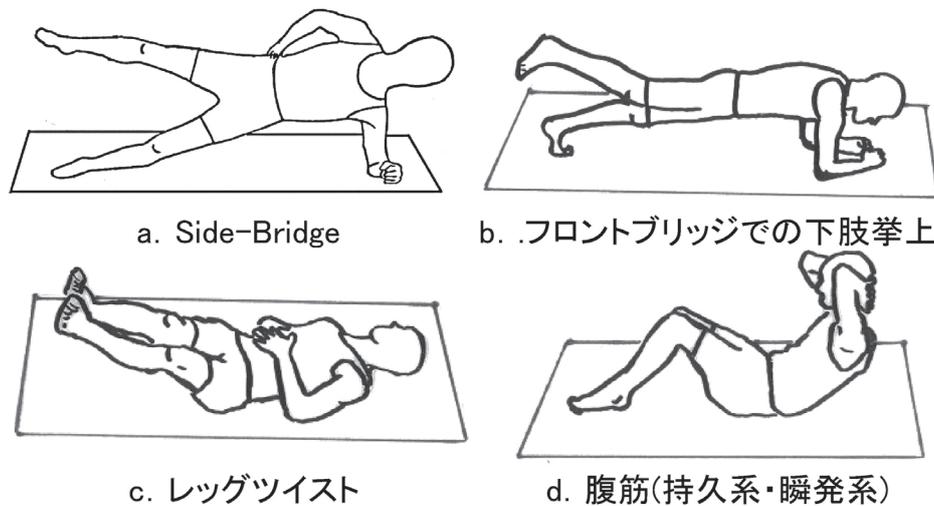
【0° 外旋】

【0° 内旋】

※屈曲、伸展、股関節90° 屈曲位での内外旋、外転は日本整形外科学会、日本リハビリテーション学会が制定している測定方法に準じて計測した。

〈関節可動域テスト〉

図3. Tightness test, 関節可動域テスト



a. Side-Bridge

b. フロントブリッジでの下肢挙上

c. レッグツイスト

d. 腹筋(持久系・瞬発系)

図4. 体幹筋トレーニング

- 図の姿勢を60秒間保持する。その際、体幹を直線的に保持するよう意識する。
- 両肘と片側の足尖で身体を支持し反対側の下肢を挙上する。60秒間保持を目標とする。
- 背臥位になり両下肢を挙上し左右へ下肢を倒す。左右10回往復する。
- 腹筋運動を10回繰り返す。

3. トレーニングの内容と実施

メディカルチェックの個別結果に加えて、トレーニング内容を示した資料を作成し、選手、指導者に実技を交えて指導した。トレーニングは、週4～5回以上の頻度で、各エクササイズを3セット練習の合間に全員で行うメニューに取り入れさせた。

トレーニング内容はSB エクササイズ (図4-a)、フロ

ントブリッジでの下肢挙上 (図4-b)、レッグツイスト (図4-c)、腹筋 (図4-d) とし、井上らの方法²⁾ に準じた。SB エクササイズは図の姿勢を60秒間保持する。フロントブリッジでの下肢挙上は両肘と片側の足尖で身体を支持し反対側の下肢を挙上し60秒間保持を目標とする。レッグツイストは背臥位になり両下肢を挙上し左右へ下肢を倒し、左右10回往復する。腹筋運動は10回繰り返す。

4. ストレッチングの内容と実施

股関節周囲筋のストレッチングは練習前後に号令をかけながら20秒前後実施した。対象の筋は腸腰筋、大腿筋膜張筋、大殿筋、中殿筋、大腿四頭筋、ハムストリングスとした。

結 果

1) 問診結果

持続群は2名、経験群は5名であり、非腰痛群は5名であった。

2) KW 結果 (図5)

持続群は初回時 20 ± 4.2 点、介入後9ヶ月 20 ± 15.6 点、介入後1年 26 ± 5.7 点、経験群は 22.6 ± 4.2 点、 29.6 ± 5.2 点、 31.6 ± 6.4 点、非腰痛群は 20.8 ± 4.8 点、 26.2 ± 4.8 点、 30.6 ± 2.8 点であり、非腰痛群は初回から介入後1年に有意な向上が認められた。

3) SB 結果 (図6)

持続群は初回時 5.5 ± 0.7 点、介入後9ヶ月 9.5 ± 3.5

点、介入後1年 9.5 ± 3.5 点、経験群は 7.8 ± 2.5 点、 9.4 ± 3.6 点、 10.8 ± 1.6 点、非腰痛群は 6.0 ± 2.3 点、 9.2 ± 2.2 点、 10.4 ± 2.6 点であり、非腰痛群は初回から介入後1年に有意な向上が認められた。

4) T-t・ROM-t (表2, 3)

T-t, ROM-t は表のごとく、非腰痛群の股関節屈曲の軸足において有意な低下が認められ、その他には有意な変化が認められなかった。

考 察

体幹筋機能が脊柱の安定性に寄与していることは、多く報告されている。Panjabiらは、脊柱安定性の低下は腰痛や傷害を引き起こす可能性があることを報告している⁵⁾。そこで、我々は運動時腰痛に対し体幹筋機能に着目し、KWとSBを用いて体幹筋機能の評価している^{1), 2)}。また体幹筋トレーニングを継続した結果、SBの点数が向上し腰痛保有者は減少したが、運動時腰痛が複数名残存したことを報告した²⁾。今回、持続群と経験群において、KW

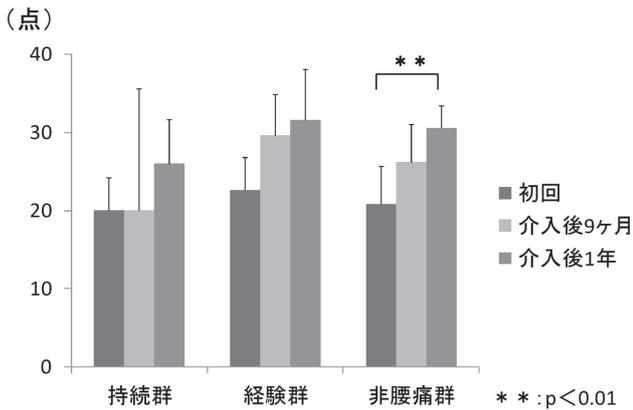


図5. 結果 (KW)

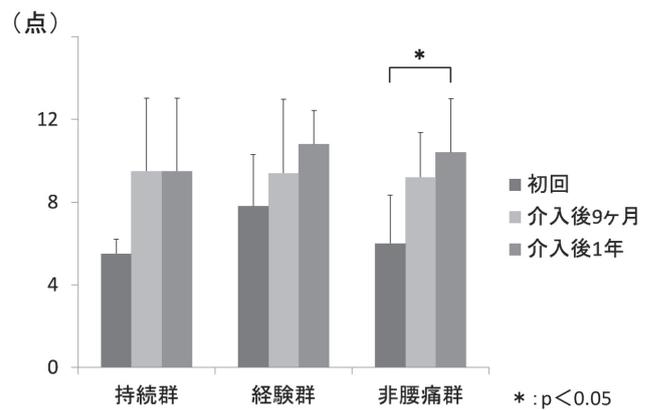


図6. SB結果

表2. Tightness test結果

		FFD(cm)		SLR(deg)		HHD(cm)	
		利き足	利き足	軸足	利き足	軸足	
持続群	初回	6.0 ± 5.7	67.5 ± 3.5	72.5 ± 3.5	5.8 ± 8.1	6.3 ± 8.8	
	介入後9ヶ月	10.0 ± 9.9	62.5 ± 10.6	62.5 ± 10.6	8.5 ± 6.4	11.5 ± 4.9	
	介入後1年	8.0 ± 9.9	60.0 ± 7.1	57.5 ± 10.6	0.0 ± 0.0	1.3 ± 1.8	
経験群	初回	10.7 ± 3.3	69.0 ± 7.4	73.0 ± 2.7	4.1 ± 4.8	3.8 ± 4.4	
	介入後9ヶ月	9.6 ± 4.1	76.0 ± 11.9	76.0 ± 12.9	4.6 ± 4.2	4.8 ± 4.5	
	介入後1年	9.6 ± 4.4	71.0 ± 4.2	69.0 ± 8.9	4.0 ± 5.7	5.9 ± 5.2	
非腰痛群	初回	-3.5 ± 8.8	64.0 ± 9.6	58.0 ± 5.7	4.4 ± 2.6	4.2 ± 4.7	
	介入後9ヶ月	0.4 ± 13.2	74.0 ± 12.9	71.0 ± 15.6	3.7 ± 4.4	3.1 ± 4.3	
	介入後1年	0.0 ± 13.9	68.0 ± 11.5	69.0 ± 8.9	3.7 ± 4.5	4.3 ± 4.9	

表3. ROM結果

		股関節屈曲		股関節90° 外旋		股関節90° 内旋		水平外転		水平内転	
		利き足	軸足	利き足	軸足	利き足	軸足	利き足	軸足	利き足	軸足
持続群	初回	110.0±0.0	117.5±3.5	50.0±21.2	57.5±17.7	22.5±3.5	35.0±0.0	62.5±3.5	57.5±3.5	25.0±7.1	32.5±3.5
	介入後9ヶ月	112.5±10.6	117.5±3.5	45.0±7.1	47.5±3.5	30.0±7.1	27.5±10.6	55.0±7.1	52.5±24.7	30.0±14.1	30.0±0.0
	介入後1年	122.5±3.5	122.5±10.6	40.0±21.2	42.5±24.7	32.5±10.6	42.5±3.5	57.5±3.5	62.5±10.6	35.0±0.0	40.0±0.0
経験群	初回	119.0±11.9	119.0±12.9	62.0±5.7	54.0±10.8	36.0±8.2	35.0±8.7	70.0±12.2	70.0±3.5	31.0±4.2	33.0±4.5
	介入後9ヶ月	122.0±6.7	129.0±7.4	64.0±6.5	60.0±14.6	39.0±5.5	38.0±9.1	71.0±10.2	69.0±8.9	39.0±8.9	39.0±8.9
	介入後1年	124.0±8.2	129.0±4.2	54.0±13.4	55.0±10.6	35.0±7.9	33.0±6.7	61.0±6.5	59.0±7.4	39.0±8.2	40.0±3.5
非腰痛群	初回	123.0±5.7	122.0±4.5*#	59.0±12.4	65.0±10.6	31.0±5.5	29.0±4.2	65.0±7.9	64.0±9.6	34.0±5.5	36.0±6.5
	介入後9ヶ月	122.0±10.4	123.0±2.7*	66.0±8.2	62.0±6.7	36.0±6.5	36.0±6.5	63.0±5.7	64.0±8.2	36.0±11.4	38.0±8.4
	介入後1年	116.0±8.2	113.0±4.5#	55.0±9.4	60.0±5.0	35.0±7.1	32.0±13.5	66.0±4.2	65.0±6.1	40.0±6.1	39.0±8.9

		股関節外転		股関節0° 外旋		股関節0° 内旋		股関節伸展	
		利き足	軸足	利き足	軸足	利き足	軸足	利き足	軸足
持続群	初回	37.5±17.7	35.0±7.1	50.0±7.1	50.0±0.0	37.5±10.6	35.0±14.1	20.0±0.0	20.0±0.0
	介入後9ヶ月	37.5±3.5	40.0±0.0	42.5±3.5	50.0±14.1	30.0±14.1	35.0±0.0	27.5±3.5	27.5±3.5
	介入後1年	40.0±7.1	45.0±7.1	55.0±7.1	50.0±0.0	35.0±0.0	45.0±0.0	27.5±3.5	22.5±3.5
経験群	初回	38.0±9.1	45.0±6.1	50.0±7.9	53.0±7.6	39.0±12.9	38.0±5.7	16.0±2.2	18.0±2.7
	介入後9ヶ月	47.0±5.7	48.0±10.4	47.0±9.1	44.0±6.5	42.0±2.7	44.0±4.2	20.0±3.5	24.0±2.2
	介入後1年	42.0±16.0	40.0±15.4	58.0±7.6	52.0±5.7	42.0±5.7	41.0±11.4	20.0±5.0	21.0±6.5
非腰痛群	初回	43.0±5.7	41.0±8.2	45.0±15.4	47.0±17.9	52.0±9.1	50.0±11.7	21.0±8.2	23.0±16.0
	介入後9ヶ月	43.0±10.4	41.0±9.6	53.0±7.6	51.0±11.4	50.0±12.2	42.0±12.5	24.0±8.2	25.0±7.1
	介入後1年	46.0±9.6	45.0±11.7	39.0±13.9	37.0±13.5	43.0±5.7	42.0±11.0	17.0±4.5	20.0±3.5

*p<0.05(初回×介入後9ヶ月)

#p<0.01(初回×介入後1年)

(単位:deg)

とSBの点数には有意な増加が認められなかったことから、体幹筋機能の向上が不十分だったため腰痛が残存した可能性が考えられた。体幹筋機能の向上が不十分だった要因として、トレーニングの内容や頻度、負荷量の設定が適切でなかった可能性が考えられる。今後は運動時腰痛保有者に対するトレーニング方法や指導について再検討し、体幹筋機能を向上させる必要があると考えられた。非腰痛群においては、KW、SBともに点数に有意な増加が認められたことから、腰痛のない者は、体幹筋機能の向上により運動時腰痛が予防できる可能性が考えられた。

運動時腰痛の有無にかかわらず、十分な可動域の改善に至らず、腰痛保有者が残存した。鳥居ら⁶⁾は、股関節周囲筋タイトネスや可動域と腰痛との関連性について報告しており、我々も同様に先行研究において、軸足の股関節内旋制限と運動時腰痛との関連性を示唆した³⁾。しかし、本調査では全ての群において股関節可動域に有意な改善が認められず、経時的な変化を捉える観点では股関節可動域と運動時腰痛との関連性を明らかにすることはできなかった。よって、ストレッチングを中心にコンディショニングの指導内容を再検討し、股関節可動域の変化と運動時腰痛との関連性を再調査する必要があると考えられる。

以上のことから、腰痛保有者においては、体幹筋機能の向上が不十分であることと、股関節可動域の改善が認められなかったことが、運動時腰痛が残存する要因となる可能性が考えられた。また、腰痛の無い者においては、股関節可動域の変化にかかわらず、体幹筋機能の十分な向上が運動時腰痛の予防となる可能性が示唆された。

まとめ

- 1) 1年間のコンディショニングサポート継続が運動時腰痛に与える影響を調査した。
- 2) 腰痛保有者において、体幹筋機能の向上が認められず、ROMは全ての項目で改善が認められなかったことが運動時腰痛の残存の要因になる可能性が考えられた。
- 3) 今後はトレーニング、コンディショニング指導内容を再検討する必要性が考えられた。

参考文献

- 1) 田頭悟志ら：Side-Bridge testの体幹機能評価法としての検討—Kraus-Weber test変法との比較から—。関西臨床スポーツ医・科学会研究会誌18：25-28, 2008。

- 2) 井上直人ら：高校サッカー選手における体幹筋トレーニングが腰痛発生予防へ与える効果. 臨床スポーツ医学18(3):504-510, 2010.
- 3) 井上直人ら：高校サッカー選手の運動時腰痛発生について—股関節可動性と周囲筋タイトネスの検討—, 日本臨床スポーツ医学会誌, 18(4) : 5182, 2010.
- 4) 森田哲生ら：成長期腰部スポーツ障害者における体幹筋持久力と体幹筋力指数の関係—スポーツ復帰への指標として—, 臨床スポーツ医学, 10(2), 208-211, 1993.
- 5) Manohar M. Panjabi et al : The Stabilizing System of the Spine. Part I Function, Dysfunction, Adaptation, and enhancement, Journal Of Spinal Disorders. Vol. 5, No 4, pp 383-389, 1992.
- 6) 鳥居俊：中学生・高校生の学校スポーツにおけるスポーツ傷害とその予防—現場でのチェックポイントと予防—, 臨床スポーツ医学, 10(9), 1033-1039, 1993.
- 7) 齋藤昭彦訳：脊椎の分節的安定性のための運動療法. 腰痛治療の科学的基礎と臨床, 2007.

大学サッカー選手の人工芝グラウンドにおけるスポーツ傷害の経時的変化

大阪産業大学大学院 人間環境学研究所 藤高 紘平
 大阪産業大学 人間環境学部スポーツ健康学科 大概 伸吾
 豊中渡辺病院 リハビリテーション科 来田 晃幸
 たちいり整形外科 リハビリテーション科 藤竹 俊輔
 神戸大学大学院 人間発達環境学研究所 岸本 恵一
 大阪行岡医療大学 医療学部理学療法学科 橋本 雅至
 びわこ成蹊スポーツ大学 競技スポーツ学科 大久保 衛

はじめに

サッカー活動中のスポーツ傷害は、相手選手とのコンタクトプレーによるものだけでなく、選手が使用しているグラウンドも一要因であると報告されている¹⁾。我々は、大学サッカー選手を対象に、公式試合で発生したスポーツ外傷において人工芝グラウンドと天然芝グラウンドで比較し、人工芝グラウンドでは下肢外傷が多くなったことを報告した²⁾。人工芝グラウンドは使用年数の経過によりロングパイル人工芝の磨耗、特殊調整硅砂やゴムチップの減少が生じるとされている。

そこで今回、サッカーにおける人工芝グラウンドでのスポーツ傷害の経時的変化を検討することを目的として、スポーツ傷害を調査し傷害発生率を検討した。

対 象

対象は2007～2010年度のO大学サッカー部員のフィールドプレイヤーとした。2007年度は61名、2008年度は59名、2009年度は66名、2010年度は98名であった。対象者の2007～2010年度のメディカルチェックとして測定した身体組成、Straight Leg Raising test (以下、SLR)、Heel Buttock Distance (以下、HBD)、Finger Floor Distance (以下、FFD)、および競技年数を表1に示

す。O大学サッカー部の練習環境は、2007年度(2007年4月)に土グラウンドからロングパイル人工芝グラウンドに変更した。なお、本研究を実施するにあたり、対象者には事前に調査項目に関する内容を十分に説明し承諾を得て実施した。

方 法

(1) 調査項目

①スポーツ傷害の調査

人工芝グラウンドでサッカー活動中に発生したスポーツ傷害に関しての部位別件数を調査した。外傷は強い外力が1回加えられたことで急性発症したものとし、障害は明確な外傷機転がなく自然発生機転にて発症したものと定義した。対象としたスポーツ傷害は指定の医療機関を受診し、2日以上練習に復帰できなかったものとした。

②Athlete-Exposuresの算出

各選手の練習への参加状況はチーム指導者、チームマネージャーにより記録され、各年度のAthlete-Exposuresを算出した。

(2) 傷害発生率の算出および比較項目

Athlete-Exposuresを用いて傷害発生率(Injury Rate per 1000 Athlete-Exposures, 以下 A-Es)を算出した。傷害発生率を下肢群、体幹群、上肢群および身体各部位に

表1. 対象者の各年度の身体的要素および競技年数

		2007年度 (n=61)	2008年度 (n=59)	2009年度 (n=66)	2010年度 (n=98)
年齢(歳)		19±0.8	20±0.8	19±1.3	20±1.8
身長(cm)		176.8±5.2	175.9±4.3	175.9±6.8	177.5±8.8
体重(kg)		73.2±11.2	71.4±10.2	74.4±11.1	72.7±10.2
SLR(度)	右	84.4±6.9	85.0±6.0	84.1±6.4	86.0±5.8
	左	83.3±5.9	82.0±6.8	85.3±5.7	83.9±6.2
HBD(cm)	右	0.19±0.6	0.27±0.6	0.21±0.7	0.22±0.2
	左	0.21±0.5	0.31±0.6	0.23±0.7	0.31±0.5
FFD(cm)		11.2±8.6	10.4±8.6	11.6±7.2	11.4±7.6
競技年数(年)		11.8±1.3	12.8±1.7	10.8±1.5	11.6±1.8

(Mean ± SD)

分けて比較検討した。各群における年度ごとの比較には Fisher's exact test を行い、有意水準を5%未満とした。

結 果

(1) スポーツ傷害の発生率

スポーツ傷害の総発事件数の発生率は、2007年度3.60 A-Es, 2008年度5.47 A-Es, 2009年度5.72 A-Es, 2010

年度5.14 A-Esであった。そのうち外傷全体の発生率は、2007年度2.72 A-Es, 2008年度3.71 A-Es, 2009年度3.81 A-Es, 2010年度3.23 A-Es, 障害全体の発生率は、2007年度0.88 A-Es, 2008年度1.76 A-Es, 2009年度1.91 A-Es, 2010年度1.91 A-Esであった。

(2) 下肢群, 体幹群, 上肢群における傷害発生率の年度ごとの変化 (図1)

年数が経過することで、下肢障害(腸脛靭帯炎, 腓骨

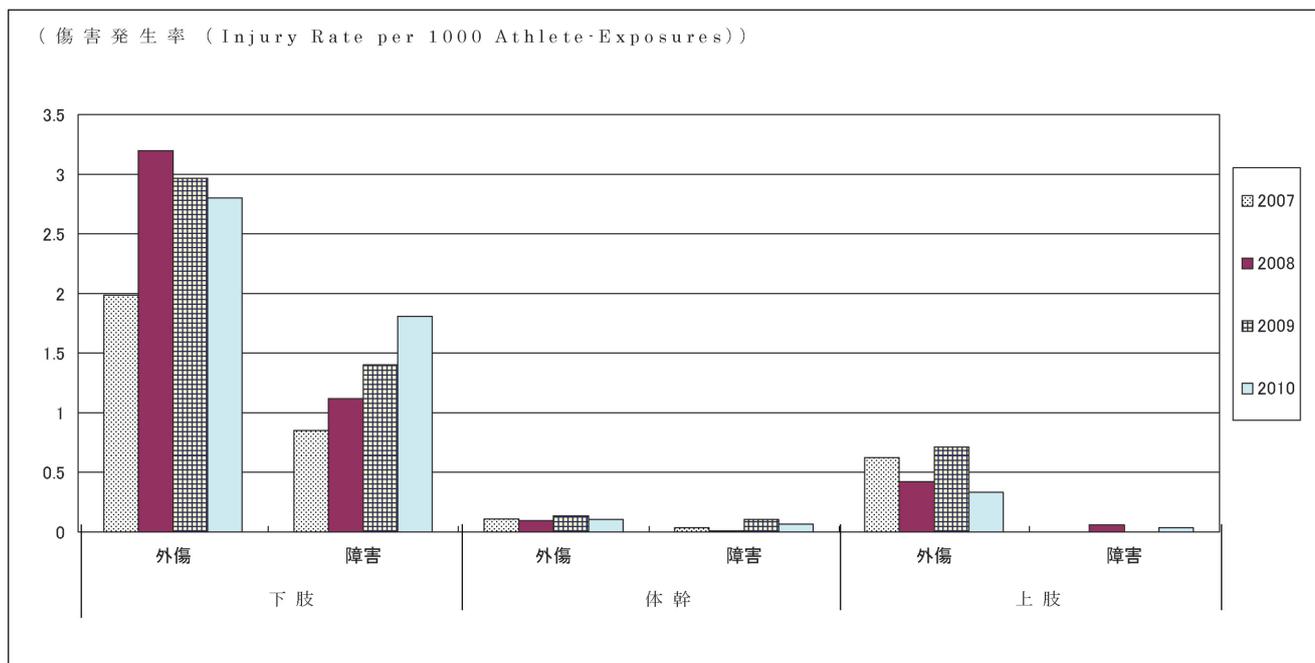


図1. 下肢群, 体幹群, 上肢群における傷害発生率の年度推移

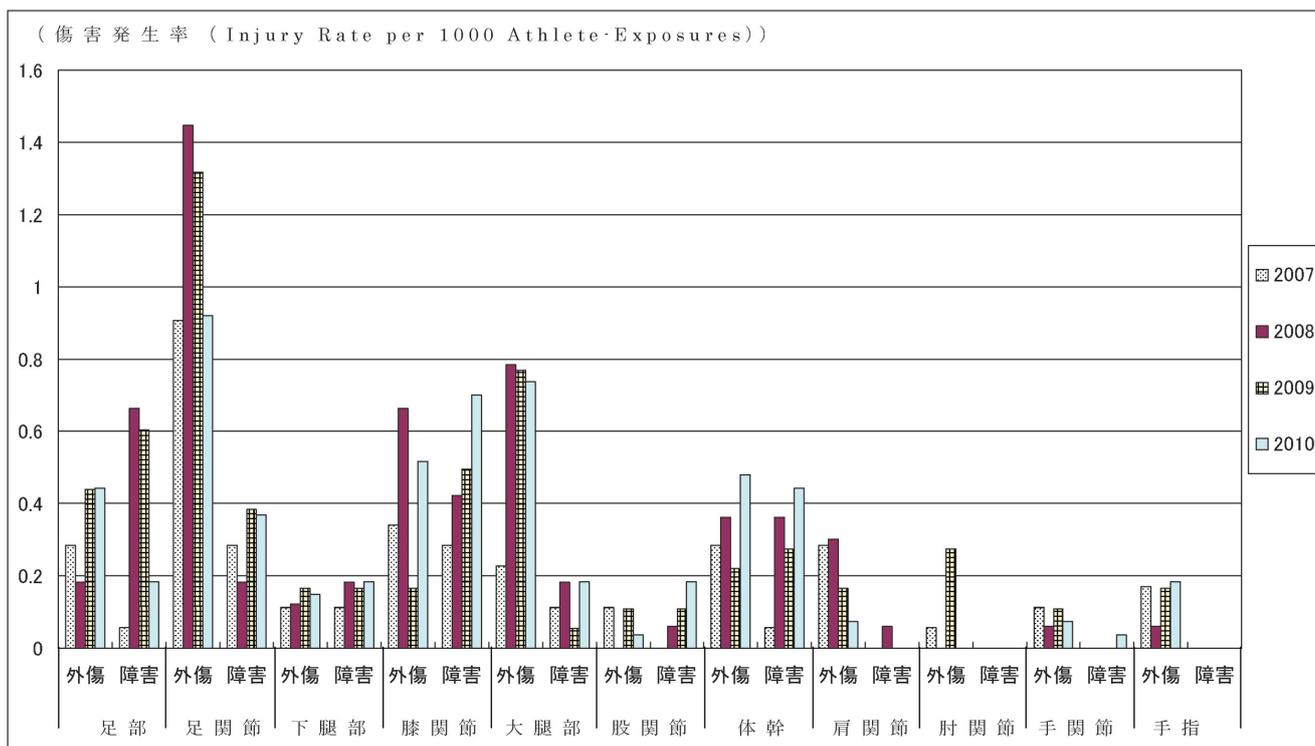


図2. 部位別における傷害発生率の年度推移

筋・後脛骨筋腱炎、足底筋膜炎など)の発生率が2007年度0.85 A-Es, 2008年度1.12 A-Es, 2009年度1.41 A-Es, 2010年度1.81 A-Esと増加したが, 統計学的な有意差は認められなかった。

(3) 部位別における傷害発生率の年度ごとの変化 (図2)

年数が経過することで, 膝関節障害(腸脛靭帯炎, 膝蓋腱炎, 膝関節炎など)の発生率が2007年度0.28 A-Es, 2008年度0.42 A-Es, 2009年度0.49 A-Es, 2010年度0.71 A-Esと増加したが, 統計学的な有意差は認められなかった。

考 察

本研究では, 人工芝グラウンドの使用年数が経過することで, 統計学的な有意差は認められなかったが, 膝関節障害と下肢障害の発生率が増加する可能性があると考えられた。

本研究での人工芝グラウンドは, 第3世代の人工芝グラウンドと称されており, 耐候性特殊ポリオフィレン系素材を使用したロングパイルの間に砂とゴムチップを充填している³⁾。この構造によって地面からの衝撃を吸収し, サッカースパイクのスタッド部分がより地面に埋まりやすくなっている。人工芝グラウンドの使用年数の経過により, ロングパイル人工芝やゴムチップは磨耗し, 下層にある特殊調整珪砂やゴムチップは減少する。ロングパイル人工芝が磨耗することにより, ロングパイル人工芝が地面に対して横たわるようになる。ロングパイル人工芝が横たわると, スタッドが地面に刺さりにくくなり, 転倒の増加や地面からの衝撃力が増大すると考えられる。また, ゴムチップが磨耗や減少することによっても地面からの衝撃力が増加すると考えられる。人工芝グラウンドは使用年数が経過すると老朽化とともに本来ある衝撃を吸収する性質や性能が失われると報告されている⁴⁾。また, 衝撃吸収性能試験にお

いては, 経年変化によりHIC(頭部損傷基準)値は少しずつ高くなり, その後低くなると報告している⁵⁾。この下肢への衝撃が増大することによって, 下肢や膝関節に加わるストレスが大きくなり, 下肢や膝関節の障害が増加する原因になる可能性が考えられた。

本研究の問題点は, サンプルサイズが小さいことである。環境によるスポーツ傷害への影響を検討するためには, さらに大きなサンプルサイズが必要である。また, 前所属チームの練習環境や使用スパイクシューズといった背景を統一されていないことである。前所属チームの練習環境を統一すると, 対象や傷害発生数が少なくなってしまうためである。

よって今後, 環境の変化によるスポーツ傷害への影響を検討していくためには, 継続した調査を行い, 前所属チームの練習環境や練習期間など総合的な検討を行う余地がある。さらに, 人工芝グラウンドによる身体への影響に対しての調査を実施し, 対策を検討する必要があると考えられた。

参考文献

- 1) Ekstrand, J., Nigg, M. B.: Surface-Related Injuries in Soccer, *Sports Medicine*, 8, 56-62, 1989.
- 2) 藤高紘平ほか: グラウンドサーフェイスの違いが大学サッカー選手のスポーツ外傷に及ぼす影響—天然芝グラウンドと人工芝グラウンドとの比較—, *関西臨床スポーツ医・科学研究会誌*, vol. 20: 25~27頁, 2011.
- 3) 青木豊明: サッカー場のロングパイル人工芝のスポーツ傷害, *臨床スポーツ医学*, vol. 25, No. 9: 1092-1094頁, 2008.
- 4) Nigg, M. B., & Yeadon, R. M.: Biomechanical aspect of playing surface, *Journal of Sports Science*, 5 (2), 117-145, 1987.
- 5) 小島文雄: ロングパイル人工芝ピッチに関する比較研究の構想について—仙台大学および大阪体育大学との気候の違いによる相違点の調査—, *仙台大学紀要*, vol. 37, No. 2, 71~78頁, 2006.

動的バランス評価方法の検討 ～片脚 drop jump における重心動揺軌跡長の再現性と有用性～

大阪大学医学部附属病院 リハビリテーション部
大阪保健医療大学 保健医療学部
大阪大学大学院 医学系研究科器官制御外科学講座

杉山 恭二・木村 佳記・高木 啓至・鎌田 理之
佐藤 睦美・井上 悟
前 達雄・北 圭介・中田 研

はじめに

スポーツ選手に必要な身体機能として、柔軟性、筋力、バランスなどが挙げられる。これらは、リハビリテーションにおけるスポーツ復帰の基準としても重要である。柔軟性は関節可動域測定、筋力は機器を用いた測定などが実施されているが、バランス能力に対する定量的評価方法は少ない。スポーツ選手に対するバランス評価には、片脚立位での重心動揺量を数値化した報告¹⁾や star excursion balance test を用いた報告²⁾などがみられる。しかし、これらの運動課題と着地や停止動作、方向転換などのスポーツ傷害の受傷機転に関連する動作能力との関係は明確ではない。

片脚 drop jump は、台上からの着地後に静止する課題であるが、着地の衝撃を吸収しながら重心の動揺を制御する動的バランス能力が要求される課題である。本動作は傷害予防のトレーニングとしても用いられているが、着地時の膝関節外反は ACL 損傷の危険因子であると報告されている³⁾。

我々は、全身振動下トレーニングの動的バランス能力に対する効果検証に片脚 drop jump の重心動揺軌跡長を用い、その即時効果を示した⁴⁾。drop jump 着地の重心動揺軌跡長は動的バランス能力を反映すると考えられるが、測定値のばらつきや再現性などの特徴は不明である。

目 的

健常者における片脚 drop jump を用いた動的バランステストの測定回数、測定日の違いによる測定値の特徴を、再現性に注目して解析し、有用性を検討することである。

対象と方法

1) 対 象

対象は下肢に傷害既往のない健常成人6名(男4名,女2名)で、年齢は20～27歳(平均21.7歳)、身長は151～175cm(平均166.7cm)、体重は48～70kg(平均62.7kg)であった。対象者の運動習慣は週1回程度であった。なお、対象者には研究内容を十分に説明し参加の同意

を得た。

2) 運動課題

運動課題は20cm 台から片脚で踏み切って同脚で着地する片脚 drop jump とし、右片脚立位から前方30cm への踏み切りと着地 (front jump; 以下 FJ)、左片脚立位から同側20cm への踏み切りと着地 (lateral jump; 以下 LJ) の2種類とした。両腕は胸の前で交差して腕と手掌を体につけるよう指示した。重心動揺の制御に必要な時間は不明であったため、本研究では、着地から姿勢が安定するまで5秒間静止するように指示し、その間の床反力を計測した(図1)。両課題ともに10回試行し、同様の内容を連続しない3日間において計測した。

3) 測定機器およびデータ処理

重心動揺は、床反力計 (BERTEC FORCE PLATE TYPE4060H: BERTEC Corp) を用いて周波数60Hzで測定した。データ処理には市販のソフトウェア (ToMoCo-FP: 東総システム) を用いた。計測した床反力データから着地後5秒間の足圧中心の移動距離を算出し、これを重心動揺総軌跡長とした。

4) 統計解析

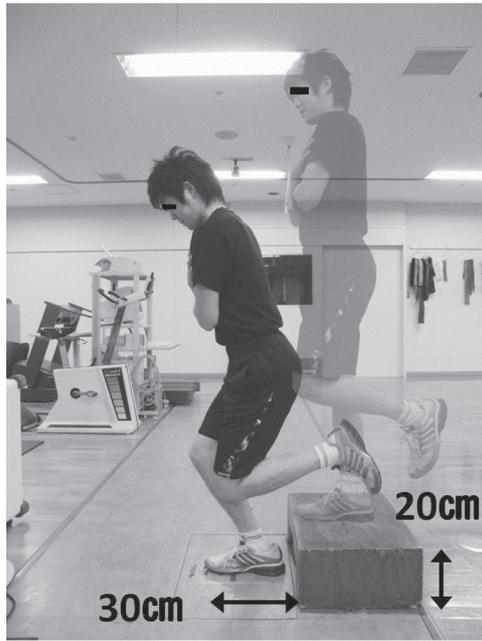
統計学的解析には二元配置分散分析を用い、有意水準は5%とした。

結 果

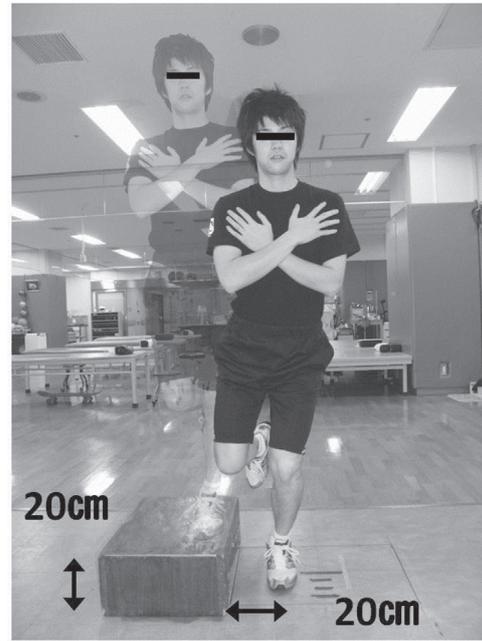
各試行回数における対象者の総軌跡長の平均値と標準偏差を、測定日ごとに図2に、各測定日における全10回の平均値と標準偏差を表1に示す。

1) FJ における総軌跡長について

各測定日の全10回の標準偏差を比較すると、1日目は2・3日目に比べて標準偏差が大きい傾向がみられた。この運動課題の慣れによる効果をみるために、10回の試行を、前半(1～5回)と後半(6～10回)に分けて平均値と標準偏差を算出した(表1)。その結果、測定日によらず後半の標準偏差が小さくなった。そこで、後半の試行回数と測



front jump



lateral jump

図1. 運動課題

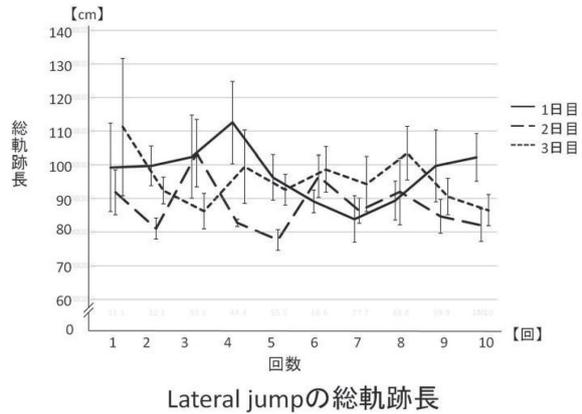
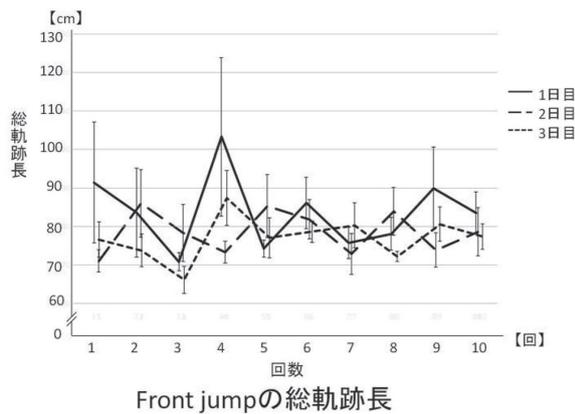


図2. Front jump・Lateral jumpの総軌跡長

定日について二元配置分散分析を行った結果、総軌跡長は試行回数と測定日との間に有意差を認めなかった。

2) LJにおける総軌跡長について

各測定日の全10回の標準偏差を比較すると、1日目は2・3日目に比べて標準偏差が大きい傾向がみられた。FJと同様に前半5回と後半5回の平均値と標準偏差を算出すると(表1)、測定日によらず後半の標準偏差が小さくなった。さらに、総軌跡長は試行回数および測定日との間に有意差を認めなかった。

表1. 総軌跡長

	1日目	2日目	3日目
全体	84.7±25.0	77.2±10.7	78.5±14.5
FJ			
前半	86.9±33.0	76.7±12.7	78.8±16.2
後半	82.9±16.1	77.8±8.6	78.2±12.9
LJ			
前半	101.7±22.9	86.9±15.1	96.7±26.5
後半	92.5±17.4	88.2±14.4	94.5±15.9

平均値±標準偏差,単位(cm),n=6

考 察

片脚 drop jump における着地後の静止には、接地衝撃の吸収と、動揺する重心を片脚の足底面内に留めるための筋力と協調性が要求されるため、本測定方法はいわゆる静的バランスとは異なる動的バランス能力を反映すると考える。足の形状は前後幅より横幅の方が小さいにもかかわらず、LJ の重心動揺総軌跡長は FJ に比べて大きかった。着地における衝撃吸収は下肢と体幹で行われるが、下肢の足関節、膝関節の屈曲運動は主に矢状面で行われている。LJ は FJ に比べて側方への加速度が大きいため、股関節や体幹での調節がより重要であり、足底面での側方への足圧中心の制御がより高いレベルで要求され、難度が高いために LJ の総軌跡長が FJ より大きくなると考えられた。以上より難度と個人の運動能力の両方が測定値に反映されていることが示唆され、本法は動的バランステストとして有用であると考ええる。

両課題ともに、10 回のうち後半 5 回の測定値の標準偏差が前半に比較して小さくなるため、5 回程度の練習後に測定することにより測定値の再現性が高まると考えられた。さらに、後半 6～10 回の計測値は試行回や測定日間で有意差を認めず、一定の再現性を有することが示唆された。本法は重心動揺軌跡長という定量的評価であることに加え、かつ、三次元または二次元の動作解析システムより計測が簡便な点も臨床評価として有用性がある。本研究により一定の再現性も確認されたことから、片脚 drop jump は動的バランステストとして有用であると考ええる。

今後は、サンプル数を増加して再現性と信頼性をさらに検証し、動的バランス能力のレベルや改善度を反映する鋭敏性についても検証する予定である。また、接地から静止までの重心動揺軌跡の前方・側方成分、移動速度や加速

度、さらには床反力の収束時間などさまざまなパラメータにつき検討することで、動的バランス能力をより詳細に評価できる可能性があると考ええる。

ま と め

健康人における片脚 drop jump の重心動揺総軌跡長を測定した。front jump, lateral jump とともに以下の傾向が認められた。

- 1) 前半 5 回と後半 5 回を比較すると、後半 5 回の標準偏差が小さかった。
- 2) 後半 5 回の重心動揺軌跡長の計測値は測定日間に有意差を認めなかった。

以上のことから、片脚 drop jump を用いた動的バランステストは、5 回の練習後に床反力計を用いた重心動揺軌跡長を 5 回計測することで再現性のある評価が可能であり、定量性、再現性、簡便性のある有用な動的バランス評価であることが示された。

参考文献

- 1) 平松由美子ら：前十字靭帯再建膝における重心動揺性の評価。中四整会誌 21 (1) : 1-5, 2009.
- 2) Filipa A et al. : Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in young female athletes. J Orthop Sports Phys Ther 40 (9) : 551-8, 2010.
- 3) 小笠原一生ら：前十字靭帯損傷リスクの簡便なスクリーニング指標としての前額面膝関節偏位指標の提案。体力科学 57 : 553-563, 2008.
- 4) 天野大ら：全身振動 (Whole Body Vibration) 下トレーニングの健康人動的バランスに対する即時効果。日本臨床スポーツ医学会誌 19 (2) : 290-295, 2011.

バットスイングによって生じた第1肋骨骨折の1例

社会保険滋賀病院 整形外科 坂井田 稔・千原 一久

はじめに

スポーツによる直達外力以外によって生じた第1肋骨骨折の報告は散見されるようになってきたが、疲労骨折のものが多く1回の外力によって発症した第1肋骨骨折は稀である。またほとんどは男性に発症しており、今回女性で軟式野球試合中のバットスイングによって生じた第1肋骨骨折の1例を経験したので、文献的考察を加え報告する。

症 例

症例は、25歳、女性、職業：高校体育教師、右利き。

現病歴：学校対抗親睦会軟式野球大会にて、高いボール球を右手をバットから離し左手のみで思いっきり空振りしてから、左肩関節痛、左前胸部痛、頸部痛を発症。近医受診するもX線像にて異常認めず肩関節捻挫と言われた。その後も体育授業で柔道、ダンス等続けていたが、症状改善せず受傷後3ヵ月で当科を受診した。

初診時所見：左頸部から肩関節および前胸部に動作時痛があり、左鎖骨窩に圧痛を認めた。肩関節、頸椎の明らかな可動域制限は認めなかった。

野球歴：生涯3度目の試合、普段練習なく1年ぶりの打席。

X線所見：単純X線像にて左第1肋骨遠位に骨硬化を伴う骨折線を認めた(図1)。

CT所見：CT三次元表示正面像にて左第1肋骨遠位に同様な偽関節を疑う骨折部硬化像を認めた(図2)。明確な受傷機転及び経過よりバットスイングによる左第1肋骨骨折と診断した。

治療：左肩関節にストレスがかからないような軽度安静のみで2ヵ月後には症状消失、4ヵ月後にはレントゲンにて骨癒合を認めた(図3)。

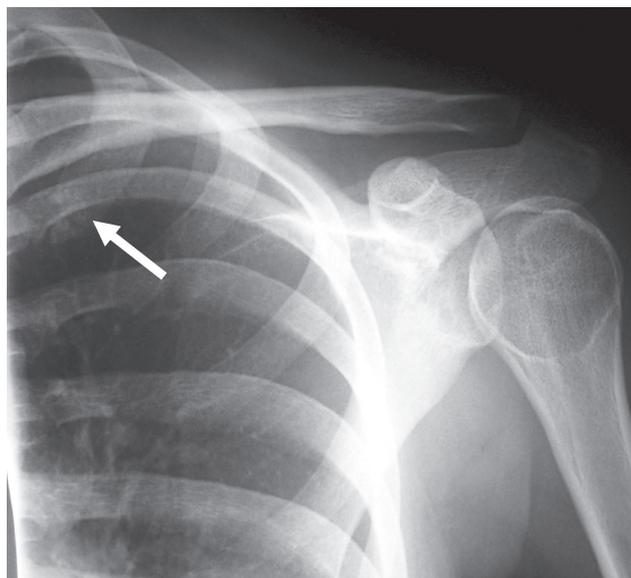


図1. 初診時X線像

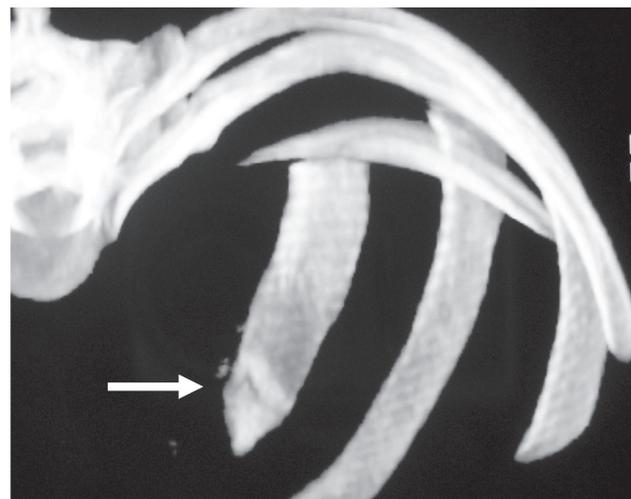


図2. CT像

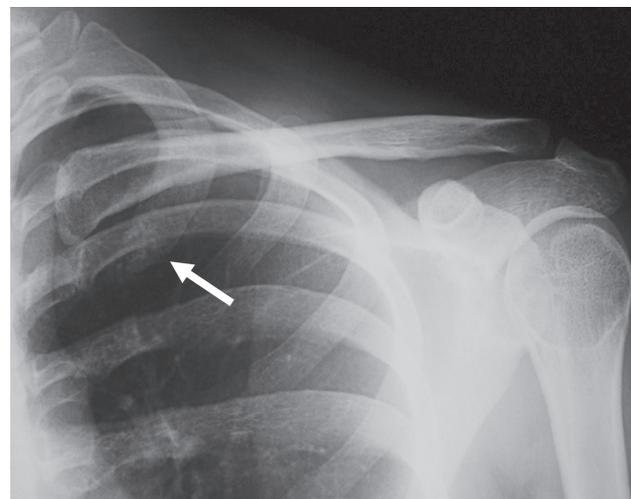


図3. 4ヵ月後X線像

考 察

第1肋骨骨折の発生メカニズムには、①背部からの直達外力、②鎖骨または胸骨柄を介する直達外力、③筋力によるもの、④疲労骨折、⑤突発性骨折等があり、本症例では、②、③が関与していると考えられる。

上松ら¹⁾が述べているように、バッティング空振りにより鎖骨から肋鎖靭帯を介して第1肋骨を前方に押し出す力と、弾みで頸椎が右回旋側屈し、前・中斜角筋収縮の上方への拮抗した急激な作用に加え、下方へは前鋸筋、内肋間筋が急激に第1肋骨に働きさらに、本症例では女性であり、男性より筋力が劣り、男性と同じバットで強振しバットコントロールがきかず、鎖骨がバットの遠心力により下後方へシフトし第1肋骨とカウンターとなり第1肋骨骨折が発生したと考えられた。尚、軟式バットは、メーカーによって違いがあるが、重さは約570g～780g、長さは約83cm～85cmある。図4は、第1肋骨と鎖骨の関係を、20歳代女性の正面X線像で見たものであるが、中間位に比べバット空振り再現位では、頸椎は右回旋側屈し、鎖骨はやや下方後方へ、第1肋骨はやや前方上方へシフトし、鎖骨・第1肋骨間隙Aが狭小化する骨性ストレスに加え、附着部筋群のストレスが瞬間に加わったと推察される。

第1肋骨骨折の症状は、頸部痛、肩関節痛、背部痛、肩甲帯周囲痛等を自覚するが肋骨部痛として受診することは、稀れと思われる。それゆえ診断に難渋することが多いと思われる。症状が軽微な場合見過ごされる場合があるので、注意が必要である。確定診断は、単純X線像にて骨折線が確認できれば容易であるが、場所的にX線像でわかりにくいことも多く、確定できない時には、CT、MRI、骨

RIが有用である。本症例でも頸部痛があるので、頸椎単純X線写真も撮っているが、第1肋骨骨折は確認できず(図5)、肩関節X線像にて確認された。臨床所見では、頸椎、肩関節の可動域制限を伴うことがあり、左右比較して差がある鎖骨上窩の圧痛が、診断には重要と思われる。治療は早期に診断ができれば容易であり、一般的には、特に固定は要せず2～4週の痛みのない動作は許可する安静で疼痛が軽快したら、その後軽い運動から徐々に運動レベルを上げていけばよい。しかし、診断が遅れば遷延治癒、偽関節²⁾、場合によっては、胸郭出口症候群³⁾、腕神経叢麻痺⁴⁾にて手術加療の報告もあり、本症例でも最初診断がつかず経過し当科受診時には偽関節となっていたが、幸い骨癒合が得られ治癒したが注意を要する。本症を念頭に置いて診察することが重要と思われる。また女性に発生する第1肋骨骨折は、われわれが調べた範疇では、本症例を含め11例記載があったが、本症例以外すべて疲労骨折で、女性にも一度の外力により発症することがあることも、知っておかねばならない。スポーツによる第1肋骨骨折は比較的稀な骨折であり、スポーツにおいて見過ごされやすい外傷の一つである。第1肋骨骨折は、諸家の報告によれば、全肋骨骨折の0.5～5%といわれている。野球はリクリエーションでよく行われるスポーツで、今回のように女性スポーツ愛好家でも1回のバットスイングにて第1肋骨骨折が発症することを考えると実際はもっと多いのではないかと危惧される。予防には、十分な準備運動はもちろん、たまにしかししない者には、大振りをしない、筋力の弱い女

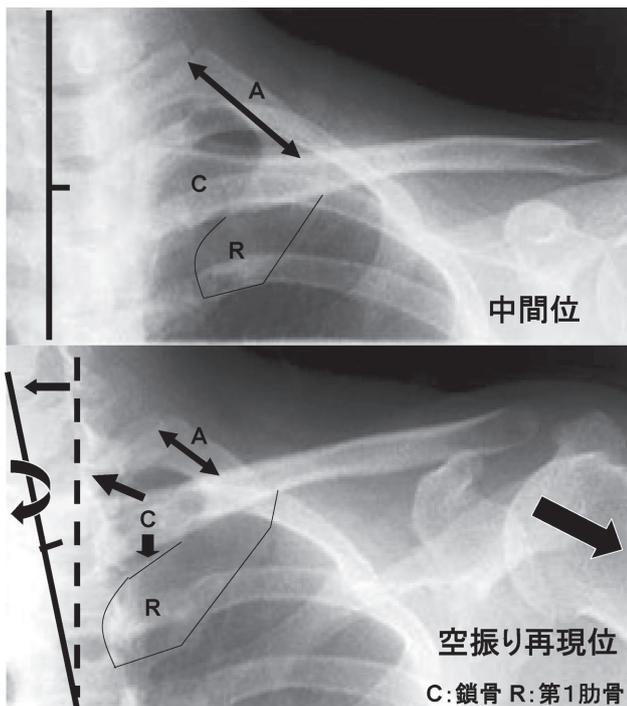


図4.



図5. 初診時頸椎X線像

性などには、バットを短めに持つなど経験者による適切な指導が必要と考えられた。

まとめ

- 1) 女性スポーツ愛好家でも1回のバットスイングにて第1肋骨骨折が発生することがある。
- 2) 診断は鎖骨上窩第1肋骨部圧痛の左右差の有無が重要である。
- 3) 1回のX線写真にて異常がなくても症状が続けば再度X線写真を撮るべきである。
- 4) 治療は痛みのない範囲内の動作制限でよいが、難治性偽関節になりうることを知っておかねばならない。

- 5) スポーツによる第1肋骨骨折は、疲労骨折を含めると稀な傷害とは言えず、頸部から肩甲帯周囲の痛みには、本症を念頭において診断することが重要である。

参考文献

- 1) 植松ら：野球による第一肋骨骨折の3例. 関西臨床スポーツ・科学研究会誌, 4: 23-26, 1994.
- 2) 斉藤ら：第一肋骨骨折の3例. 北海道整災誌, 14: 63-66, 1969.
- 3) 後藤ら：スポーツ骨傷害に対する基礎的, 臨床的アプローチ, 臨床スポーツ医学増刊号, 58-63, 1988.
- 4) 笹重ら：肋骨骨折により生じた腕神経叢麻痺の1例, 整形外科, 42(6): 937-940, 1991.

後上方関節唇損傷術後拘縮に対し上肢挙上での運動機能訓練が奏功した1例

行岡リハビリテーション専門学校 理学療法学科 武富 由雄
大阪厚生年金病院 スポーツ医学科 米田 稔

はじめに

肩腱板不全断裂と後上方関節唇損傷術後、肩拘縮のため機能回復に難渋した症例を経験したので検討を加え報告する。

対象と方法

症例は45歳の女性。1999年、テニスのサーブで右肩にプチツとする音と共に右肩関節痛が出現、以後右肩関節痛に対して保存療法を行っていたが軽快せず経過していた。2005年、右関節痛が増強、2007年には左肩関節痛も発症した。2008年、MRI検査の結果、右肩腱板不全断裂、右後上方関節唇損傷の診断。2009年3月、鏡視下で右棘上筋関節面不全断裂に対してデブリードメント、右後上方関節唇損傷部の修復術を受け、肢位固定後受けた運動療法に反応せず、右肩甲上腕関節部に疼痛増大、右肩部の筋緊張が増強し、機能改善しないため紹介となる。

2009年12月、紹介された時点で術後8カ月を経過していた。理学療法の初診時の機能障害は右肩関節に運動痛があり、右僧帽筋上部線維萎縮、右上肢の挙上が困難であった(図1)。日本整形外科学会肩関節疾患治療成績判定基準(JOAスコア)では、疼痛10/30、筋力2/10、日常生活動作群2/10、可動域(自動運動)6/30、総合評価点は20/80(80満点)で、肩全体の機能としては25%レベルであった。右肩関節痛のVAS(Visual Analogue Scale)での評価では5.8/10。治療前の右肩関節のROMは屈曲60°、外旋(下垂位)0°であった。右側の指椎間距離は62cm、左側は21cm、右側の握力は29.2kg、左側は27.9kgであった。

右肩関節の運動機能回復を図るために以下の運動プログラム1~4を設定、実施した。

1. 右肩甲上腕関節に対して術者の徒手による等尺性運動・Hold-Relax運動、①内転にHold-Relax運動、②内旋にHold-Relax運動、③伸展にHold-Relax運動¹⁾。
2. サンディング運動(傾斜板の角度が30°から55°まで調節できる)、右手に1kg重量を負荷した板を右肘関節伸展位、傾斜板55°の角度で上下方向に滑らせながら、肩甲帯のprotractionを促す運動。
3. 上肢最大挙上位での自動挙上運動。三角筋、僧帽筋下部線維を特に意識させて、壁面に当てた右手を壁から浮かす一戻す運動(タッピング様運動)(図2-a, b)。
4. 右上肢最大挙上位で右僧帽筋下部線維に対する徒手抵抗運動。

運動開始体位は運動プログラム3の壁面での運動(立位)を除いてすべて椅座位で行った。各運動30回行い、週1回来診。在宅では運動プログラム3の運動を30回、2セット/日に行うよう指示した。



図1. 運動療法開始時の右患側肩の挙上角度



図2. 運動プログラム3

a: 上肢最大挙上位で手を壁面に当てる

b: 三角筋, 僧帽筋下部線維を収縮させるよう意識させる. 壁面に当てた右手を壁から浮かす一戻す運動 (タッピング様運動)

結 果

運動を実施した期間は4カ月半, 週1回, 計15回であった. 運動開始8回目で右肩関節の前方挙上90°位で5秒間保持可能に, 10回目で壁面上のタッピング様運動が30回可能に, 13回目で右手が右腰に当てられ, 丁度バレエができるようになった. 運動前・後のJOAスコアの比較では, 疼痛10/30が25/30に, 筋力2/10が9/10に, 日常生活動作群2/10が6.5/10に, 可動域(自動運動)6/30が28/30にと, 総合得点では20/80が68.5/80点となった(図3). 右肩全体の機能としては25%が86%にまで機能回復した. 最終の右肩関節のROMは屈曲160°, 外旋60°であった. 右肩関節痛は軽減し, 上肢垂直挙上位で保持可能になった(図4-a.). 前腕遠位部に1kgの重錘を巻いて, 右肩甲上腕関節屈曲(前方挙上位)90度位で10秒間保持できた(図4-b.) また, 右側の指椎間距離が21cmであったのが13cmと距離が短くなり, 右母指先端は背部で肩甲骨レベルまで挙げられた. 右側の握力は29.2kgが32.1kgと増大していた. 長年趣味としていたバレエで右手が右腰に当てて踊れるようになり, 患者自身“よく右腕が挙がるようになった”と, 右上肢の機能回復に何よりの喜びと満足感が得られた.

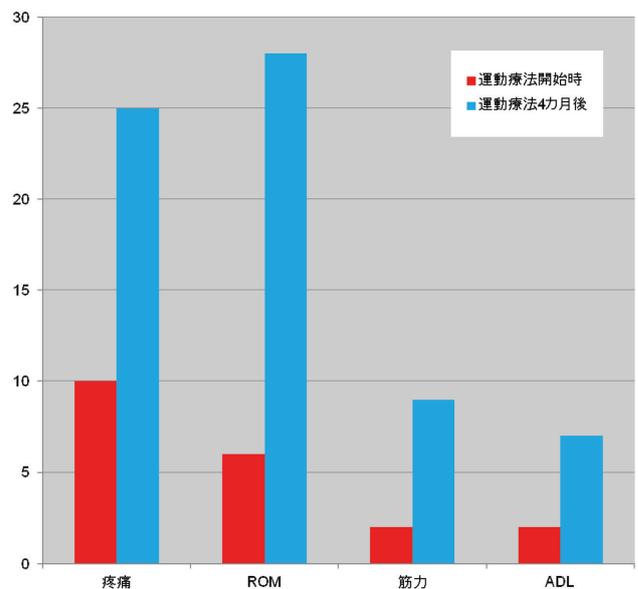


図3. 右肩関節機能: 運動前/後のJOAスコアの比較



図4. 運動療法4ヵ月半後の機能回復状態
 a: 右患側上肢最大挙上可能に
 b: 90度屈曲位で1kgの重錘保持可能に

考 察

術後機能回復の要因は、右上肢の運動による右肩関節痛が右肩関節周囲筋群、特に右肩甲上腕関節の内転筋群、内旋筋群の反射性過緊張を惹起、右肩甲上腕関節の屈曲、外転、外旋、屈曲運動の妨げになっていた。先ずこれら異常な筋緊張に運動痛を軽減し関節可動域を広げるため、椅座位で随意的な最大筋収縮と弛緩を求めたhold-relax テクニック²⁾を行い、右肩甲上腕関節の内転筋群と内旋筋群に最大出力の促通と逆の性質をもつ抑制によって、これら筋群が弛緩する。筋の柔軟性と伸長性を取り戻した後、右肩甲上腕関節の屈曲、外転、外旋への円滑な可動域運動に導くことになる³⁾。次いで、立位の下、壁面上で上肢最大挙上位での運動と徒手抵抗による筋力増強運動によって僧帽筋下部線維をはじめ、僧帽筋上部線維、菱形筋、前鋸筋の筋力増強によって、肩甲胸郭結合上の肩甲骨の上方回旋と外転運動が促されるだけでなく、さらに肩甲胸郭上で肩甲骨の安定性が増す^{4),5)}。肩甲胸郭結合上で獲得された肩甲骨の回旋運動と安定化の二つの動的要因によって、上腕骨頭が肩甲骨関節窩に求心位に安定された状態で、肩甲上腕リズムに乗り、上肢垂直方向への挙上運動と挙上位保持が可能となったものと考ええる。

ま と め

テニスに因る外傷後10年間右肩関節痛を訴え続け、なお術後機能回復に難渋していた右肩拘縮に対して、hold-relax テクニックと右上肢挙上位での運動療法が機能の改善に効果的であった症例を報告した。

参考文献

- 1) 米田稔, 田中健毅, 前 達雄, 水野直子, 武富由雄: 五十肩のリハビリテーション. 関節外科2003; 22 (4月増刊号): 72-81.
- 2) Knott M, Voss DE: Proprioceptive Neuromuscular Facilitation, Harper & Row, 1956.
- 3) Y.Taketomi, T. Muraki: Effect of hold-relax technique of shoulder internal rotation on increased joint range of external rotation, J. Phys Ther Sci 3: 19-23, 1991.
- 4) 武富由雄, 村木敏明: 五十肩の理学療法－運動療法とその筋活動分析の検討, 日関外誌8: 3-10, 1989.
- 5) 武富由雄, 村木敏明, 市橋則明, 篠原英記: 五十肩にみる肩甲胸郭結合の筋活動分析の検討, 理学療法学, 17: 113-127, 1990.

有痛性分裂膝蓋骨 (Saupe分類Ⅱ型) に対し、 DTJ screwを用いて固定した4膝

兵庫医科大学 整形外科 中山 寛・田中 寿一・吉矢 晋一

はじめに

一般的に、有痛性分裂膝蓋骨はストレッチなどの保存的治療で症状が軽快することが多いが、一部の症例で手術的加療を必要とする場合がある。手術的治療には分裂骨片摘出や外側分離術をはじめ、さまざまな方法が報告されている。

有痛性分裂膝蓋骨はSaupe分類Ⅲ型が多い。一方、Saupe分類Ⅱ型はⅢ型に比べ、頻度は低いが分離骨片が大きく、観血的治療において骨接合術が選択されることが多い¹⁾。今回、Ⅱ型の有痛性分裂膝蓋骨に対し、骨接合を行った3例4膝を経験した。

手術方法

膝蓋骨外側縁に沿った縦皮切で展開し、外側膝蓋支帯を切離した。関節内から直視下に分裂骨片の関節軟骨の状態を確認後、関節軟骨に明らかな変化を認めない例を接合術の対象とした。接合術に際しては、骨膜下に分裂骨片を剥離後、分裂部を新鮮化し、DTJ screwで固定した。術後は1～2週伸展位固定の後、全荷重を許可した。

症 例

症例 1

14歳、男性、野球部、主訴右膝痛。3ヶ月前から右膝痛出現した。近医で保存的加療を行うも軽快せず、当科紹介となった。当科受診1ヶ月後に手術を施行した。術前X線像では骨片の転位を認めた。術後2ヶ月で骨癒合、術後7ヶ月で痛みなく術前スポーツへ全面復帰した(図1)。

症例 2

12歳、男性、サッカー部、主訴両膝痛。2年前より両膝痛あり、保存的治療に抵抗するため、近医より当科紹介となった。当科初診6ヶ月後に両側同時に手術を施行した。術前X線で両側分裂骨片は転位を認めた術後2ヶ月で骨癒合、術後6ヶ月で痛みなく術前スポーツへ全面復帰した(図2)。

症例 3

13歳、男性、陸上部、主訴右膝痛。ダッシュ時右膝痛

自覚し、近医を受診した。保存的加療を行っていたが、1ヶ月の保存的治療の間にX線で転位を認めたため、当科紹介となった。当科受診1ヶ月後に手術を施行した。術後3ヶ月で骨癒合、術後5ヶ月で痛みなく術前スポーツへ全面復帰した(図3)。

各症例のまとめを示す(表1)。各症例とも術後経過観察時の可動域制限は認めていない。

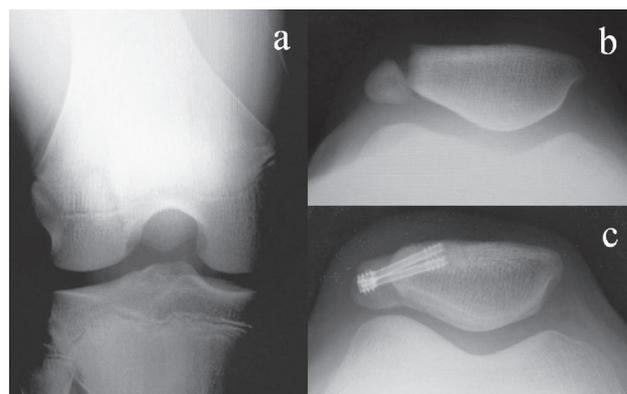


図1.

(a). (b). 右膝、初診時X線にて分裂骨片の転位を認める。
(c). 術後2ヶ月で骨癒合得られた。

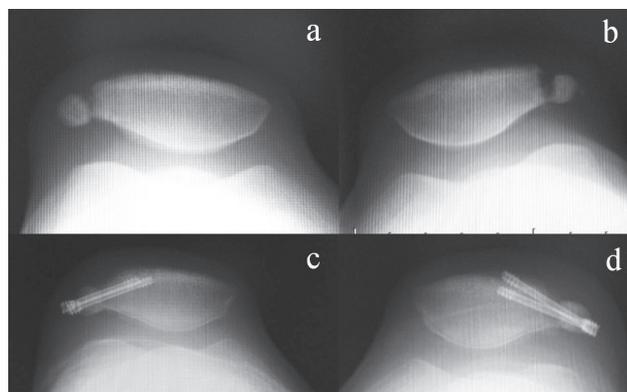


図2.

(a). (b). 初診時X線にて分裂骨片の転位を認めている。
(a)右膝, b左膝
(c). (d). 術後2ヶ月で骨癒合得られた。

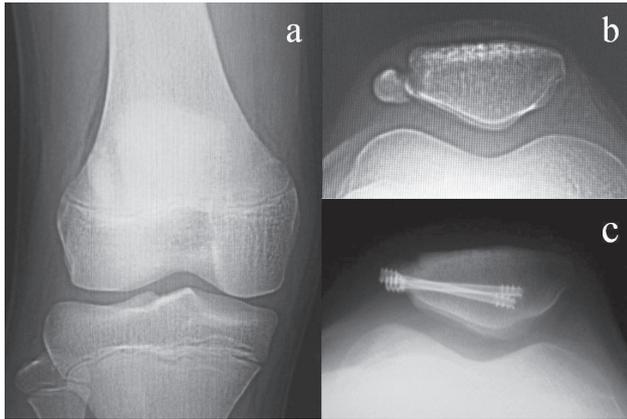


図3.

(a). (b). 右膝，初診時X線にて分裂骨片の転位を認めている。
(c). 術後3ヶ月で骨癒合得られた。

表1.

症例	手術側	スポーツ	分裂骨片の関節軟骨の状態	骨癒合時期	スポーツへの全面復帰時期
14歳男性	右膝	野球	正常	2ヶ月	7ヶ月
12歳男性	両膝	サッカー	正常	2ヶ月	6ヶ月
13歳男性	右膝	陸上	正常	3ヶ月	5ヶ月

考 察

一般的に、有痛性分裂膝蓋骨の治療はストレッチ、アイシング、運動量の調節などの保存的治療が行われ、ほとんどの症例で症状は軽快する。しかし、保存的治療に抵抗する一部の症例に対する観血的治療としては、従来より骨片摘出術が行われ、良好な成績が報告されている²⁾。また、外側広筋腱、膝蓋支帯剥離、骨接合術などの観血的治療も行われる。内固定法としては、骨螺子¹⁾、Herbert screw³⁾などが報告されている。しかし、報告例の多くはsaupe III型であり、II型での報告は少ない。

II型の臨床像の特徴であるが、外側膝蓋支帯の牽引が発症に関与し⁴⁾、分裂骨片の転位を示すことが多いため、保存的治療に抵抗する率が高いことがあげられ、観血的治療となる症例が多い。III型より大きな関節面を含み、摘出した場合は、膝蓋骨のトラッキングの変化や膝蓋大腿関節に対する長期的な影響が危惧される。II型の手術方法について、Ogata²⁾は骨片摘出を行った例では成績良好であったが、外側広筋の剥離のみを行った例では全例骨癒合が得られず、愁訴が長期に残存したと報告している。また、II型はIII型に比べ、術後症状軽減の時期が遅く、特に成長期の症例では分裂骨片摘出は膝蓋骨関節面が減少するので、温存が望ましいとしている。このことから、II型においては分裂骨片の関節軟骨に明らかな変化がなければ骨接合の選

択が望ましいのではないかと考える。過去にII型の内固定の報告は少なく、吉矢の4膝¹⁾、星³⁾の1膝のみであった。しかし、長期成績の報告はなく、膝蓋大腿関節障害の発生の有無など今後の検討を要する。また、過去の報告では、分裂骨の傾斜が残存していると、膝蓋大腿関節の痛みにつながると報告されているものもある。症例1, 2では傾斜角度が残存しているが現在のところ疼痛の出現はないが、症例3では傾斜角度を残さないように整復固定した。

他医で吸収ピンで固定されたIII型の偽関節の1膝を経験した。痛みが続くため、固定術後2ヶ月で当科紹介となった。X線では偽関節を呈しており、III型であったことから骨片摘出術を行った。骨片摘出後3ヶ月(初回手術から5ヶ月)でスポーツ復帰可能となった。吸収ピンでの固定力が弱かったため、偽関節になり、スポーツ復帰が遅れた症例であった。このような例もあることから、当科ではDTJ screwを使用している。当科で開発されたDTJ screw⁵⁾の最大の特徴は、cannulatedであること、self drill, self tapが可能なことである。Headlessで骨内に埋没でき、骨片間の圧迫力がかかる優れた特徴を持っている。また、引き抜き試験においても最も強度が高い。以上の理由から、DTJ screwを用いているが、今回の症例においても固定期間が短縮でき、良好な成績が得られ、その有効性が確認できた。

なお、スポーツ復帰時期は5~7ヶ月であったが、骨癒合が2~3ヶ月で完成しているため、もう少し早期からの復帰が可能であったかと思われた。

ま と め

1. 有痛性分裂膝蓋骨 Saupe 分類II型の3例4膝に対してDTJ screwを用いて骨接合を行った。
2. 全例で骨癒合が得られ、愁訴なくスポーツ復帰が可能であった。

参考文献

- 1) 吉矢ほか：有痛性分裂膝蓋骨の治療経験。関節外科，3：219-222，1984
- 2) Ogata et al：Painful bipartite patella：A new approach to operative treatment. J Bone Joint Surg Am 76：573-578，1994
- 3) 星ほか：有痛性分裂膝蓋骨に対する骨接合術の治療経験。臨床スポーツ医学，12：1375-1380，1992
- 4) Ficat R. P. Disorders of the patella femoral joint, The Williams & Wilkins, 123-148, 1977
- 5) 中島ほか：分裂膝蓋骨における膝蓋大腿関節面の適合異常についての検討。整形外科と災害外科：46(2) 495-500，1997
- 6) 田中ほか：舟状骨骨折に対する新しいscrew (DTJ) の開発と治療。日手会誌，19：643-647，2002

前十字靭帯損傷を合併した半月板損傷の治療成績について

清恵会病院 整形外科 寺岡 貴徳・小松 猛・坂中 秀樹・大西 隆
 玉井 孝司・鈴木 啓介・山野 慶樹

はじめに

前十字靭帯（以下 ACL）損傷を合併した半月板損傷に対して、ACL 再建の有無や、半月板の治療方法の違いによる臨床成績の比較と、MRI 像への影響について検討したので報告する。

対象および方法

2005 年から 2010 年までに当院で手術加療を行った ACL 損傷を合併した半月板損傷患者のうち、6 カ月以上の経過観察が可能であった 22 例 22 膝 24 半月を対象とした。性別は男性 10 例、女性 12 例、手術時平均年齢は 25.6 歳、術後平均経過観察期間は 20.4 カ月。損傷半月は内側半月板 13 膝、外側半月板 7 膝、両側半月板 2 膝。半月板に対する治療方法は切除 8 半月、縫合 8 半月、rasping 5 半月、

無治療 3 半月。なお、ACL 再建を施行したのは 18 膝、ACL 無治療であったのは 4 膝であった。臨床評価として JOA 半月損傷治療成績判定基準（以下 JOA score）および Lysholm score を用い、初診時と最終診察時の評価を比較した。MRI 所見としては半月板内部の輝度上昇、radial displacement、軟骨下骨の低信号域の有無を検討項目とした。

結 果

対象全体において、Lysholm score は 72.5 点から 93.6 点、JOA score は 73.2 点から 93.4 点と術前術後の評価において有意に改善を認めた。

また、ACL 再建群と無治療群のいずれも術後臨床 score の改善を認めたものの、ACL 再建群の方が有意に改善を認めた。（図 1）

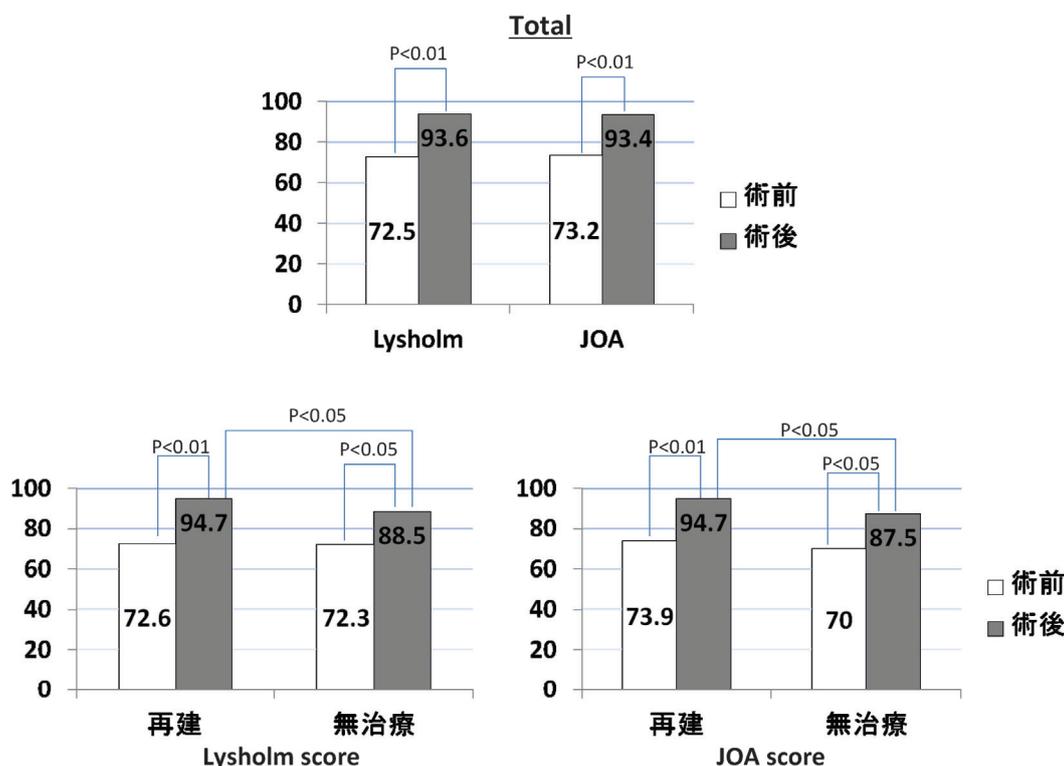


図 1. ACL 損傷に対する治療法別臨床評価

半月板損傷に対する治療法別臨床評価では、切除群、rasping群、縫合群、無治療群の4群ともに術前術後で各scoreの平均値に改善を認めた。(図2)

MRI像における半月板内部輝度上昇については、術前22半月であったのに対し、術後は8半月であった。

また、臨床評価において術後輝度上昇を認める症例と認めない症例との間での各scoreの改善に有意差は認めな

かった。(図3)

半月板のRadial displacementに関しては、術前1半月が術後4半月と新たに3半月にMRI変化を認めたのに対し、術後radial displacementを認める症例と認めない症例との間での臨床評価に関しては有意差を認めなかった。(図4)

軟骨下骨低信号域については、低信号域を認めたものは

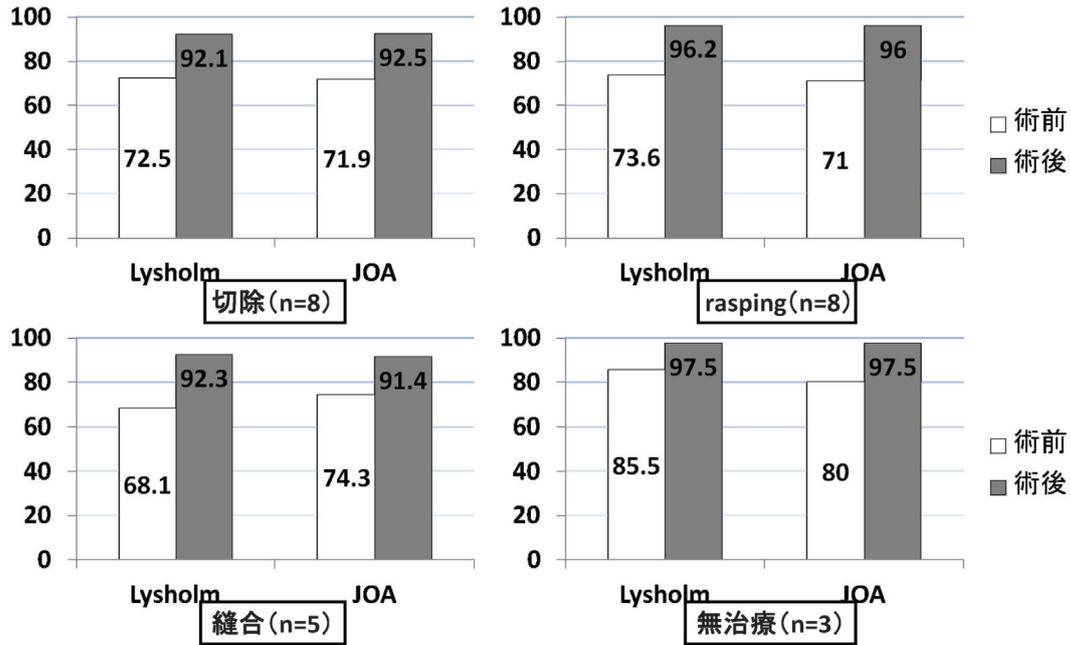


図2. 半月板損傷に対する治療法別臨床評価

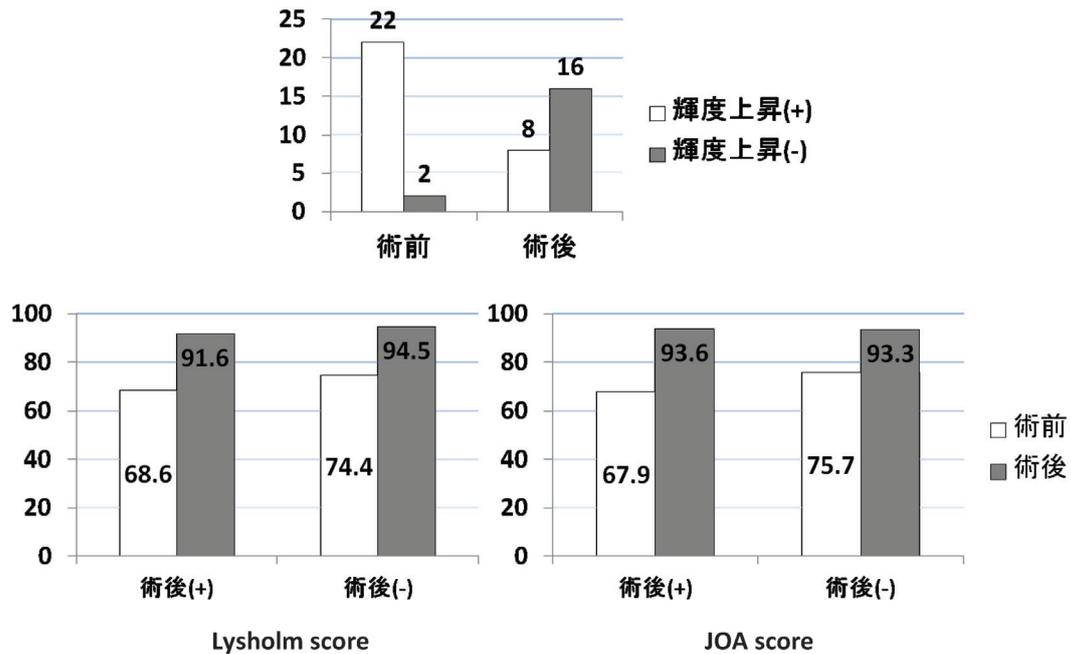


図3. 半月板内部輝度上昇

術前7半月が術後21半月と新たに14半月にMRI変化を認めた。また、術前に低信号域を認めたが、術後低信号域が消失したものは存在しなかった。

臨床評価に関しては、術後低信号域を認めた症例と認めなかった症例との間での各 score の平均値に有意差は認めなかった。(図5)

考 察

今回の検討から、半月板損傷に対する治療方法に関わらず、術後臨床成績は改善を認めたが、これは経過観察が短期であった影響も考えられるため、更なる長期的な経過観察を要すると考えられた^{2),3),4)}。

合併する ACL 損傷の治療については再建術を行い膝関

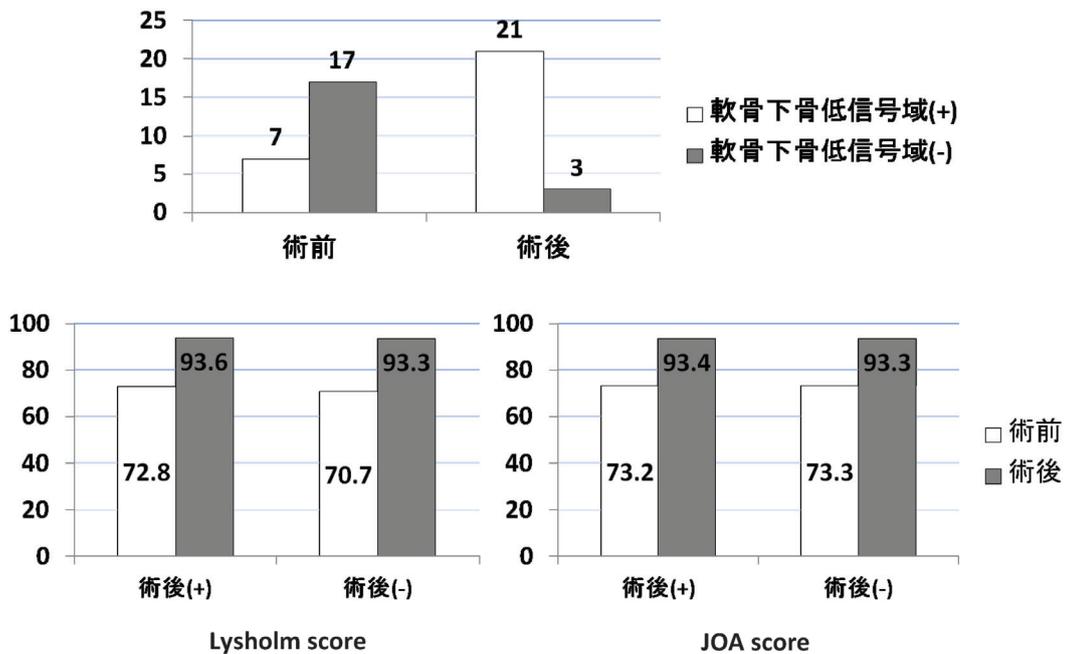


図4. 軟骨下骨低信号域

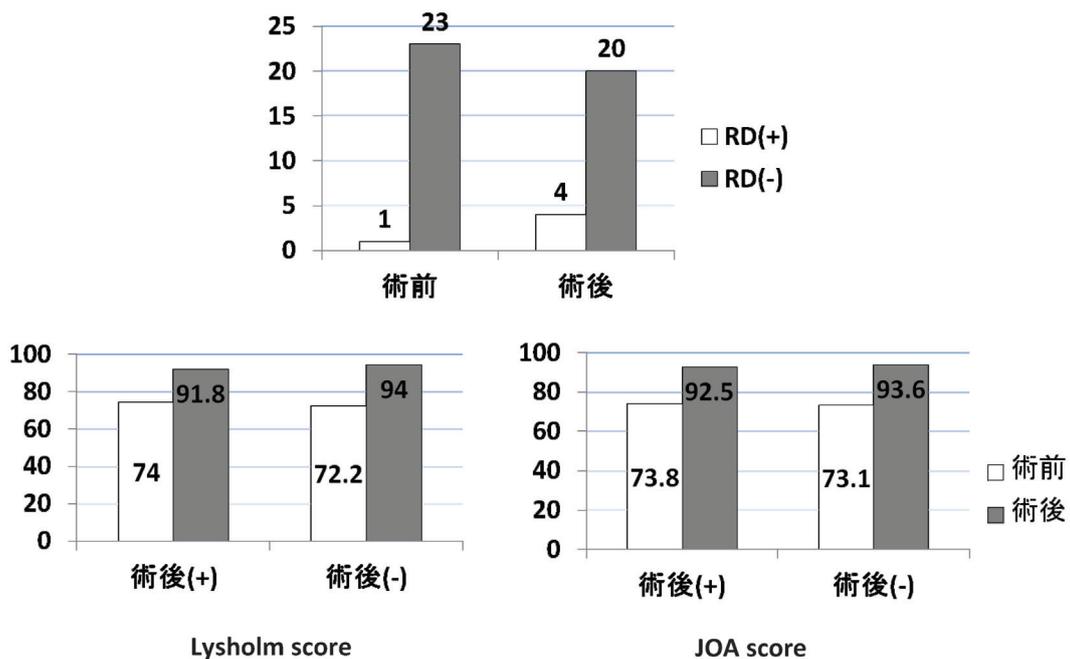


図5. Radial Displacement

節安定性を確保した方が，膝関節機能だけでなく半月板治療そのものの成績もより改善を期待できると思われた。

園田ら¹⁾は，ACL 損傷に合併した半月板損傷に対して術後の Lysholm score は治療方法に関わらず良好な結果が得られたと報告している。また，ACL 不全膝が半月板治療の成績に影響を及ぼすという報告も少なからず見られる。

一方，術後 MRI 所見別の結果からは，軟骨下骨低信号域の増大，半月板の radial displacement といった，将来的な関節症性変化を示唆する所見が見られたことから，今後の長期的な経過観察が必要と考えられる。

参考文献

- 1) 園田昌毅ら：半月板の不全損傷と不全治癒に対する治療促進術. 膝 Vol. 28 : 80 - 83, 2003.
- 2) Kenny C. : Radial Displacement of the medial meniscus and Fairbank's signs. Clin Orthop 339 : 163 - 173, 1997.
- 3) 白石稔ら：膝前十字靭帯損傷に伴う bone bruise と関節軟骨の経時的変化. 臨床スポーツ医学 vol. 15 : 1397 - 1402, 1998.
- 4) Johnson DL, et al. : Articular cartilage changes seen with magnetizing resonance imaging-detected bone bruise associated with acute anterior cruciate ligament rupture. Am J Sports Med 26 : 409 - 414, 1998.

大学男子スポーツ選手における足関節捻挫の特徴

協和マリナホスピタル	多田	周平
関西福祉科学大学	三谷	保弘
石川病院	高路	陽人
のがみ泉州リハビリテーション病院	生駒	祐佳
明海病院	酒巻	栄治
大阪体育大学大学院	森北	育宏

目 的

スポーツ外傷の中で、足関節捻挫は発生頻度が高いことはよく知られている¹⁾。バスケットボールの調査では足関節捻挫の発生率が最も高いという報告が多く²⁾、サッカーや陸上競技でも足関節捻挫は肉離れに次いで二番目に多く発生すると言われている^{3),4)}。また、足関節捻挫は治療が軽視されがちであり、選手自身の再発予防に関する意識も低いため、繰り返し発生することが多い外傷である²⁾。

今回、スポーツ推薦にて入学した体育会系大学の男子学生のメディカルチェックを実施し、コンタクト系とノンコンタクト系に分類し、足関節捻挫の発生率と受傷回数を比較することで、足関節捻挫の発生原因を検討することを目的とした。

対 象

対象は、体育系大学にスポーツ推薦にて入学した男子学生79名(平均身長174.6±9.8cm, 平均体重77.5±16.3kg)とした。コンタクト系の運動部に所属する者は41名(平均身長175.8±10.9cm, 平均体重83.2±17.7kg)、ノンコンタクト系の運動部に所属する者は38名(平均身長173.3±8.4cm, 平均体重71.3±12.0kg)であった。なお、コンタクト系の競技はサッカー(8名)、バスケットボール(4名)、ハンドボール(6名)、ラグビー(18名)、柔道(4名)、日本拳法(1名)、ノンコンタクト系の競技はテニス(2名)、バレーボール(5名)、剣道(7名)、硬式野球(6名)、創作ダンス(1名)、体操競技(6名)、陸上競技(11名)とした。

方 法

過去に医師により足関節捻挫と診断を受けた者を足関節捻挫の既往ありとし、足関節捻挫の受傷側および受傷回数は整形外科医による問診により調査した。コンタクトおよびノンコンタクト系競技における足関節捻挫の発生割合と平均回数を比較した。また、足関節捻挫の既往を有する者

を対象としたコンタクト系およびノンコンタクト系競技における両側と片側の受傷割合ならびに一回と複数回の受傷割合をFisher's exact testを用いて検討した。コンタクト系競技とノンコンタクト系競技における足関節捻挫の発生回数の比較には、Mann-WhitneyのU検定を用いた。有意水準は0.05未満とした。

結 果

コンタクト系の競技において足関節捻挫の既往を有する者は38名(92.7%)、既往を有さない者は3名(7.3%)であり、足関節捻挫の平均回数は6.8±5.6回であった。ノンコンタクト系の競技において足関節捻挫の既往を有する者は23名(60.5%)、既往を有さない者は15名(39.5%)であり、足関節捻挫の平均回数は2.8±3.8回であった。足関節捻挫の発生割合はノンコンタクト系競技に比べてコンタクト系競技に高く、これらの間に有意差を認めた(p<0.01)。また足関節捻挫の発生回数は、ノンコンタクト系競技に比べてコンタクト系競技に多くこれらの間に有意差を認めた(p<0.01)。一方、両側と片側の受傷割合ならびに一回と複数回の受傷割合は、コンタクト系競技とノンコンタクト系競技との間に有意差を認めなかった。

考 察

大学運動部員のスポーツ外傷に関しての調査において池辺(2010)は、陸上部を非接触型スポーツ、サッカー部を接触型スポーツと分類しスポーツ外傷の発生割合を比較した結果、足関節捻挫の発生割合は非接触型スポーツが9%、接触型スポーツが38%と有意に接触型スポーツで発生割合が高かったとしている⁵⁾。我々の調査においても足関節捻挫の発生割合は、コンタクト系競技で92.7%、ノンコンタクト系競技で60.5%とコンタクト系競技、すなわち接触型スポーツが優位に高い結果となった。これについては、コンタクト系競技の受傷機転の中でも非接触にて足関節捻挫が発生することがあり、これに相手との接触が

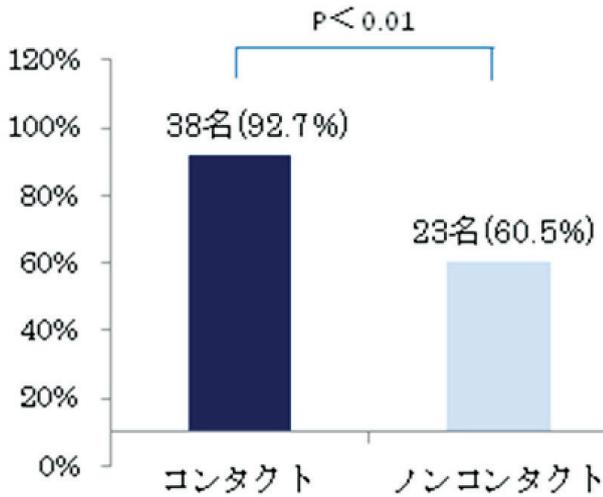


図1. 捻挫受傷割合の比較

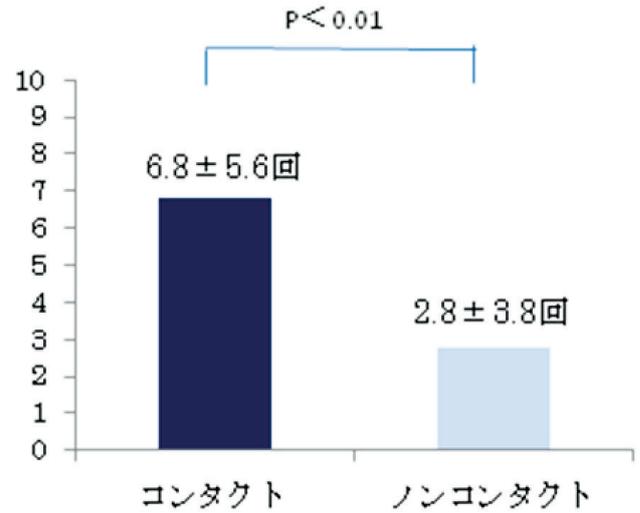
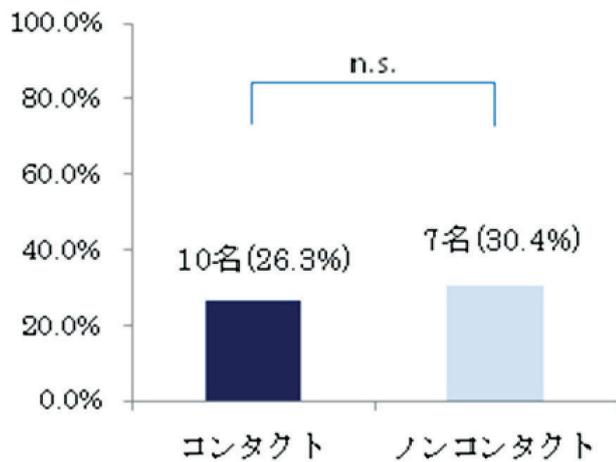


図2. 捻挫平均受傷回数の比較

片側受傷



両側受傷

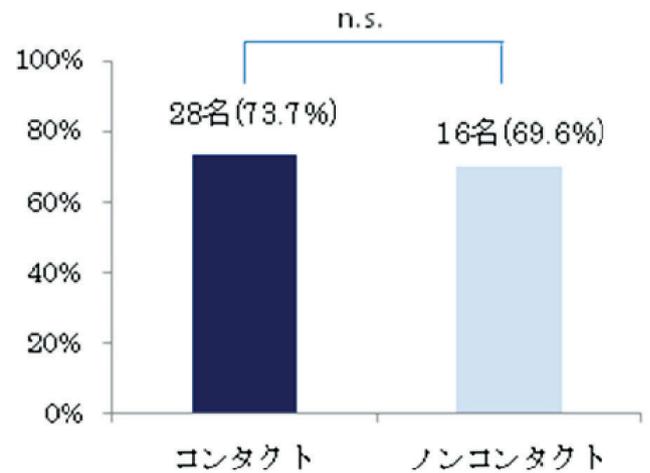
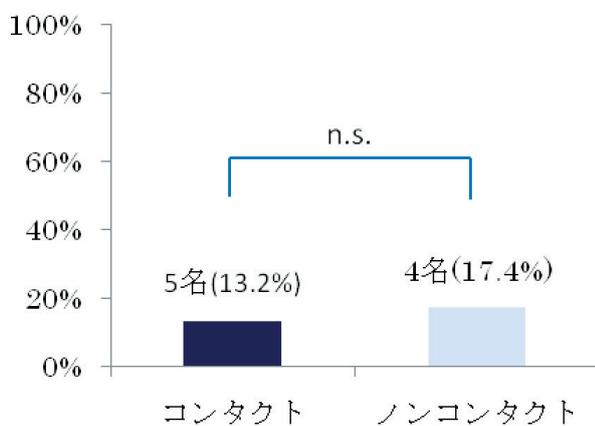


図3. 片側および両側の受傷割合

1回のみ



複数回

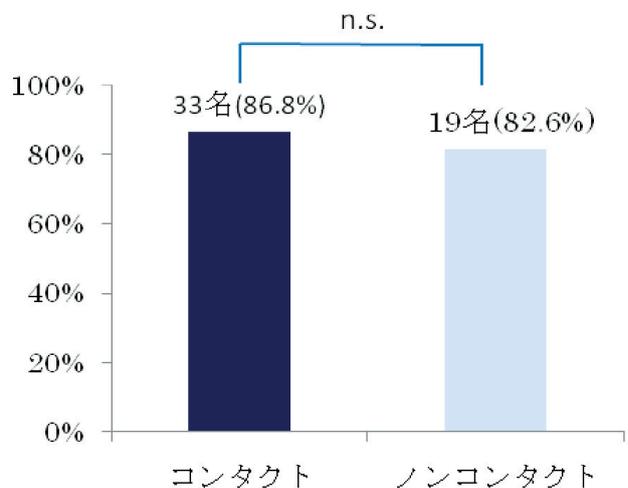


図4. 1回と複数回の受傷割合

原因で発生するものが加わるためコンタクト系競技で有意に高くなったものと考えられる。しかし、今回の我々の調査では足関節捻挫の既往の有無のみの調査であり、受傷機転が不明なため、コンタクト系競技では非接触による足関節捻挫がどの程度の割合で発生するのかを今後調査していく必要がある。

足関節捻挫の既往者の中で片側受傷と両側受傷の比較、一回受傷と複数回受傷の比較についてはどちらもコンタクト系競技とノンコンタクト系競技において有意差を認めなかった。この結果より、足関節捻挫の発生割合はコンタクト系競技で有意に高かったが、両側受傷や複数回受傷する原因は接触プレーによるものだけではないことがわかった。浦辺ら（2007）は、健康な成人に対して足部内転の位置覚を測定した基礎的なデータを示し、足関節靭帯損傷が起これば固有感覚にどのような変化が生じるかという実験を行った結果、重症の足関節捻挫を起こすと反対側の足関節の固有感覚も低下する傾向がある、と述べている⁶⁾。このことより、ノンコンタクト系競技において何らかの原因で足関節捻挫が発生した場合、健康な反対側の足関節の固有感覚も低下し、足関節捻挫が発生する可能性が高まると考えられる。受傷側の足関節は固有感覚が低下することがわかっており、受傷後のトレーニングが不十分であれば再受

傷する確率が高いため複数回受傷することに繋がると考えられる。

足関節捻挫の再発を予防するトレーニングはいくつか紹介されているが、今後足関節捻挫の発生頻度を減少させるためには実際の現場で選手自身に足関節捻挫が後遺症を残しやすいこと、予防が重要であることなどを意識してもらうことが必要であると考えられる。

参考文献

- 1) 福林徹：アスレティックリハビリテーションガイド，文光堂：166-171, 2008
- 2) 伊良波知子，小林寛和・他：女子バスケットボール選手の足関節捻挫の受傷機転に関する一考察，理学療法学21：437, 1994
- 3) Dvorak J et al：Injuries and illnesses of football players during the 2010 FIFA World Cup. Br Sports Med. 45 (8)：626-630, 2011
- 4) 白木仁・他：陸上競技におけるスポーツ障害の特徴，体力科学32(6)：502, 1984
- 5) 池辺晴美：大学運動部員におけるスポーツ傷害に関する調査—非接触型スポーツと接触型スポーツの比較—，太成学院大学紀要 論文12：1-5, 2010
- 6) 浦辺幸夫・他：部位別の傷害予防 足関節不安定性をどう捉えるか，臨床スポーツ医学12：1291-1299, 2007

ノンコンタクトスポーツにおける足関節捻挫の発生要因について ～足部アライメントと足趾把持力からの検討～

石川病院 関西福祉科学大学 ウエルハウス西宮 のがみ泉州リハビリテーション病院 明海病院 大阪体育大学大学院	高路 陽人 三谷 保弘 多田 周平 生駒 祐佳 酒巻 栄治 森北 育宏
---	--

はじめに

足関節捻挫は下肢外傷中最も多いとされており、足関節捻挫で疼痛や不安感を抱えたままプレーを続けている選手が多い。足関節捻挫の初回発生要因に関しては偶発する以外に見いだされていない。さらに、足関節捻挫は一度受傷をしてしまうと繰り返してしまう傾向にある。足関節捻挫の発生要因に関しては様々な報告がされているが、一貫した報告がない。そこで、我々は足部アライメント（アーチ高率, leg heel angle）と足趾把持力に着目し、足関節捻挫の発生要因について調査した。

方 法

対象は、体育系大学にスポーツ推薦にて入学した男子学生であり、ノンコンタクト系の運動部に所属する37名とした（平均身長172.9±8.1cm, 平均体重71.1±12.2kg）。所属する運動部の内訳は、テニス部2名、バレーボール部5名、剣道部7名、硬式野球部5名、創作ダンス部1名、体操競技部6名、陸上競技部11名であった。なお、術後などにより足部アライメントおよび足趾把持力の計測が困難な者は対象外とした。

足関節捻挫の受傷側および受傷回数は、整形外科医に

よる問診により調査した。測定項目は、アーチ高率, leg heel angle (以下, LHA), 足趾把持力とした。アーチ高率は、足幅20cmの自然立位をとらせ、舟状骨高を足長で除した値を求めた。LHAは、閉脚立位をとらせ下腿1/3と踵骨とのなす角を1°単位で計測した。足趾把持力は、デジタル握力計（竹井機器社製）を改良した装置を用いて計測した。測定肢位は膝関節90°、足関節底・背屈中間位の座位とし、左右2回ずつ計測したそれぞれの最大値を記録した。いずれの測定項目も左右の平均値を計測値として採用した。足趾把持力は体重で除した値（以下, 体重比）も求めた。

足関節捻挫の有無による計測値の比較には、対応のないt検定を用いた。有意水準は0.05未満とした。

結 果

対象者のうち足関節捻挫の既往を有する者（以下, 捻挫群）は22名（59.5%）、既往を有さない者（非捻挫群）は15名（40.5%）であった。ノンコンタクトスポーツの競技者における足関節捻挫の平均回数は2.9±3.8回であった。捻挫群において両側に捻挫の既往を認めた者は16名（72.7%）、片側のみに認めた者は6名（27.3%）であった。また、複数回の受傷を認めた者（左右の受傷合計が2

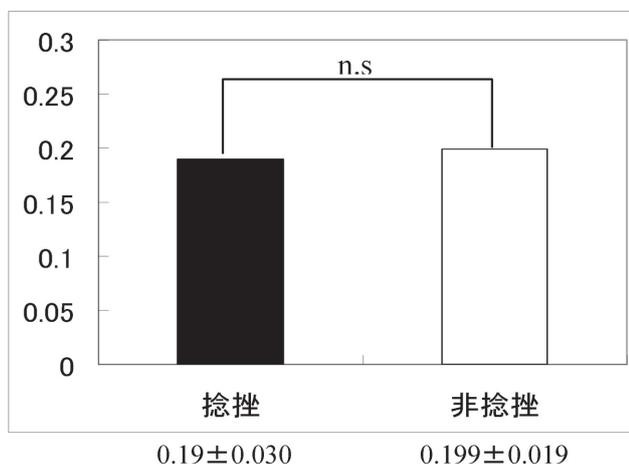


図1. アーチ高率

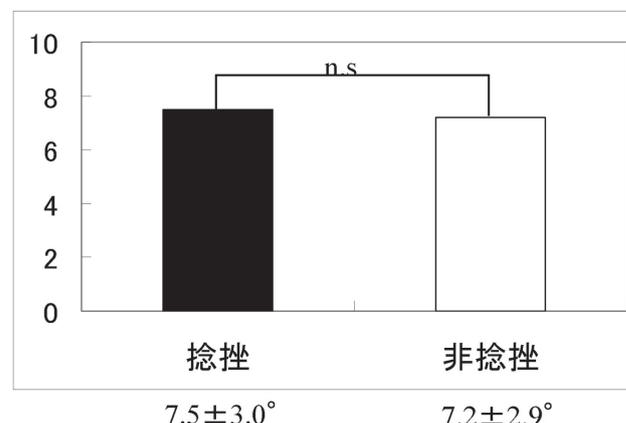


図2. LHA

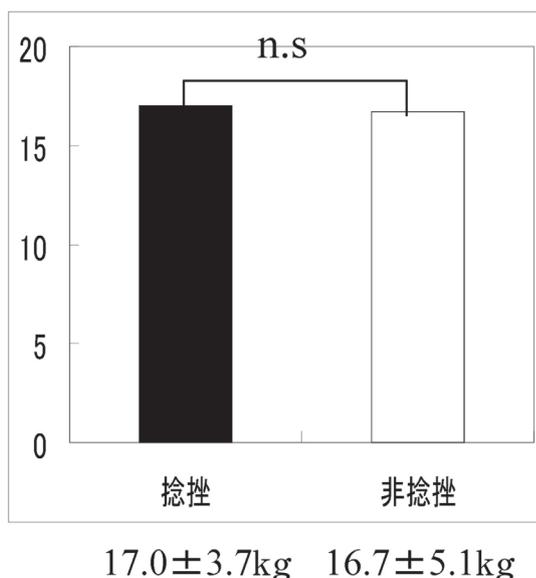


図3. 足趾把持力

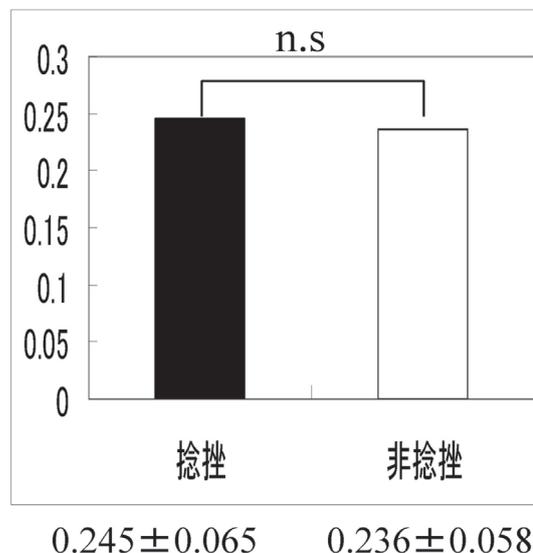


図4. 足趾把持力 (体重比)

回以上の者)は19名(86.4%),1回のみ受傷の者は3名(13.6%)であった。

アーチ高率は捻挫群 0.190 ± 0.030 , 非捻挫群 0.199 ± 0.019 , LHAは捻挫群 $7.5 \pm 3.0^\circ$, 非捻挫群 $7.9 \pm 2.9^\circ$, 足趾把持力は捻挫群 $17.0 \pm 3.7\text{kg}$ (体重比 0.245 ± 0.065), 非捻挫群 $16.7 \pm 5.1\text{kg}$ (体重比 0.236 ± 0.058)であった。いずれも捻挫群と非捻挫群との間には有意差を認めなかった(図1~4)。

考 察

足関節捻挫は下肢外傷中最も多いとされており, 今回の調査においても足関節捻挫は(以下, 捻挫群)は37名中22名(59.5%)と多い結果となった。足関節捻挫の受傷原因として接触, 技術の未熟, 環境の不良, 疲労, 用具の不良, アライメント不良, 関節弛緩性, 筋力不足等様々な要因が存在する。

アライメント不良に関してはハイアーチ, 開張足, 凹足内反変形等が関与する¹⁾と言われており, アーチ高率の変化やLHAの変化は足関節捻挫の発生要因として考えられる。アーチ高率の低下は腓骨筋や後脛骨筋の筋力低下, 足底筋膜の緊張の低下等によっても生じる。また, 足関節捻挫の受傷によって腓骨筋反応が低下することがいわれている。長腓骨筋においては後脛骨筋とともにクロスサポートメカニズムを持ち, アーチ高率の保持に大きく関与している。そのため, 腓骨筋の機能低下によりアーチ高率が低下する。アーチ高率の低下は踵骨外反は踵骨外反によっても生じる。さらに, アーチ高率が低下した場合, 足底筋膜の緊張が低下し足趾把持力が低下する。

足関節捻挫は初回の発症から1年以内に多くの人が再発し, 再損傷した人の80%が不安定症に移行する²⁾と言われ

ている。今回の調査からも足関節捻挫の平均回数は 2.9 ± 3.8 回と一度受傷した選手は足関節捻挫を繰り返しやすい傾向が窺えた。足関節捻挫を繰り返しやすい原因として, 足関節捻挫はスポーツ現場において最も多い外傷であるため, 軽視されやすい傾向にあることが挙げられる。加えて, 監督や選手の焦りもあり完全に回復しない状態でプレーに復帰していることが多い。さらに, 再損傷では組織の修復に必要な期間が延長することが考えられるが, 実際は疼痛を含め急性期以降の症状の回復は早い²⁾。そのため, 疼痛を含め急性期以降の症状が回復した段階で競技復帰することが多く, 実際の損傷部位の回復が不十分な状態での競技復帰となるため再発しやすいと考えられる。

今回の調査では足関節捻挫の既往の有無においてアーチ高率やLHA, 足趾把持力に有意差は見られなかった。今回の結果より足部アライメントや足趾把持力が足関節捻挫に関与している可能性が低いことが示唆された。

スポーツ現場において, 足関節捻挫に関しては足部アライメントや足趾把持力といった筋力よりも体幹など身体の使い方が大きく関与しているように感じることが多い。

現在, 足関節捻挫に対する理学療法としてタオルギャザーなどの足趾屈曲運動が中心に行われているが, それだけではなく, 体幹トレーニングやバランス練習など多面的なアプローチが必要であることが考えられる。今後体幹を含めたさらなる調査を進めていき, 足関節捻挫の原因と影響について解明していく予定である。

参考文献

- 1) 大工谷新一: 足関節・足部のスポーツ外傷・障害再発予防への理学療法の取り組み, 理学療法, 26(3): 425~430, 2009
- 2) 浦辺幸夫ら: 部位別の障害予防 足関節の不安定性をどう捉えるか, 臨床スポーツ医学, 24(12): 1291~1299, 2007

投球動作における下肢の踏み出し運動が球速に及ぼす影響について

関西福祉科学大学 保健医療学部リハビリテーション学科 三谷 保弘

はじめに

投球動作は、下肢から体幹、上肢へと連鎖的な運動によって行われている^{1),2)}。この連鎖的な身体運動により運動エネルギーを末端部位に伝達し、ボールリリースの速度を増大させていると考えられている^{3),4)}。投球動作は、動作開始からステップ脚（右投げであれば左脚）が最大挙上するまでのWind up phase、ステップ脚を投球方向に踏み出し足部が接地するまでのEarly cocking phase、投球側の肩関節が最大外旋するまでのLate cocking phase、ボールをリリースするまでのAcceleration phase、投球動作が終了するまでのFollow-through phaseの5相に分類される^{1),5)}。投球動作におけるエネルギー生成の起源は下肢であることから、Early cocking phaseにてステップ脚を投球方向に踏み出す運動（以下、下肢の踏み出し運動）は、その後の体幹および上肢の運動を引き起こす上で重要であり球速にも影響を及ぼすと考えられる。

そこで本研究の目的は、投球動作における下肢の踏み出し運動がその後の身体運動ならびに球速に及ぼす影響について検討することである。

対象と方法

対象は、高等学校での硬式野球の経験を有し、現在も専門学校あるいは地域の軟式野球チームに所属する男性7名（年齢 22.7 ± 5.5 歳、身長 169.4 ± 4.0 cm、体重 63.9 ± 10.4 kg）とした。全員が右投げ、オーバースローであった。なお、対象者には研究内容と目的を書面と口頭にて十分に説明し、研究参加の同意を得た。

投球動作は、三次元動作解析装置（VICON-MX, VICON-PEAK社製, UK）を用いて計測した。対象者には直径14mmの赤外線反射マーカを頭頂に1点と、肩峰、肘頭、手関節背側の中央、股関節（上前腸骨棘と大転子を結んだ線上の大転子側1/3の点）、膝関節（膝蓋骨の中央の高さで矢状面上において膝蓋骨を除く前後径の中間点）、足関節（外果）、第5中足骨頭に左右1点ずつ貼付した。また、身体の左右の識別がしやすいように右側の上後腸骨棘にダミーマーカを1点貼付した（図1）。サンプリング周波数は200Hzとし、8台の赤外線カメラにて撮影した。

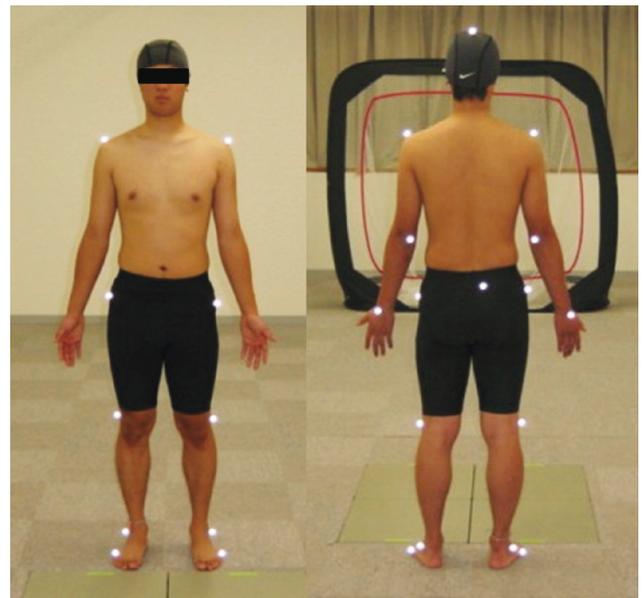


図1. 赤外線反射マーカの貼付位置

計測データはDIFF (Data Interface File Format) 形式に変換し、臨床歩行分析研究会が提供しているライブラリソフトのDIFF Gait（計算処理プログラム）およびWave Eyes（データ表示プログラム）を用いて処理をした⁶⁾。測定項目は、下肢の踏み出し運動時におけるステップ側（左）足関節部の最大速度、足部接地（Foot contact）時におけるステップ側（左）足関節部の最大加速度、Foot contact以降の投球側（右）股関節部の最大速度と投球側（右）肩峰部の最大速度とした。いずれも投球方向に対する値を算出した。また、スピード測定器（Speedster V, Bushnell社製, USA）を用いて球速を計測した。投球は硬式ボールを使用し約6m先に設置したネットに向かって3回行い、その平均値を計測値として採用した。なお、計測前にはストレッチ、キャッチボールおよび投球練習を十分に行った。

身体各部の速度および加速度の変化についてWind up phaseからFollow-through phaseまでの時間を100%に正規化したグラフを作成しその特徴を検討した。また、左足関節部の最大速度と右肩峰部の最大速度との関係性、右肩峰部の最大速度と球速との関係性、左足関節部の最大加速

度と右肩峰部の最大速度との関係性、左足関節部の最大速度と左足関節部の最大加速度との関係性をPearsonの相関係数を用いて検討した。有意水準は危険率5%未満とした。

結 果

左足関節部の最大速度は 3.77 ± 1.05 m/s、左足関節部の最大加速度は -25.45 ± 9.95 m/ss、右股関節部の最大速度は 2.64 ± 0.39 m/s、右肩峰部の最大速度は 4.66 ± 0.48 m/s、球速は 27.76 ± 2.83 m/sであった。

身体各部の速度がピークに達する時間は、左足関節部、右股関節部、右肩峰部の順であった。また、左足関節部の加速度が最大になった後に右股関節部、右肩峰部の速度がピークに達していた(図2)。左足関節部の最大速度と右肩峰部の最大速度との間には有意な正の相関を認めた(図3)。右肩峰部の最大速度と球速との間には有意な正の相関を認めた(図4)。左足関節部の最大加速度と右肩峰部の最大速度との間には有意な負の相関を認めた(図5)。左足関節部の最大速度と左足関節部の最大加速度との間には有意な負の相関を認めた(図6)。

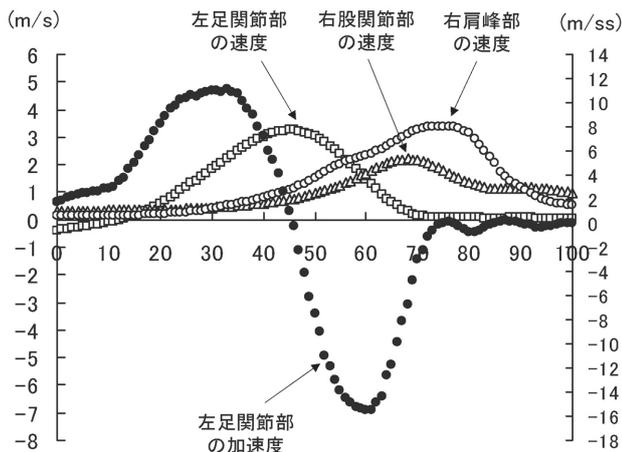


図2. 投球動作における身体各部の速度および加速度の変化

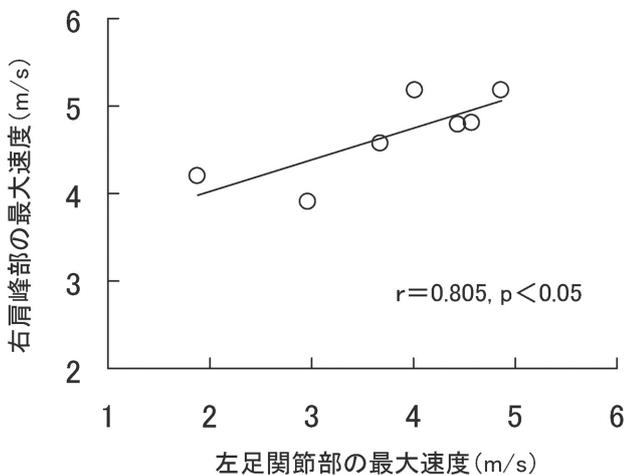


図3. 左足関節部の最大速度と右肩峰部の最大速度との関係

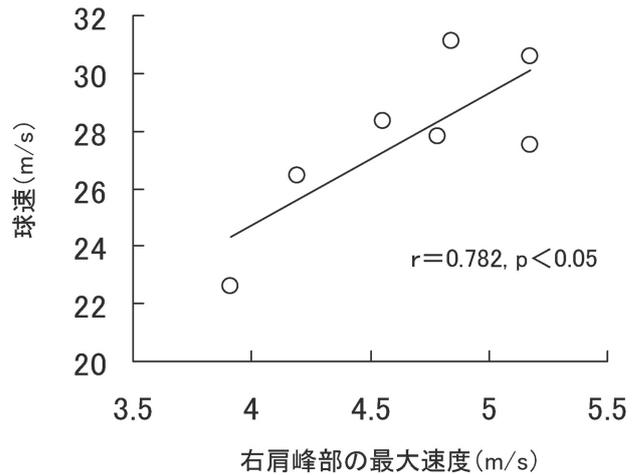


図4. 右肩峰部の最大速度と球速との関係

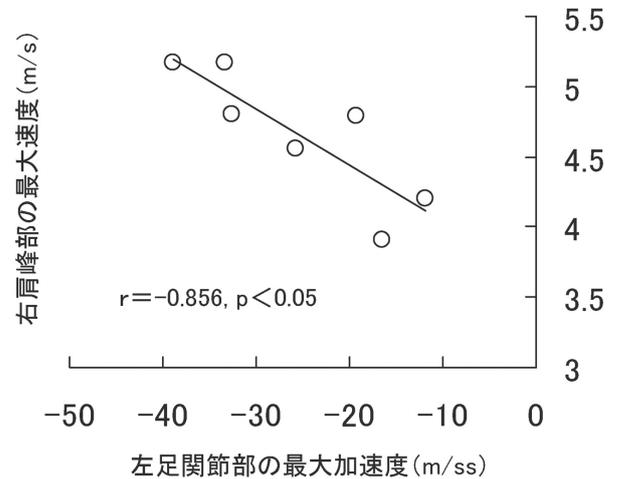


図5. 左足関節部の最大加速度と右肩峰部の最大速度との関係

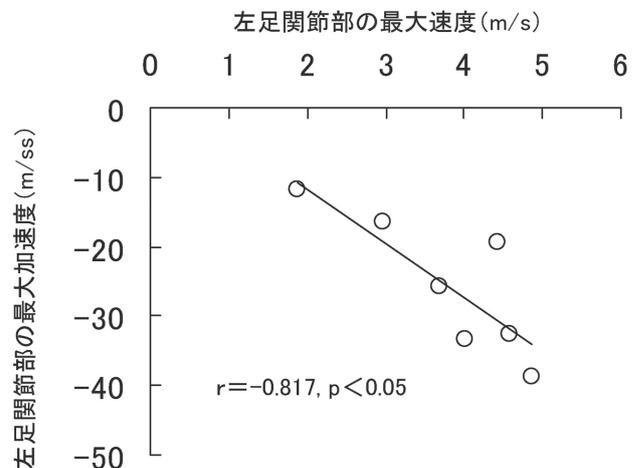


図6. 左足関節部の最大速度と左足関節部の最大加速度との関係

考 察

身体各部の速度がピークに達する時間は左足関節部、右股関節部、右肩峰部の順であった。今回の投球動作においても従来からの報告¹⁻⁴⁾と同様に連鎖的な身体運動が生じているものと考えられる。そして、下肢によって生み出された運動エネルギーが連鎖的な身体運動により体幹、上肢へと次々に伝達され末端部位の速度を増加させているものと推察できる。今回、左足関節部の速度が大きいほど右肩峰部の速度が増加し、右肩峰部の速度が大きいほど球速が増加していた。これらのことから、投球方向への下肢の速い踏み出し運動が、体幹および上肢の運動を加速させ球速を増加させたと考えられる。また、左足関節部の加速度が最大になった後に右股関節部、右肩峰部の速度がピークに達していた。そして、左足関節部の加速度が大きいほど右肩峰部の速度が増加していた。並進運動を停止させることにより上位の関節の回転運動が生じるとされていることから⁷⁾、投球動作における下肢の踏み出し運動をFoot contactにより急停止させることで、その後の体幹および上肢の運動を誘発し加速させていることが考えられる。

これらのことから、球速を高めるためには投球方向への下肢の速い踏み出し運動と、その運動をFoot contactにより急停止させることが必要であると示唆された。

参考文献

- 1) 山野仁志, 上野隆司, 福島隆伸: 運動連鎖と理学療法, 51-65, 2001, スポーツ傷害の理学療法, 福井勉, 小柳磨毅 (編), 三輪書店, 東京
- 2) 平野裕一: 投球動作のバイオメカニクス, 臨床スポーツ医学, 5: 853-858, 1988
- 3) 谷本道哉: 「脚で投げる, 脚で打つ」骨盤の動きが動作の起点全身で投げるうねり動作のしくみ (その1), トレーニング・ジャーナル, 27 (12): 54-58, 2005
- 4) 能勢康史: 投手の練習・調整法, トレーニング・ジャーナル, 29 (6): 65-69, 2007
- 5) 山野仁志, 小柳磨毅, 橋本雅至・他: 上肢スポーツ傷害の発症予防のための理学療法—投球障害発症予防のためのアプローチ—. 理学療法, 16 (1): 41-47, 1999
- 6) 江原義弘, 山本澄子 (編): 臨床歩行計測入門, 139-158, 2011, 医歯薬出版株式会社, 東京
- 7) 桜井伸二: 投げる科学, 61-138, 1996, 大修館書店, 東京

若年運動選手の動脈伸展性に及ぼす持久性およびレジスタンストレーニングの影響

大阪教育大学大学院 教育学研究科
和歌山県立医科大学大学院 保健看護学研究科
和歌山県立医科大学 医学部衛生学教室

福田 拓矢
宮井 信行・伊藤 克之・井戸上綾香
平田 千秋・内海みよ子・有田 幹雄
宮下 和久

緒 言

ジョギングやウォーキングなどの有酸素的な持久性トレーニングを継続的に行うことにより、動脈壁の伸展性が改善し、動脈硬化の発症や進行に抑制的な効果をもたらすことが知られている¹⁾。一方、ウェイトリフティングの選手のように、レジスタンストレーニングなどの抵抗性運動を高強度で長期間行っている者では、一般健常者よりも動脈壁の伸展性が有意に低いことや²⁾、短期間のレジスタンストレーニング実施後に血管壁の伸展性が一過性に低下することなどが報告されている³⁾。

有酸素的な持久性運動では、循環血流が増大して血管壁に適度な刺激 (shear stress) が加わることで、血管内皮細胞からの血管拡張物質の産生が亢進するとされるが⁴⁾、レジスタンストレーニングなどの抵抗性運動では、生体に高い負荷を与える動作を繰り返すことで血圧が著しく上昇し、これに血管が耐えうるような生理的適応が生じると考えられている⁵⁾。このように、トレーニングによる動脈壁の適応は運動様式によって異なる可能性があることが示されているが、持久性トレーニングとレジスタンストレーニングを組み合わせた場合の影響も含め、競技スポーツを行う若年運動選手における検討は十分になされていない。

そこで本研究では、競技スポーツを行う若年運動選手を対象に、持久性およびレジスタンストレーニングが動脈伸展性に及ぼす影響について検討を行った。

対象と方法

対象者は、某大学の体育会に所属する男子学生33名 (20.8±1.4歳) で、持久性トレーニングを主に行う群として、陸上競技部の中・長距離パートの部員 (EN群: $n = 11$)、バーベルやダンベル、マシンを使用しての高強度のレジスタンストレーニングを習慣的に行う群としてラグビー部員 (RE群: $n = 13$)、比較対照群としてスキー部員 (CT群: $n = 9$) を設定し、分析の対象者とした。

対象者には、身体計測として身長、体重、BMI (kg/m²)、インピーダンス法 (オムロン製 HBF-362) による体脂肪率の測定を行った。また、室温を安定させた静穏な室

内で、仰臥位にて十分に安静を保った後、自動血圧計 (オムロン製 HEM-907) を用いて、左上腕部の収縮期および拡張期血圧、脈拍数を測定した。測定は3回実施し、2回目と3回目の平均を代表値とした。さらに、脈圧 (収縮期血圧 - 拡張期血圧) および平均動脈圧 (脈圧 ÷ 3 + 拡張期血圧) を算出した。

血圧測定後、5分以上臥位安静を保持した上で、シグモコア (AtCorMedical 製 SCOR-PVHX) を用いて、トノメトリー法による橈骨動脈の圧波形の記録を行い、この波形を伝達関数により大動脈起始部の圧波形に変換した後、動脈伸展性の指標として、血圧脈波反射指数 (augmentation index: AI) を求めた。続いて、血管内皮機能を評価するために、内皮依存性血管拡張反応 (flow-mediated vasodilatation: FMD) の検査を行った。血圧計のマンシェットを用いて前腕部を圧迫して5分間阻血し、その後での上腕動脈血管径を超音波プローブを用いて計測した。安静時に対する阻血解除後の血管径の最大拡張率 (% FMD) を求めた。

なお、対象者には測定前日からの喫煙、飲酒、服薬、測定の前2時間前からの激しい運動と食事を控えてもらうことを始めとして、調査に関して事前に目的や内容について説明を行い、同意を得た上で実施した。

統計解析には、SPSSver. 15.0J を使用した。群間の比較は、一元配置分散分析 (ANOVA) および体脂肪率を共変量とする共分散分析 (ANCOVA) にて検討し、多重比較には Bonferroni の方法を用いた。統計学的有意水準は5%とした。

結 果

各群の持久性およびレジスタンストレーニングの実施状況をみると、持久性トレーニングについては、週あたりの実施時間がEN群で6.0±2.6時間、RE群で1.9±0.6時間、CT群で1.8±0.9時間であり、EN群では他の2群に比べて有意に長くなっていた ($p < 0.001$)。一方、レジスタンストレーニングについては、RE群では中～高強度 (3～10RM) で、週あたり3.5±0.7日、1回につき61.1±9.4分実施していた。また、トレーニング実施年数は4.8

±2.0年（1～7年）であった。CT群においても2名がトレーニングを実施していたが、低～中強度（10～17RM）で、週あたり2日、1回につき37.5±10.6分であった。EN群においては、バーベルやダンベルを使用するトレーニングを習慣的に実施している者はみられなかった。

各群の身体的特性を比較して表1に示した。RE群ではEN群やCT群に比べてBMIおよび体脂肪率が有意に高値を示した。また、収縮期血圧、脈圧は、EN群<CT群<RE群の順に高値となる傾向にあり、RE群とEN群では有意な差が認められた（ $p < 0.05$ ）。なお、拡張期血圧、平均動脈圧、脈拍数には差はみられなかった。

動脈伸展性の指標であるAIを各群で比較して図1に示した。AIはEN群（ $-14.6 \pm 10.3\%$ ）が最も低値を示し、CT群（ $-9.1 \pm 8.8\%$ ）、RE群（ $-0.9 \pm 8.6\%$ ）の順に高値となる傾向がみられ（低値ほど伸展性が高い）、EN群とRE群の間には有意な差が認められた（ $p < 0.01$ ）。

次に、血管内皮機能の低下を反映する%FMDを各群で比較して図2に示した。%FMDは、RE群（ $11.6 \pm 3.0\%$ ）

<CT群（ $13.9 \pm 1.8\%$ ）<EN群（ $17.5 \pm 2.7\%$ ）の順に高値（高値ほど内皮機能が良好）となる傾向にあり、EN群ではCT群（ $p < 0.05$ ）やRE群（ $p < 0.001$ ）よりも有意に高値を示した。RE群とCT群の間には差は認められなかった。

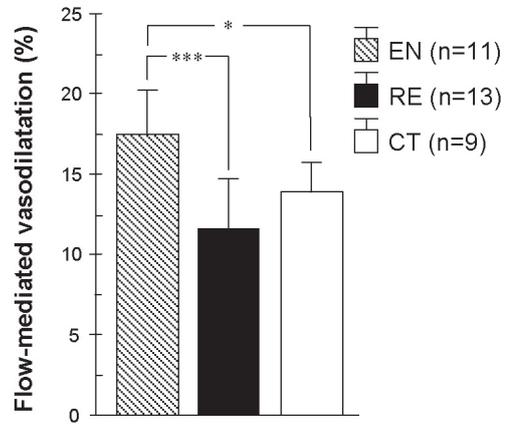


図2. Comparisons of flow-mediated vasodilatation among EN, RE and CT groups
Vertical bars show mean±SD. * $p < 0.05$, *** $p < 0.001$ (by ANCOVA)

表1. Physical characteristics of subjects

	EN (n=11)	RE (n=13)	CT (n=9)
Age (years)	20.8 ± 1.4	20.7 ± 1.3	20.9 ± 1.7
Height (cm)	174.6 ± 3.2	170.5 ± 5.7	173.2 ± 6.6
Weight (kg)	60.8 ± 3.8	74.9 ± 11.9 ^{††}	63.7 ± 6.1
Body fat (%)	14.0 ± 2.5	18.2 ± 5.0 ^{††}	14.2 ± 2.6
BMI (kg/m ²)	20.0 ± 1.2	25.8 ± 3.8 ^{†††}	21.2 ± 1.3
SBP (mmHg)	115.8 ± 12.2	128.3 ± 9.1 [†]	120.8 ± 7.8
DBP (mmHg)	64.8 ± 12.0	68.9 ± 3.8	64.3 ± 8.4
MAP (mmHg)	81.6 ± 11.7	88.7 ± 5.1	83.1 ± 7.0
PP (mmHg)	51.0 ± 7.9	59.5 ± 7.2 [*]	56.4 ± 8.5
PR (bpm)	54.3 ± 9.2	60.7 ± 14.4	57.0 ± 6.9

Values are Mean ± SD

BMI, body mass index; SBP, systolic blood pressure, DBP, diastolic blood pressure; MAP, mean arterial pressure, PP, pulse pressure; PR, pulse rate.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$ (vs. EN); [†] $p < 0.05$, ^{††} $p < 0.01$ (vs. CT)

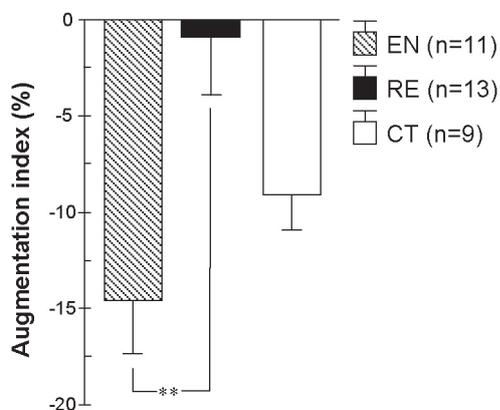


図1. Comparisons of augmentation index among EN, RE and CT groups
Vertical bars show mean±SD. ** $p < 0.01$ (by ANCOVA)

考 察

陸上競技の中・長距離パートおよびラグビー競技を専門とする若年運動選手を対象とした検討から、継続的な持久性トレーニングにより動脈壁の伸展性が増大すること、逆に、高強度のレジスタンストレーニングを習慣的に行うことが伸展性を低下させる可能性があることが示された。したがって、若年運動選手においても、専門的な身体的トレーニングが動脈の伸展性に影響を及ぼすこと、さらに、このような動脈壁の適応は運動様式によって異なることが示唆された。

有酸素的な持久性トレーニングが動脈壁の性状に与える影響については、血管内皮細胞から産生され、血管拡張や動脈硬化を抑制する作用のある一酸化窒素（NO）がトレーニング後に増大することや、血管を強力に収縮させ、動脈硬化を促進させるエンドセリン-1が有意に低下することが報告されている⁴⁾。さらに、持久性トレーニングが、動脈壁の弾性率を規定する血管平滑筋のトーンを減少させる効果を持つことも知られている。したがって、陸上中・長距離の選手で、持久性トレーニングを専門的に行うEN群においても、このような血管壁の機能的・構造的変化が生じ、動脈壁の伸展性の増大をもたらしたものと推察される。

バーベルやダンベルなど、マシンを用いた高強度のレジスタンストレーニングでは、心拍出量および活動筋への血流量は相対的に少なくなるが、一方で、血圧が過剰に上昇する。従来、持続的な高血圧が血管壁の硬化を招くことが

知られているほか、急激な血圧上昇を繰り返すことが、動脈の弾性を司るエラスチンを減少させ、コラーゲンを増加させることが示されている⁶⁾。さらに、レジスタンストレーニングは交感神経アドレナリン作用性の血管収縮を促進させ、動脈壁の負担を持続的に増強することも報告されている⁷⁾。RE群は、ラグビー競技を専門とする選手であり、高強度のレジスタンストレーニングを高い頻度で行っている。また、その大半が比較的長期にわたって継続的に実施していたことから（平均4.8年）、血管壁の硬化度の増加傾向が認められたものと考えられる。しかしながら、RE群とCT群を比較すると、収縮期血圧や脈圧も含め、動脈伸展性の指標に有意な差が認められなかった。また、RE群とCT群における%FMDは、本研究と同じ若年健常者を対象とする先行研究での測定値と比べて同程度か、やや低値であった⁸⁾。これまでに、レジスタンストレーニングによって引き起こされる動脈壁の硬化が、持久性トレーニングを併せて行うことで抑制されたとの報告がなされている⁹⁾。RE群の場合には、レジスタンストレーニングとともに、持久性トレーニングも日常的に行っており、これが血管壁の弾性を維持する効果をもたらしたことで、動脈壁の伸展性の低下を軽度には抑えたのではないかと推察された。

有酸素的な持久性トレーニングは、動脈壁の伸展性を増大させるとともに、加齢に伴う動脈コンプライアンスの低下を抑制して、心血管系に保護的な効果をもたらす。一方で、高強度のレジスタンストレーニングを過度に実施することは、動脈ステイフネスの増大および血管壁の肥厚を引き起こす。このような血管壁の性状の変化は、高強度の静的運動に伴う急激な動脈圧の上昇に対する生理的な適応現象と捉えることができるが、他方では、動脈コンプライアンスの低下が慢性的に左心室への後負荷を増加させて、求心性左室肥大のリスクを高めることも推察される。先行研究において、レジスタンストレーニングによる動脈壁の伸展性の低下は比較的短期間のトレーニングで誘発されるものの、脱トレーニングによって速やかに改善することが示

されている。しかしながら、競技スポーツの選手は若年期から壮年期にかけて、長期間その競技のトレーニングを継続することが多い。実際に、レジスタンストレーニングを実施している者での動脈壁の硬化度はトレーニングの継続年数と正の相関を示すことが報告されている。高強度のレジスタンストレーニングを継続的に実施することが、加齢に伴う心血管系リスクの上昇にどのような影響を与えるかについては、競技スポーツを行う若年運動選手の追跡による縦断的な解析が必要であると考えられる。

参考文献

- 1) Tanaka H et al. : Aging, habitual exercise, and dynamic arterial compliance. *Circulation* 102 : 1270 - 1275, 2000.
- 2) Bertovic DA et al. : Muscular strength training is associated with low arterial compliance and high pulse pressure. *Hypertension* 33 : 1385 - 1391, 1999.
- 3) Miyachi M et al. : Unfavorable effects of resistance training on central arterial compliance. A randomized intervention study. *Circulation* 110 : 2858 - 2863, 2004.
- 4) Maeda S et al. : Effects of exercise training of 8 weeks and detraining on plasma levels of endothelium-derived factors, endothelin-1 and nitric oxide in healthy young humans. *Life Sci* 69 : 1005 - 1016, 2001.
- 5) Okamoto T et al. : Effects of eccentric and concentric resistance training on arterial stiffness. *J Hum Hypertens* 20 : 348 - 354, 2006.
- 6) Bertovic DA et al. : Muscular strength training is associated with low arterial compliance and high pulse pressure. *Hypertension* 33 : 1385 - 1391, 1999.
- 7) Pratley R et al. : Strength training increase resting metabolic rate and norepinephrine levels in healthy 50-to 65-yr-old men. *J Appl Physiol* 76 : 133 - 137, 1994.
- 8) Yufu K et al. : Measurement of the brachial-ankle pulse wave velocity and flow-mediated dilatation in young, healthy smokers. *Hypertens Res* 30 : 607 - 612, 2007.
- 9) Kawano H et al. : Resistance training and arterial compliance : keeping the benefits while minimizing the stiffening. *J Hypertens* 24 : 1753 - 1759, 2006.

国体レベルの若年スポーツ選手における インスリン抵抗性と動脈スティフネス

和歌山県立医科大学 保健看護学部 中原 梓・高橋 真麻・長野 汐梨
中本 啓太・横山絵里奈・有田 幹雄

はじめに

習慣的な運動が肥満や動脈硬化等の予防になることは知られている。また、肥満傾向児と血圧・血清脂質には有意な関係が示されている。一方、動脈スティフネスが進行すると心臓からの駆出波により大動脈を伝わる脈波速度が増す。それを利用して大動脈壁の硬化度を非侵襲的に測定することが可能である。本邦で頻用されている、上腕血圧と足首血圧を測定して求める上腕一足首脈波伝播速度 (baPWV) は近年さまざまなエビデンスが蓄積されてきており、治療のモニターや予後指標としての有用性が報告されている¹⁾。

運動が循環機能・脂質・糖代謝に及ぼす影響をみるため、普段からトレーニングを積んでいる国体レベルの若年スポーツ選手において、インスリン抵抗性と動脈スティフネスを測定し、両者の関連を中心に検討を加えた。

対象と方法

対象：和歌山県の小学校高学年から高校3年生まで (10～18歳) の国体を目指す男女147名であった。詳細は小学生39名 (男22名・女17名)、中学生69名 (男38名・女31名)、高校生39名 (男27名・女12名)、平均年齢は13.8±2.4歳 (平均±標準偏差) であった。対象者には事前に検査の目的を説明し、本人及び保護者から文書による同意を得た。競技の内訳は、陸上部員29名、ソフトテニス部員17名、水泳部員13名、剣道部員12名、柔道部員9名、卓球部員8名、体操部員8名、フェンシング部員7名、野球部員7名、山岳部員5名、レスリング部員5名、ウエイトリフティング部員4名、その他などであった。

健康調査：健康調査としては、身長・体重を測定し、BMI (Body Mass Index) を算出し、基準値にcoleらの研究を用いた²⁾。血圧は座位で自動血圧計 (オムロンHEM-7471C) にて2回測定し、その平均値を求め基準値に『小児の高血圧及び正常高値血圧の基準値』を使用した³⁾。上腕一足首間脈波伝播速度 (baPWV) は両上腕、両足首に巻いた血圧測定カフの容積脈波から測定した。

血液検査は全員空腹時に静脈採血を行い、血液生化学検

査で血糖、インスリンを測定した。またインスリン抵抗性の指標として、以下の式を用いてHOMA指数を算出した。

$$\text{HOMA 指数} = \text{空腹時血糖値 (mg/dl)} \times \text{空腹時インスリン値 (\mu U/ml)} \div 405$$

次に運動群と非運動群を比較した。運動群に中学生 (69名) のデータを用い、非運動群では性別・年齢を一致させたA中学校の積極的な運動をしていない学生77名 (男子41名、女子36名) のデータを用いた。非運動群の平均年齢は、男子14.1±0.8歳・女子13.9±0.8歳であった。運動群と非運動群で、BMI・血圧・HOMA指数・baPWVを比較した。

結 果

対象者の体格、循環機能、糖代謝機能の特性を表1に示す。

1. BMI と HOMA 指数

BMI25以上は7名であった (表2)。BMIとHOMA指数の相関を見ると、BMIが高値であればHOMA指数も高

表1. 対象者の背景

	男	女
人数(人)	87	60
体重(kg)	54.4±18.1	46.5±10.4
BMI(kg/m ²)	20.4±4.9	18.8±2.9
収縮期血圧(mmHg)	115.9±10.6	107.8±7.8
拡張期血圧(mmHg)	57.4±6.1	58.2±5.7
HOMA指数	1.7±3.3	1.5±0.8
baPWV(cm/s)	910.4±101.4	880.7±128.1

表2. 対象者のBMI

		18.5未満	18.5以上 25未満	25以上
女子	全体	30	28	2
	高校生	1	9	2
	中学生	16	19	0
	小学生	13	0	0
男子	全体	34	48	5
	高校生	3	21	3
	中学生	18	20	1
	小学生	13	7	1

値を示し、 $r = 0.70$ ($p < 0.05$) の有意な正の相関が見られた (図1)。

2. HOMA 指数と baPWV

HOMA 指数が高値なほど baPWV は高値を示し、 $r = 0.19$ ($p < 0.05$) の有意な正の相関が見られた (図2)。

3. BMI と baPWV

BMI が高値なほど baPWV は高値を示し、 $r = 0.28$ ($p < 0.05$) の有意な正の相関が見られた (図3)。

4. 運動群と非運動群の比較

運動群にいた1名の肥満者を除き、運動群と非運動群ではBMI・血圧・HOMA 指数・baPWV の有意差は見られなかった (表3)。

運動群にはメタボリックシンドロームのリスク項目 (腹囲・血圧・中性脂肪・HDL・インスリン抵抗性) を2個以上重積する者は4.1%であった。

表3. 運動群と非運動群

	運動群	非運動群
人数(人)	38	41
	31	36
体重(kg)	53.6±18.7	54.7±11.4
	45.9±7.2	46.9±8.1
BMI(kg/m ²)	20.0±5.3	19.7±3.4
	18.3±2.3	18.9±2.4
収縮期血圧(mmHg)	115.6±9.6	110.2±5.6
	108.6±7.7	106.1±7.1
拡張期血圧(mmHg)	56.8±6.7	57.3±5.9
	59.7±5.6	61.7±4.8
HOMA 指数	2.6±5.0	1.8±1.3
	1.6±0.8	1.3±0.7
baPWV(cm/s)	906.2±105.9	897.9±105.6
	889.5±121.8	914.4±129.6

各項目の上段は男子、下段は女子

考 察

本研究ではbaPWV は正常範囲内であるものの、BMI と HOMA 指数のいずれとも正の相関が見られた。このことから、動脈硬化危険因子をもつ群では動脈ステイフネスが亢進することが考えられた。内川らの研究では、運動による身体活動量の増加は内臓脂肪量の減少や心血管危険因子の軽減とともに動脈ステイフネスの改善をもたらすと報告している⁴⁾。しかし本研究では、若年者において積極的な運動の有無で動脈ステイフネスに差はみられなかった。運動は内皮機能障害を改善させるが、若年者では内皮機能障害が顕著でないため、有意な差が見られなかった可能性が考えられる。

また、メタボリックシンドロームのリスクを重積する者が運動群では4.1%と少なかった。共同研究者である内海らの研究で、積極的に運動を行っていない中高生には、メタボリックシンドロームのリスク項目を重積する者は38.1%にみられた⁵⁾。このメタボリックシンドロームのリスク重積の頻度差は積極的な運動による効果によるものではないかと考える。

メタボリックシンドロームは、脳血管疾患・虚血性心疾患・糖尿病などさまざまな生活習慣病の発症に影響する。本研究では、国体レベルの運動選手を対象として運動がそのリスクを軽減させることが示唆された。

参考文献

- 1) 熊谷裕生ら：高血圧ナビゲーター第3版・メディカルレビュー社・122～123頁・2011年6月
- 2) Cole T J et al. : Establishing a standard definition for child overweight and obesity worldwide : international survey. BMJ VOLUME 320 : 1240～1243・2000
- 3) 菊池透ら：高血圧，小児科診療・2号・87～92頁・2010
- 4) 内川友紀子ら：中高年者における歩行運動が心血管危険因子および動脈ステイフネスに及ぼす影響・日本臨床生理学雑誌 Vol. 40, No. 4・185～191頁・2010

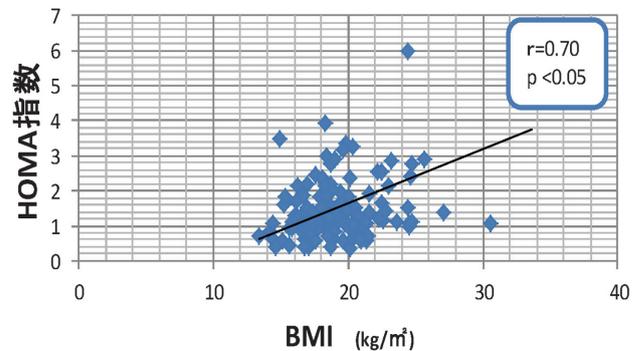


図1. BMI と HOMA 指数の相関

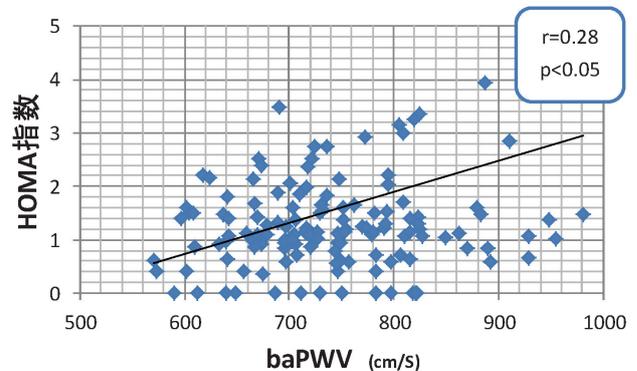


図2. baPWV と HOMA 指数の相関

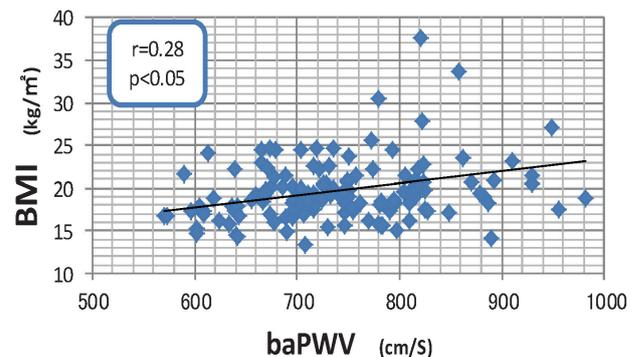


図3. baPWV と BMI の相関

5) Miyoko Utsumi et al : Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity
for the Assessment of Arterial Stiffness in Adolescents The

Influence of Obesity and Metabolic Syndrome Variables ·
J.Wakayama Med.Soc. 59 (2) · 59 ~ 66 · 2008

高強度運動における *Human-β-defensin-2* の変動と唾液抗菌活性の検討

大阪成蹊短期大学 児童教育学科初等教育学 白井 達矢
 大阪市立大学大学院 医学研究科運動生体医学 吉川 貴仁・織田 恵輔・藤本 繁夫
 森ノ宮医療大学 保健医療学部鍼灸学科 上田 真也
 工学院大学 基礎教養・教育部門 桂 良寛

目 的

口腔内は、外気にたえず曝露されていることから、細菌やウイルスなどの病原微生物が侵入しやすく、第一線の防御機構として機能する唾液免疫成分の働きが重要となる^{1),2)}。なかでも、近年、生体防御システムとして、抗菌性ペプチド群の存在が注目され、それらは自然免疫に属し、感染に対する第一線の防御機構として機能するだけでなく、自然免疫に続く獲得免疫系を活性化させる働きを有していることが報告されている³⁾。特に、上気道感染や口腔内免疫機能において重要な役割を担っているのが *Human-β-defensin-2* (HBD-2) であり、気道上皮細胞や唾液腺から分泌され、ウイルスや細菌などに対する抗菌活動に貢献していることが報告されている^{3),4)}。抗菌性ペプチド群と運動に関するこれまでの報告では、Davison らが一過性の中等度長時間運動に伴い、唾液中の抗菌性ペプチド群 (LL-37, α -defensin) が有意に増加したこと⁵⁾、また、我々も、一過性の高強度運動により HBD-2 が有意に増加したことを報告している⁶⁾。しかしながら、これまでの運動と免疫に関する多くの研究^{1),7),8)} では、運動刺激に伴い変化した唾液免疫成分の濃度や分泌量の動きしか検討されておらず、さらに運動により、変化した抗菌性ペプチド群

や唾液免疫成分が、実際に、どのぐらいの抗菌活動に貢献しているかは明らかにされていない。

そこで、今回は、高強度運動が及ぼす *Human-β-defensin-2* への影響と唾液抗菌活性レベルについて検討した。

方 法

一般健康男性 10 名 (年齢 23±3 歳; 身長 176.4±3.4cm; 体重 66.8±7.8kg; VO_2max 49.7±4.8ml/kg/min) に対し、高強度運動 (75% VO_2max 60min) を実施させ、運動前・運動直後・終了 1 時間後・2 時間後に、コットン法^{6),9)} を用いて唾液採取 (図 1) を行い、HBD-2 濃度を ELISA 法 (*Human-β-Defensin-2* ELISA Kit, Phoenix Pharmaceuticals Inc., Burlingame, CA) により測定し濃度を算出した。唾液採取の方法に関しては、自然誘発法とコットン法が多く用いられ、今回の高強度運動など激しい運動の場合は、自然誘発法では、一定の唾液量の確保が困難なため、コットン法を用いて一定の唾液量を採取した。次に、採取した唾液を用いて、大腸菌に対する抗菌活性レベルを測定した。抗菌活性レベルの測定は、大腸菌を採取した唾液と 2 時間・4 時間培養 (37°C) させ、その後、大腸菌の細胞数をカウントした。

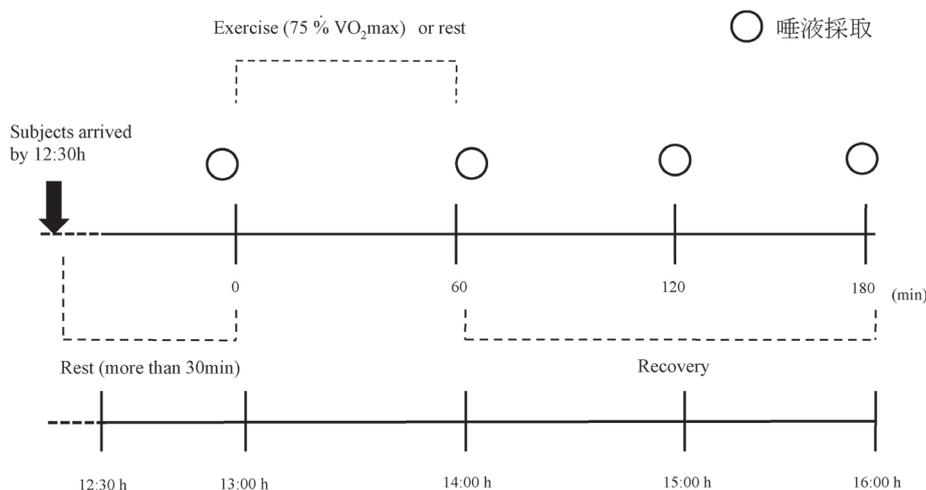


図 1. 実験プロトコル

結 果

唾液 HBD-2 濃度は、安静時 $82.3 \pm 11.4 \text{ pg/ml}$ 、運動直後 208.0 ± 106.7 、終了1時間後 257.6 ± 68.6 、2時間後 250.8 ± 76.6 と安静時と比べて有意 ($p < 0.01$) に増加した (図2)。また、運動による口腔内の脱水が唾液 HBD-2 濃度に影響を及ぼすことが考えられたが、唾液量および浸透圧において有意な変化は見られなかった。次に、唾液抗菌活性レベルは、運動直後・運動後1時間・2時間の唾液において、大腸菌との培養2時間の時点で、大腸菌細胞カウント数の有意な減少がみられた。しかし、培養4時間の時点においては、有意な差はみられなかった (図3)。

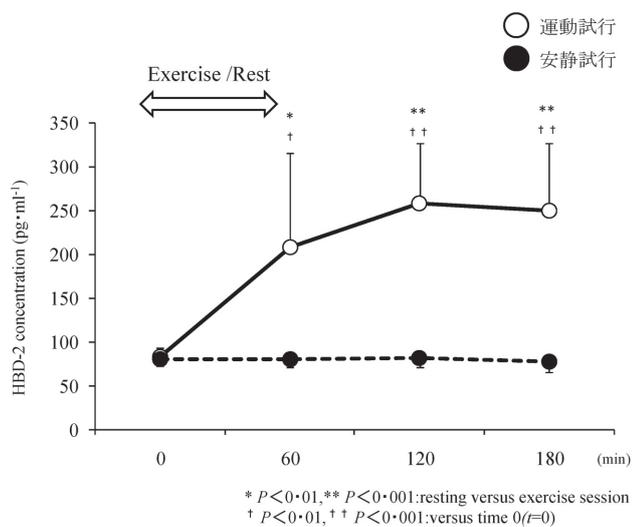


図2. 唾液HBD-2の変動

考 察

高強度運動に伴う唾液 HBD-2 の変動と、唾液抗菌活性レベルを検討した結果、高強度運動に伴い、唾液 HBD-2 が有意に増加すること、また、運動直後、1時間後、2時間後の唾液において、大腸菌との培養2時間の時点で、大腸菌細胞数を有意に抑制することを示した。

近年、抗菌性ペプチド群に関する報告が多くなされており、なかでも HBD-2 は、唾液腺や気道上皮細胞から分泌され、口腔内の自然免疫として重要な役割を担っていることが明らかにされている^{2), 10)}。

しかしながら、抗菌性ペプチド群と運動やスポーツに関する報告は少なく、Davison らが一過性の中等度運動により、抗菌性ペプチド群 (LL-37, α -defensin) が増加したことを報告している⁵⁾。また、我々も、運動ストレスに伴い、唾液中の抗菌性ペプチド群 (HBD-2, LL-37) が有意に増加すること、高強度運動 (身体的ストレス) に伴う炎症性サイトカインの増加が、抗菌性ペプチド群の産生に貢献しているのではないかと考察している⁵⁾。また、Nijnik らは、唾液中の HBD-2 は、口腔内の防御機構として第一線に働き、その分泌量や濃度が高いほど、より強い抗菌活性を示すことを報告している¹¹⁾。今回、一過性の高強度運動に伴い、運動直後から運動終了後2時間において、唾液 HBD-2 が有意に増加し、唾液抗菌活性レベルは、HBD-2 の有意な増加がみられた運動直後の唾液 (運動直後・1時間後・2時間後) において、大腸菌阻止に働くことが示された。Davison らは、気道や口腔の流体である唾液免疫成分は、運動刺激に伴い、相乗的に分泌されることで、殺菌性や抗菌性がより高くなると報告⁵⁾ しており、今回の運動後の唾液抗菌活性レベルが高かった我々の結果と一致し

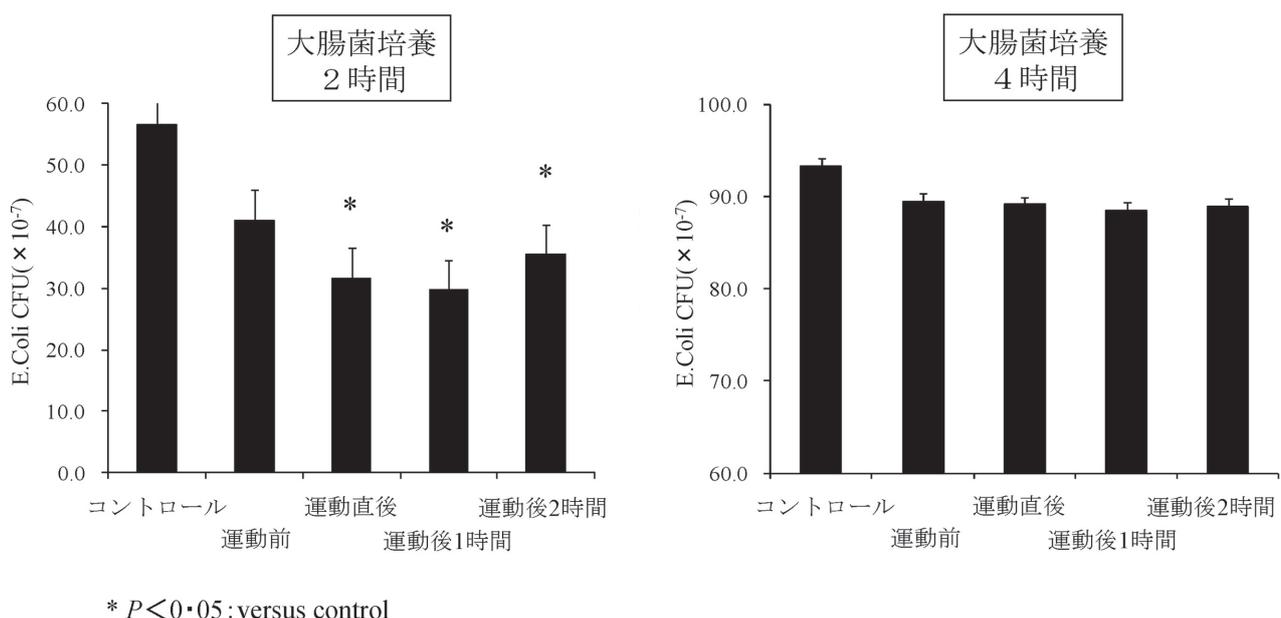


図3. 唾液抗菌活性レベル

ている。また、これまでの運動と口腔内免疫に関する研究において、一過性の運動により、リゾチームやラクトフェリンなどの抗菌性タンパクが増加することや、口腔粘膜免疫の代表とされる免疫グロブリン A (IgA) の低下を、リゾチームやヒスタチンなどの抗菌性タンパクがカバーするために増加することが報告されている^{12),13)}。一般的に、高強度や長時間の運動に伴い、リンパ球などの全身性免疫機能が低下することは知られており、その低下は、運動後から24時間は続くと言われている。そうした全身性の免疫機能をカバーするために、一時的に局所免疫（口腔内）の働きが高まり、抗菌性ペプチド群や抗菌性タンパクの産生増加がみられたと考えられる。しかしながら、今回の結果から、局所免疫の抗菌活性レベルの増加は、大腸菌接触2時間までしか働かず、それ以降は低下することから、高強度運動や長時間のストレスとなる運動を行う場合は、全身性免疫の低下（リンパ球減少）や局所免疫の低下がみられる運動後2時間以降は、感染予防を特に行う必要があると考えられる。

今回は、唾液免疫能として、唾液中の抗菌活性レベルを検討したが、今後は、その中でも抗菌性ペプチド群 (HBD-2) が、口腔内免疫能の中で、どのくらい抗菌活動に貢献しているかを明らかとするために、さらに検討していく必要がある。

まとめ

一過性の高強度運動により、運動後の唾液中のHBD-2が有意に増加することが明らかとなった。また、採取した唾液中の抗菌活性は、培養2時間までは、大腸菌阻止に働くことが示唆された。

参考文献

- 1) Neville V et al : Salivary IgA as a risk factor for upper respiratory infection in elite professional athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 40 (7) : 1228 - 1236, 2008
- 2) Nicholas P. West et al : Antimicrobial peptides and proteins, exercise and innate mucosal immunity. *FEMS Immunol Med Microbiol.* 48 : 493 - 304, 2006
- 3) Doss M et al : Human defensins and LL-37 in mucosal immunity. *J Leuko Biol.* 87 : 79 - 92, 2010
- 4) David Proud et al : Human rhinovirus infection induces airway epithelial cell production of human β -defensin 2 both in vitro and in vivo. *The Journal of Immunology.* 4637 - 4645, 2004
- 5) Davison G et al : Salivary antimicrobial peptides (LL-37 and alpha-defensins HNP 1-3), antimicrobial and IgA responses to prolonged exercise. *Eur J Appl Physiol.* 106 : 277 - 84, 2009
- 6) Usui T et al : Changes in salivary antimicrobial peptides, immunoglobulin A and cortisol after prolonged strenuous exercise. *Eur J Appl Physiol.* 111 : 2005 - 2014, 2011
- 7) M.Gleeson : Mucosal immunity and respiratory illness in elite athletes. *Int J Sports Med.* 21 : 33 - 43, 2000
- 8) Nieman DC : Exercise, upper respiratory tract infection, and the immune system. *Med Sci Sports Exerc.* 26 (2) : 128 - 139, 1994
- 9) Akimoto T et al : Effects of 12 months of exercise training on salivary secretory IgA levels in elderly subjects. *Br J Sports Med.* 37 : 76 - 9, 2003
- 10) Diamond G et al : Host defense peptides in the oral cavity and the lung : similarities and differences. *J Dent Res.* 915 - 27, 2008
- 11) Nijnik A et al : The roles of cathelicidin LL-37 in immune defences and novel clinical applications. *Curr Opin Hematol.* 16 : 41 - 7, 2009
- 12) M. Gleeson : Mucosal immunity and respiratory illness in elite athletes. *Int J Sports Med.* 21 : 33 - 43, 2000
- 13) Nieman DC : Exercise, Infection, and Immunity. *Int. J. Sports Med.* 15 : 131 - 141, 1994

筋電図周波数解析による運動代謝評価 ～自転車エルゴメーターにおけるAT前後の筋電の周波数変化について～

関西医科大学大学院 健康科学科 山中 裕・新野 弘美・黒瀬 聖司
堤 博美・宮内 拓史・木村 穰

はじめに

筋疲労評価方法の研究において、表面筋電図を用いた積分値振幅をはじめとして、周波数解析などが多く使用され報告されている。積分値振幅の研究では、森谷らが、20名の被験者に対して、自転車エルゴメーターで4種類の負荷試験を実施し、各負荷の積分値振幅EMGの傾きを求め、その4負荷毎の運動時間に対する傾きをプロットし、運動時間0分時の負荷をその被験者の筋電図疲労性閾値と定義し、漸増自転車エルゴメーターの漸増負荷時と呼気ガス分析や乳酸閾値から算出された同じ被験者のAnaerobic threshold (AT) 値と高い相関があったと報告している¹⁾。また、表面筋電図の周波数解析の研究では、中間周波数や平均周波数の変化での研究が多い^{2),3)}。

しかし、筋電図は多数のケーブルが必要で、ダイナミックな運動での測定は手技的な問題で敬遠されてきた。また交流などのノイズの問題もあり臨床での応用はあまりなされていない。また筋肉の電気的変化と無酸素運動閾値等のエネルギー代謝との関係についても十分検討されていない。

一方、最近送信機と電極が一体化したコードレステレメータ電極が開発され、筋電図のデータの採取が簡単に行えるようになり、同時にその筋電図の周波数解析も迅速に行えるようになった。

そこで本研究において、このコードレステレメータを用い、運動時の筋電図を収集し、筋電図の周波数解析による運動時の変化と呼気ガス分析によるエネルギー代謝の変化との関係について検討することを目的にした。

目 的

自転車エルゴメーター負荷時の下肢筋にコードレステレメータ電極を装着し、筋電図周波数の変化と、呼気ガス分析法で得られたATとの関連について検討することを目的とした。

対 象

健康な男性7名と女性3名の大学生(平均年齢20.5±1.4歳)。対象者全員に研究内容を説明し同意を得た後に、

測定を実施した。

方 法

1. 運動負荷のプロトコール

座位式エルゴメーターを用い、漸増式ランプ負荷試験を実施した。エルゴメーター座位での安静状態5分後、ランプ負荷20Watt/分でウォーミングアップを実施し、その後、本測定を行った。本測定では、男性は1分間に30Watt、女性は1分間に20Wattで負荷を漸増させるプログラムを用いて実施し、終了は被験者が漕げるピークもしくはVO₂ leveling offとした。

2. 筋電図の測定

連続的に筋電図を記録し、筋出力は10秒毎に筋電図波形と基線間で絶対値加算した絶対値面積Area (mV・sec)で算出した。測定部位は、両足の大腿直筋、大腿二頭筋、腓腹筋外側頭の6点から筋電図を採取した。使用した電極は、送信機と電極が一体化したコードレステレメータ電極で、測定部位をアルコール綿で拭き、テープで貼るActive電極方式(日本光電製:WEB-7000)を使用した。自転車エルゴメーターの漕ぎ方には、特別な教示を与えず、被験者に自由に漕がせた。

3. 代謝性閾値の測定

筋電図測定と同時に、呼気ガス分析(ミナト社製:AE300S)を測定し、その得たデータをV-Slope法によりAT到達時間を求めた。

4. 筋電図の周波数分析

筋電図信号は、直接パソコンに保存し、そのデータを用いて10秒毎にFFT解析を行い、1～500Hzの周波数に対して、10Hz毎の平均筋電図周波数パワースペクトル(mV²)を算出した。周波数解析には、日本光電製のWEB-7000のソフトを用いた。

5. 統計解析

相関の分析はピアソンの積率相関係数を用いて行い、危険率5%以下を有意とした。

結 果

運動負荷は、全例被験者が漕げるピークまで施行可能であった。そして peak VO_2 到達時間は、運動開始後 287 ± 46 秒であり、peak $VO_2/Weight$ は、 44.9 ± 9.8 ml/kg/min であった。

自転車エルゴメーターの漸増負荷に対して、10秒毎の各筋電図の出力のパターンを分析し「各筋肉均等活用型（2名）」「利き足主体型（4名）」「主体筋肉入れ替わり型（4名）」が確認された。図1に各漕ぎ方の代表例を示す。また、各パターンに対する開始からATまでの時間は、それぞれ「各筋肉均等活用型： 311 ± 36 秒」「利き足主体型： 290 ± 39 秒」「主体筋肉入れ替わり型： 281 ± 47 秒」であった。AT時の $VO_2/Weight$ は、それぞれ「各筋肉均等活用型： 21.5 ± 4.4 ml/kg/min」「利き足主体型： 28.1 ± 2.9 ml/kg/min」「主体筋肉入れ替わり型： 19.5 ± 2.3 ml/kg/min」であり、peak $VO_2/Weight$ は、それぞれ「各筋肉均等活用型： 57.9 ± 3.3 ml/kg/min」「利き足主体型： 42.3 ± 6.7 ml/kg/min」「主体筋肉入れ替わり型： 41.0 ± 9.8 ml/kg/min」であった。

同一筋が自転車エルゴメーターの漸増負荷と一致する

「各筋肉均等活用型」について、右足の大腿直筋の10秒毎の筋電図周波数パワースペクトル分析をした。図2に、特に特長のあった1～150Hzの10Hz毎の平均筋電図周波数パワースペクトルと時間の3Dのグラフを示す。基本的には周波数パワーは時間経過、すなわち負荷量の増加とともに増加するか、筋出力と負荷量の増加とともに漸増していた。しかし、AT前後100秒において、30～59Hzの周波数帯域に筋出力と無関係に変化する筋電図周波数パワースペクトル帯があるのが3Dのグラフより目視にて確認できた。よって、AT前後100秒の筋電出力と周波数パワースペクトルの相関分析を実施した。

筋肉毎に取り込んだ筋電図信号1～500Hzの周波数に対して、10秒毎にFFT解析を行い10Hz毎の平均筋電図周波数パワースペクトル (mV^2) を算出し、時間を同期させた10秒毎に算出した同じ筋肉の筋電出力 Area ($mV \cdot sec$) と相関分析を行った。表1に19歳男性の右足大腿直筋での相関分析結果を示す。AT前後100秒において、60Hz以上の周波数では、筋電出力と筋電図周波数パワースペクトルの相関が確認された反面、AT前後にて、60Hz未満の周波数帯に、負荷と関連しない増減が認められた。

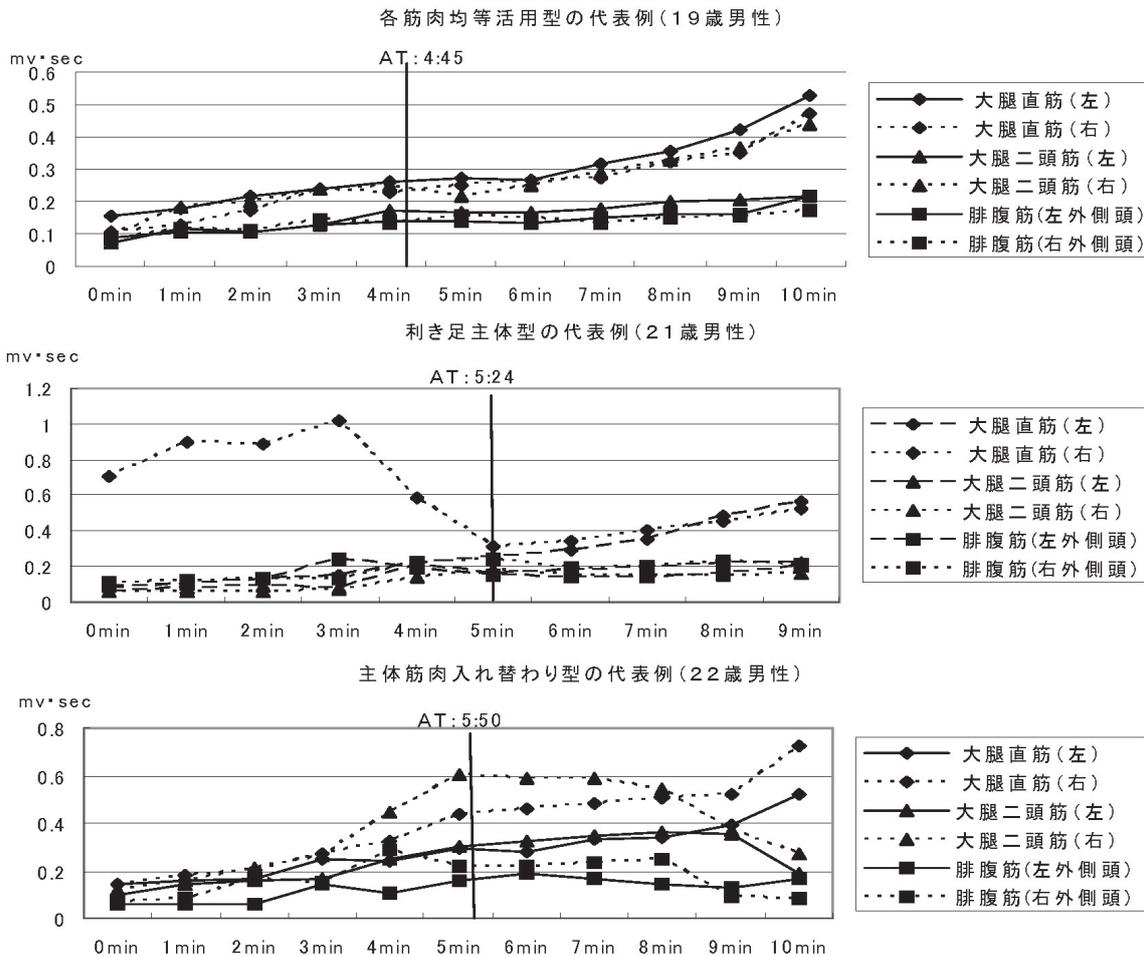


図1. 筋電図からみた使用筋群のパターン

表1. AT前後100秒での筋電出力と筋電図周波数パワースペクトルの相関 (19歳男性, 右足大腿直筋)

周波数	相関係数	有意確率
1-9Hz	-0.66	**
10-19Hz	-0.68	**
20-29Hz	-0.72	**
30-39Hz	0.34	
40-49Hz	0.54	*
50-59Hz	0.23	
60-69Hz	0.57	**
70-79Hz	0.62	**
80-89Hz	0.76	**
90-99Hz	0.60	**
100-109Hz	0.69	**
110-119Hz	0.53	*
120-129Hz	0.73	**
130-139Hz	0.75	**
140-149Hz	0.84	**

(*:p<0.05 **p<0.01)

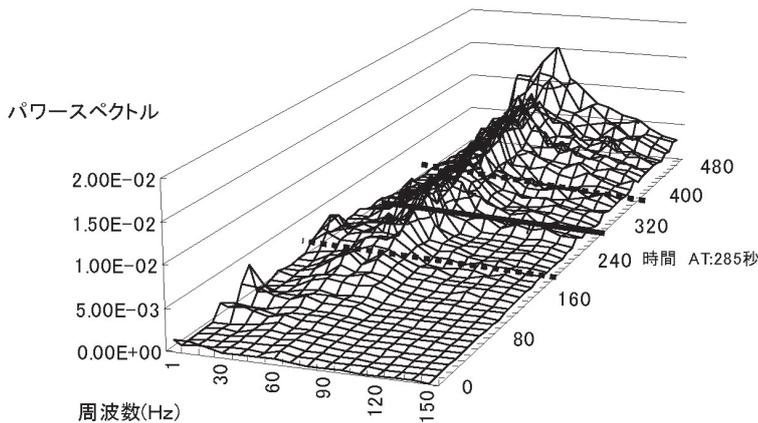


図2. 10Hz毎の平均筋電図周波数パワースペクトルと時間の3Dのグラフ (19歳男性, 右足大腿直筋)

考 察

先行研究において森谷らが、自転車エルゴメーターの漸増負荷時の積分値振幅 EMG から求めた筋電図疲労性閾値と乳酸閾値から算出した同じ被験者のAT値と高い相関があったと報告している¹⁾。この結果から、筋電図疲労性閾値と代謝性閾値の負荷において、高い関係があり、運動中の筋電図情報から代謝性閾値を推定できる可能性があると推測される。しかし、本研究の自転車エルゴメーターの漸増負荷実験では、筋電図から見た使用筋群のパターンにおいて、「各筋肉均等活用型」「利き足主体型」「主体筋肉入れ替わり型」の3種類の漕ぎ方があることが認められた。先行研究で報告された、筋肉図疲労性閾値負荷と、自転車エルゴメーターの漸増負荷時と呼気ガス分析や乳酸閾値からのATの負荷の相関の研究¹⁾と異なり、連続した自転車エルゴメーターの漸増負荷時の筋電図情報からATを推定する場合、被験者への自転車エルゴメーターの漕ぎ方の教示を行い、漕ぎ方を一定にする必要があるものと思われる。

表面筋電図の筋疲労と筋電図周波数の先行研究では、一般的に、筋疲労により中間周波数は低く推移すると報告されている^{4),5)}。しかし、筋電図情報からATを推定する場合、筋電図周波数の中間周波数による変化だけではなく、各周波数 Hz の詳細の変化の分析が、第一段階として必要であると思われる。したがって、本研究においては、AT前後の周波数の変化の全体像を把握する為に、10Hz毎に筋電図の周波数分析を行った。その結果、自転車エルゴメーターの漸増負荷において、各筋肉を均等漸増させた被験者に対して、10Hz毎の筋電図周波数パワースペクトルと筋電出力 Area について、60Hz以上の周波数では、筋電出力と筋電図周波数パワースペクトルの相関が確認された反面、AT前後にて、60Hz未満の周波数帯に、負荷と関連しない増減が認められた。今回の被験者に認められた、

筋出力に対する1~29Hzの負の相関は、もう一人の被験者においては確認できず、この被験者特有の現象である可能性がある。よって、代謝性閾値と筋電図周波数パワースペクトルの変化に対しては、30~59Hzに着目することが重要である可能性が示唆された。

最後に今回のAT前後の筋電図周波数パワースペクトルの変化の原因を考察する。AT前までは、遅筋繊維が動員され、AT後、遅筋繊維に加え速筋繊維が動員されるという報告がある⁶⁾。今回のAT前後の筋電図周波数パワースペクトル周波数の変化は、AT前の遅筋繊維の筋肉疲労による周波数の低下傾向と、AT以後の速筋繊維の動員に関係している可能性がある。永田は、周波数解析において遅筋繊維は低周波帯(10~50Hz)、速筋繊維は高周波帯(91~150Hz)で変化すると報告している⁷⁾。これら先行研究結果も踏まえ、ATと筋電図周波数パワースペクトルの関係を検討していく必要があると考えられた。

今後、漸増運動に対して各関連筋肉の負荷を均等にできるように負荷システムを構成し、ATと筋電図周波数パワースペクトルの因果関係を解明していくことが重要と考えられた。

結 語

AT前後の30~59Hzの筋電図の周波数パワースペクトルの変化は、筋電出力との関係性は低く、呼気ガス分析から求められる代謝性閾値と関連する可能性が示唆された。

参考文献

- 1) Moritani T., Yoshitake Y. : 1998 ISEK Cogress Keynote Lecture The use of electromyography in applied physiology, Journal of Electromyography and Kinesiology, 8 : 363-381, 1998

- 2) Linnamo V., et al. : Electromyogram power spectrum and features of the superimposed maximal M-wave during voluntary isometric actions in humans at different activation levels, *Eur J Appl Physiol*, 86 (1) : 28 - 33, 2001
- 3) Beck TW, et al. : Comparison of the fast Fourier transform and continuous wavelet transform for examining mechanomyographic frequency versus eccentric torque relationships, *J Neurosci Methods*, 15 ; 150 (1) : 59 - 66, 2006
- 4) Kumar S, Narayan Y : Spectral parameters of trunk muscles during fatiguing isometric axial rotation in neutral posture, *J Electromyogr Kinesiol*, 8 (4) : 257 - 67, 1998
- 5) Beck TW, et al : Comparison of Fourier and wavelet transform procedures for examining the mechanomyographic and electromyographic frequency domain responses during fatiguing isokinetic muscle actions of the biceps brachii, *J Electromyogr Kinesiol*, 15 (2) : 190 - 9, 2005
- 6) 八田秀雄 : 乳酸を活かしたスポーツトレーニング, 56 - 61, 2001, 講談社
- 7) 永田晟 : からだ・運動の科学, 東京, 不味堂出版, 1984