

関西臨床スポーツ医・科学研究会誌

2013 Vol.23

関西臨床スポーツ医・科学研究会

目次

1. 女子ソフトボール選手における傷害調査	池辺 晴美 他	5
2. 高校男子サッカー選手における関節弛緩性とその特徴	山崎 岳志 他	9
3. 当科におけるリトルリーグ肩に対する治療	柳田 育久 他	13
4. 成長期の肘障害の発症とその身体的因子の検討 —小学生野球大会メディカルチェックの結果より—	西部 健太 他	15
5. 大学サッカー選手における足関節捻挫の競技復帰に 影響を及ぼす要因の検討	藤高 紘平 他	19
6. 外傷後足関節可動域制限における安静時羽状角の一考察	中山 昇平 他	23
7. ハンドヘルドダイナモメーターを用いた 体幹機能評価方法の再現性と関連性	木下 和昭 他	27
8. 休息時に用いるアイシングの効果について ～動的筋力に着目して～	照屋 博康 他	31
9. 運動中の筋電図周波数変化と下肢筋力の関係についての検討	山中 裕 他	35

10. 男子高校生陸上競技選手の種目別リバウンドジャンプ指数の違いと 6ヶ月後の変化について	濱口 幹太 他	39
11. 慢性の足関節症状に対する低出力レーザーの効果 ～重心動揺性を指標にして～	増田 研一 他	43
12. ドロップジャンプ着地による動的バランスの解析指標の検討 ～着地後の衝撃吸収性と重心動揺の関連性～	木村 佳記 他	45
13. スポーツ選手の膝前十字靭帯再建術後の栄養調査 2症例報告	高尾理樹夫 他	47
14. 大学男子バスケットボール選手の持久的体力指標及び POMSテストと傷害の関係について	露口 亮太 他	51
15. 一般市民ランナーにおける妥当な週間トレーニング回数と月間走行距離について ～ランニング傷害のアンケート調査より～	高尾 憲司 他	55
16. 高校駅伝選手の体力と障害について	濱口 幹太 他	57

女子ソフトボール選手における傷害調査

太成学院大学 池辺 晴美
奈良県立医科大学附属病院 北村 哲郎
履正社医療スポーツ専門学校 照屋 博康

目 的

ソフトボールは野球から派生した競技であり、野球場よりもコンパクトなフィールド内で競技が行われるため、求められるプレー速度は非常に速い。野球から派生した競技ではあるが、フィールドの広さだけではなく道具やルールなど野球とは異なる点が多い¹⁾。したがって、傷害についても異なる点があると考えられるが、ソフトボールにおける傷害調査に関する研究は少ない。

そこで本研究は、大学に所属する女子ソフトボール選手の傷害経験の有無と身体的特徴との関連を検討し、女子ソフトボールにおける傷害発生の傾向を把握することを目的とした。

対 象

対象は、平成24年度全日本総合女子ソフトボール選手権大会に出場した関西学生ソフトボール連盟女子1部リーグに所属するT大学の女子ソフトボール部員28名(年齢 19 ± 1 歳、ソフトボール歴 11 ± 2 年、身長 160.9 ± 5.4 cm、体重 57.1 ± 6.0 kg、体脂肪率 $22.0 \pm 3.7\%$)である。

方 法

ソフトボール開始から調査時までの傷害などをアンケート用紙により調査した。なお本研究では、「ソフトボール

の練習および試合中に発生し、練習や試合を1日でも休まなければならなかった外傷と障害」について、調査を行った。

また柔軟性の測定として、廣橋²⁾の10項目からなる全身の関節弛緩テスト(Joint Laxity Test, 以下、JLテスト)(図1)を実施した。左右一側ずつ評価するものについてはそれぞれを0.5ポイントとし、各項目を1ポイント全10ポイントとした。

なお本研究を行うにあたり、被験者には研究の目的、調査方法、倫理的配慮などに同意を得た後、行った。

結 果

アンケートの有効回答数は28名(100%)であった。ソフトボールによる傷害歴を有した選手は28名中、27名(96%)であり、外傷が70件(69%)、障害が32件(31%)の総数102件であった。

これらの受傷総数を部位別に分類すると、足部・足関節への発生が最も多く、外傷が20件・障害が2件、次いで手指・手関節は外傷が14件、腰背部においては外傷3件・障害9件であった(図2)。

また、足部・足関節への外傷20件のうち17件は捻挫であり、手指・手関節の14件の外傷については、手指への突き指・骨折であった。腰背部の障害9件は腰痛によるものであった。

ポジションなど各状況下での受傷件数については、守備

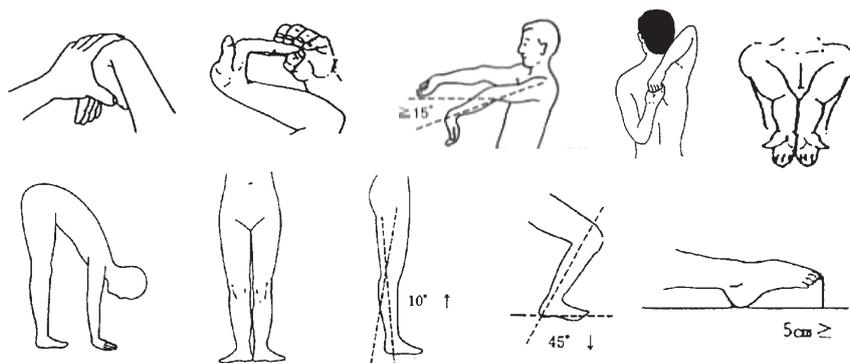


図1. Joint Laxity Test (廣橋らの方法)

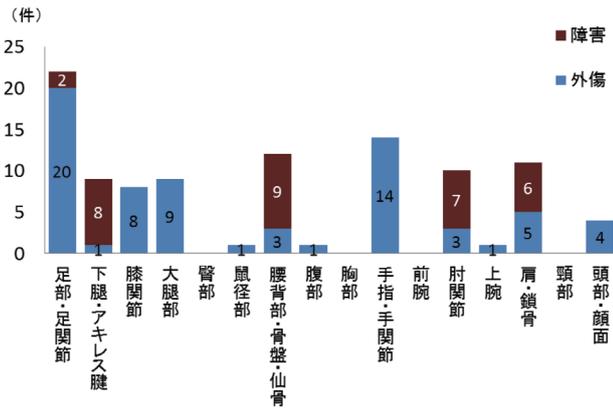


図2. 傷害発生部位と件数 (n=28 複数回答可)

中の受傷が多く58件(58%)を占めた(図3)。それらのうち、投手では投球時の肘への痛み(4件)、打球が直接手指へ当たったことによる骨折(3件)が主なものであった。捕手においても打球が直接手指へ当たったことによる骨折(4件)、内野手では投球時の肩の痛み(5件)と切り返し時の足関節捻挫(2件)、外野手では切り返し時の足関節捻挫(4件)が主な傷害であった。守備以外での受傷については、バッターでは3件全てが自打球による顔面打撲、ランナーでは足関節捻挫(4件)と接触による手指の骨折(4件)、トレーニングでは大腿部の筋腱損傷(6件)と足関節捻挫(5件)が主な傷害であった(図4)。

そこで傷害と関節の柔軟性の関係を調査するためにJLテストを実施した。JLテストが実施可能であったのは28名のうち27名であり、全体の平均値は 2.5 ± 1.2 ポイントであった。

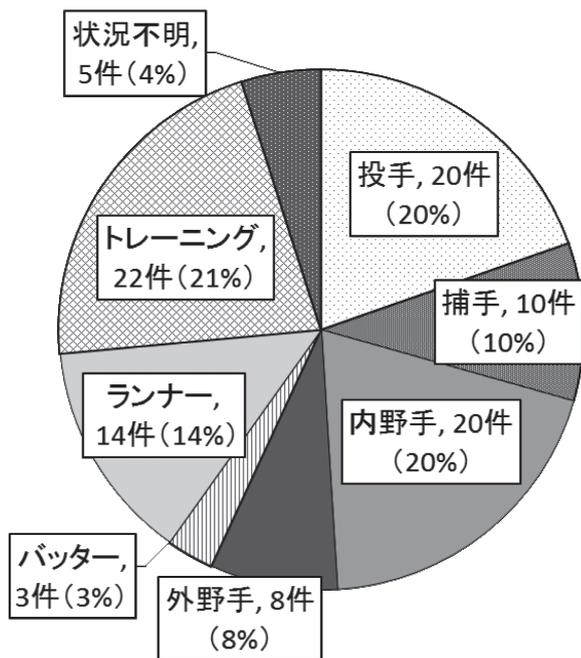


図3. 各状況下での受傷件数 (n=28 複数回答可)

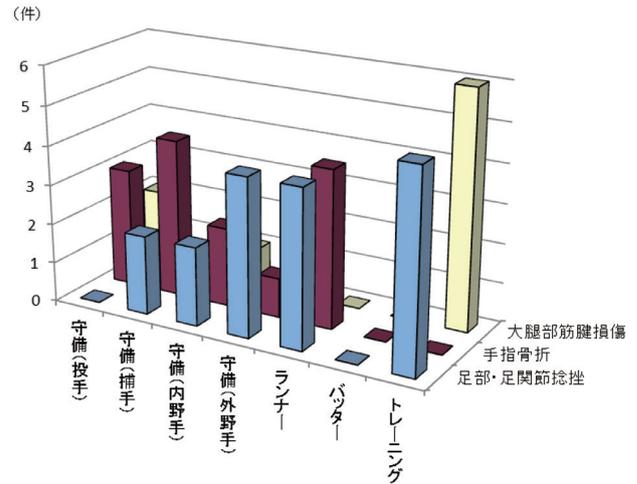


図4. 主な外傷と受傷状況 (n=28 複数回答可)

対象者それぞれのJLポイントをこれまでに外傷のみを経験した者、障害のみを経験した者、外傷と障害の両方を経験している者、受傷経験がない者に分類した。その結果、外傷のみを経験した者(n=11)は 2.8 ± 1.3 ポイント、障害のみを経験した者(n=2)は 2.8 ± 0.4 ポイント、外傷と障害の両方を経験している者(n=13)は 2.0 ± 0.8 ポイント、受傷経験がない者(n=1)は5.0ポイントを示した(表1)。

表1. これまでの受傷経験とJLポイント (有効回答数 27名)

経験状況	JLポイント
外傷のみ経験 (n=11)	2.8 ± 1.3
障害のみ経験 (n=2)	2.8 ± 0.4
両方(外傷・障害)経験 (n=13)	2.0 ± 0.8
受傷経験なし (n=1)	5.0

考 察

高校生・大学生を対象としたソフトボールの傷害調査^{3,4)}では、突き指が最も多かったとの報告がある。これについては今回の調査においても手指への突き指・骨折が比較的多かった。女子の突き指の頻度が高いのは技術的な巧拙に関係することが考えられる⁴⁾とされていることから、今回の対象者においてもさらに捕球時の技術向上が求められるが、ランナーでの受傷が目立ったことから、走塁の技術も要求されるのではないかと考える。

また、本研究において最も多かった傷害は足関節捻挫であった。野手やランナーが素早い切り返し動作時に受傷していること、加えてトレーニング時にも受傷が目立っていることから、足関節の機能を向上させる必要性が示唆された。

そういった点から関節弛緩性が傷害発生に関わっていると考えられたが、本研究では、外傷および障害の両方を経

験している者はJLポイントの平均値が低かった。さらに、鳥居らの関節弛緩性と関節外傷を調査した研究では、肩と膝では全身の関節弛緩性との関連する傾向が見られ、肘と足関節では関連が見られなかった⁵⁾と述べている。

これらのことからソフトボールで発生する傷害は、足関節捻挫やボールが当たるなどによる手指への骨折など、関節弛緩との関連が低いと考えられる外傷が多いことが示唆された。

しかし、本研究は被験者数が少ないため明確な傾向とは言えず、外傷内容の分類の仕方等も含め、今後も継続して調査する必要があると考える。

まとめ

- 大学女子ソフトボール選手を対象に傷害調査ならびにJLテストを実施した。

- 受傷が最も多かったものは足関節捻挫、次いで手指への突き指と骨折であった。
- 今回の調査において、関節弛緩性と傷害の受傷経験の関係は明らかにできなかった。

参考文献

- 1) 丸山克俊：『わかりやすいソフトボールのルール』, 163-187, 2012, 成美堂出版社
- 2) 廣橋賢次：スポーツと関節弛緩 (Joint Laxity : JL), 鹿屋体育大学学術研究紀要 12 : 111-115, 1994.
- 3) 中平順ら：大学ソフトボール部員のスポーツ外傷およびスポーツ障害に関する調査, 体力科学31(5) : 343, 1982.
- 4) 中平順ら：高校ソフトボール部員のスポーツ外傷および障害に関する調査, 体力科学34(6) : 572, 1985.
- 5) 鳥居俊ら：大学アメリカンフットボールにおける主要関節外傷と全身関節弛緩性との関係, 体力科学53(5) : 503-508, 2004.

高校男子サッカー選手における関節弛緩性とその特徴

洛和会音羽病院 リハビリテーションセンター
 大阪河崎リハビリテーション大学 リハビリテーション学部
 国立病院機構京都医療センタースポーツ医学センター
 洛和会丸太町病院 リハビリテーション科

山崎 岳志・吉川 晋矢・石東 友輝
 橋本 雅至
 井上 直人
 古川 博章

はじめに

関節弛緩性は関節がどの程度ゆるいかを表す指標であり、選手固有の身体特性として評価が行われる¹⁾。また、関節弛緩性は関節を制動する支持組織である靭帯や関節包などの性状によって決定されると考えられ、本来は先天的な特性である²⁾と報告されている。

目的

我々は高校男子サッカー選手を対象に関節弛緩性テスト（以下、JLT）を含むメディカルチェックとトレーニングやコンディショニング指導を実施している。成長期のスポーツ選手を対象に継続的に関わる中で、関節弛緩性の変化を実感することは少なくない。しかし、成長期サッカー選手の関節弛緩性に関する報告は少なく、今回、成長期スポーツ選手の関節弛緩性に着目し、その身体特性を横断的かつ縦断的に調査した。

対象

全体調査（横断的）は平成19年から24年までのメディカルチェックに参加した某高校男子サッカー部員121人（年齢 16.2 ± 0.8 歳、身長 169.7 ± 5.3 cm、体重 59.9 ± 6.8 kg、BMI 21 ± 1.8 ）を対象とし、さらに追跡調査（縦断的）には、121人中1年間（平均 393 ± 44 日）の経過を追うことができた54人（年齢 16.1 ± 0.5 歳、身長 170.6 ± 5.1 cm、体重 61.1 ± 6.6 kg、BMI 20.7 ± 2.2 ）であり、1年間に著明な運動器傷害の発症がなかった者を対象とした。

方法

関節弛緩性の評価には、廣橋ら³⁾の上肢・体幹・下肢の10項目のJLTを実施した。測定項目は1)母指の掌屈・外転、2)手指MP関節背屈、3)肘関節過伸展、4)肩関節過屈曲、5)肘関節外反、6)体幹前屈、7)股関節外旋、8)膝関節過伸展、9)足関節背屈、10)足関節底屈

表1. 関節弛緩性テスト

		判定				判定	
1 (母指掌屈・外転)		左	/0.5	6 (体幹前屈)		/1	
		右	/0.5			判定基準、床に手掌面が触地	
2 (手指MP関節背屈)		左	/0.5	7 (股関節外旋)		/1	
		右	/0.5			判定基準、膝伸展位で両股関節外旋90°位	
3 (肘関節過伸展)		左	/0.5	8 (膝関節過伸展)		左	/0.5
		右	/0.5			右	/0.5
4 (肩関節過屈曲)		左	/0.5	9 (足関節背屈)		左	/0.5
		右	/0.5			右	/0.5
5 (肘関節外反)		/1		10 (足関節底屈)		左	/0.5
		判定基準、肘伸展位で両前腕内側の接地				右	/0.5
						合計	/10点

(廣橋ら、1994)

の10項目である。1項目1点で計10点満点とし、両側ある項目は片側0.5点とした(表1)。

全体調査として、121人の平均値を算出した。追跡調査は、54人の初回の平均値と1年後の平均値を算出した。また、追跡調査では、変化の傾向をより明らかにするため、変化した項目がすべて増加した増加群と、変化した項目がすべて低下した低下群、変化した項目の増減が混合した混合群、全ての項目が変化していなかった不変群の4群に分け、JLTの体幹・下肢の5項目に着目して比較・検討した。

統計学的処理には、Wilcoxon符号付き順位検定を用い、有意水準を5%未満とした。

結 果

全体調査の121人の平均点数は、 2.7 ± 1.6 点であった(図1)。

追跡調査の54人の初回調査時の平均点数は、 2.5 ± 1.3 点であり全体調査の平均点数とほぼ同様であった(図2)。追跡調査の1年後の平均点数は、 2.7 ± 1.5 点であり、全体としては有意な変化が認められなかった。

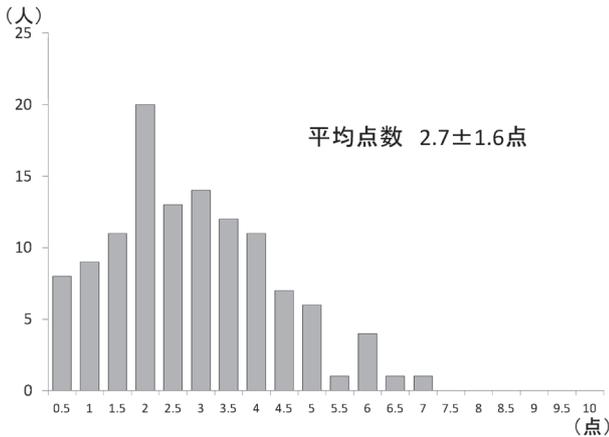


図1. 全体調査 (n=121) の関節弛緩性テストの得点分布

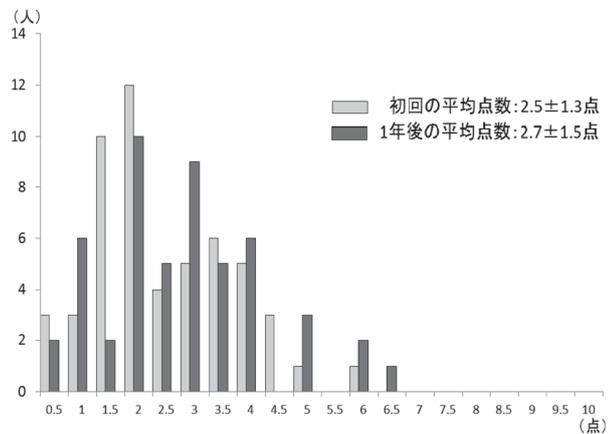


図2. 追跡調査 (n=54) の関節弛緩性テストの得点分布

さらに4群に分けた結果では、増加群 (n=14) において、体幹前屈と足関節背屈の点数が、0.1点から0.5点 ($p < 0.05$)、0.1点から0.3点 ($p < 0.01$) に有意な増加が認められた(図3)。低下群 (n=13) では肘関節過伸展と股関節外旋、及び足関節背屈の点数が、0.1点から0点 ($p < 0.01$)、0.8点から0.3点 ($p < 0.05$)、0.3点から0.1点 ($p < 0.01$) に有意な低下が認められた(図4)。混合群 (n=25) では肩関節過屈曲の点数が、0.4点から0.6点 ($p < 0.01$) に有意な増加が認められた。不変群 (n=2) においては有意な変化が認められなかった。

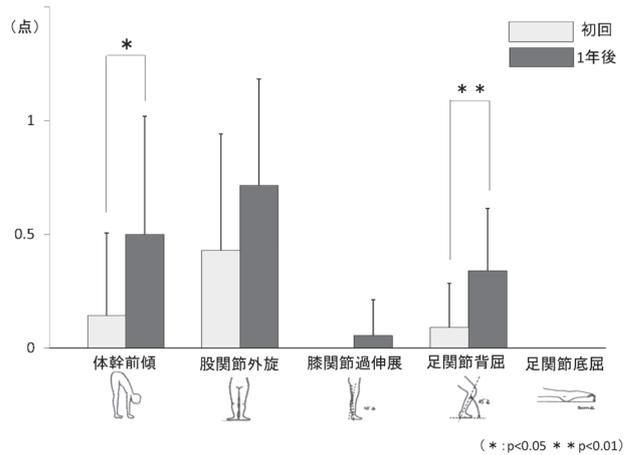


図3. 増加群 (n=14) の1年後の変化

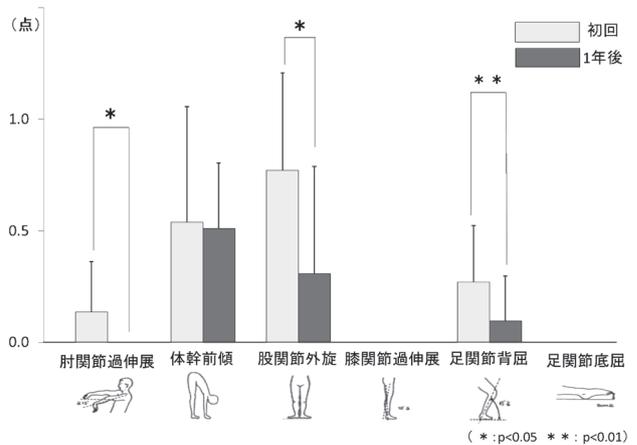


図4. 低下群 (n=13) の1年後の変化

考 察

全体調査の結果から、成長期にある高校生の関節弛緩性は、廣橋らの報告にある大学生サッカー選手51名を調査し、平均2.6点であったという結果³⁾とほぼ同様であり、サッカー競技においては、固有の特性としてとらえられる関節弛緩性が成長とともに変化し、高校生の時期にほぼ成人の状態に到達することが考えられた。

関節弛緩性は本来先天的な特性と考えられているが、ス

ポーツ活動に伴う小さな外傷などの繰り返しにより、関節の安定機構は変化することが考えられ、後天的な要素も関与する可能性がある。今回、1年間の変化である追跡調査において体幹前屈や股関節外旋、足関節背屈に有意な変化が認められた。サッカー競技はキック、ダッシュ、ジャンプなどの体幹や下肢機能に大きく依存した動作から構成され、先行研究においてこれらの動作による股関節・足関節の周囲筋や軟部組織に加わる力学的ストレスに関する報告がある^{4, 5, 6)}。今回の結果の要因の1つとして、頻回に加わる力学的ストレスが、動作時の関節安定機構である筋の疲労をもたらし、deconditioningによる筋の伸張性の低下が引き起こされ、関節弛緩性が低下することが考えられる。また、関節を安定させる靭帯や関節包は、競技によって繰り返し加わる伸張ストレスによる微細損傷が、組織の伸張性を増大させ、弛緩性が増加することが考えられる。このような要因が、長期的な競技の継続により、股関節・足関節運動に関与する筋・軟部組織のconditionを変化させ、関節弛緩性に変化を生じさせた可能性が示唆された。

また他方では、一年間コンディショニング指導を継続していることが、関節弛緩性の増加した群では、体幹前傾（ハムストリングス）、足関節背屈（下腿後面筋）など、筋・筋腱のストレッチングの効果として捉えられる可能性が考えられる。今後スポーツ競技の継続による要因がコンディショニング指導による変化なのかをさらに追究する必要があると考えられる。

まとめ

- 1) 高校男子サッカー選手の関節弛緩性に着目し、その身体特性を調査した。
- 2) 121人の全体調査の平均点数は 2.7 ± 1.6 点で、大学男子サッカー選手を対象とした先行研究と同様の傾向を示した。
- 3) 1年間の追跡調査の結果、54人中52人のJLTの点数に何らかの変化が認められた。
- 4) 日常のトレーニングやコンディショニングを実施しながらサッカー競技を継続することによって、JLTにおける体幹・股関節・足関節の項目に変化がもたらされる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 中嶋寛之（編）：国体選手における医科学サポートとガイドライン：平成12年度日本体育協会スポーツ医科学研究報告。（財）日本体育協会，2001。
- 2) 鳥居俊：関節弛緩性は成長により変化するのか？ 成長会誌，16巻1号：5-9頁，2010。
- 3) 廣橋賢次：スポーツと関節弛緩（Joint Laxity：JL），鹿屋体育大学学術研究紀要，12巻：111-115頁，1994。
- 4) 磯川正教：サッカーのインステップキックの動作分析，体力科学，36巻6号：505頁，1987。
- 5) 溝口秀雪：サッカー，臨床スポーツ医学，18巻12号：1371-1375頁，2001。
- 6) 深代千之：ランニングとジャンプのバイオメカニクス，臨床スポーツ医学，18巻1号：1-5頁，2001。

当科におけるリトルリーグ肩に対する治療

貴島会クリニック
 貴島病院本院 整形外科
 びわこ成蹊スポーツ大学
 大阪産業大学

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

はじめに

リトルリーグ肩（上腕骨近位骨端障害）は成長期野球選手に発症する代表的な投球障害の一つである。多くが一定期間の投球禁止による保存的治療で多くが治癒しうが、投球開始時期は施設間で異なるのが現状である。今回当科を受診したリトルリーグ肩患者に対して行った治療方法とその成績について報告する。

対 象

2006年9月から2012年3月まで当科を受診し、復帰まで追跡したリトルリーグ肩患者44名を対象とした。平均年齢は11.8±1.8歳（7～14歳）、ポジションは投手19名、捕手5名、野手20名であった。

理学所見では、全例投球側の腕骨近位骨端線の圧痛所見（圧痛テスト図1-a）、肩外転外旋位から内旋を強制

させ同部位の疼痛（疼痛誘発テスト図1-b）を認めた。単純X線像では、肩外旋30°正面像にて骨端線の離開の程度を兼松ら分類に基づいて評価した。stage1は17名、stage2は22名、stage3は5名であった。

当科の治療方針：リトルリーグ肩の診断後に疼痛が消退するまで投球禁止とし、その後当科で作成した投球プログラム（表1）に従って投球を段階的に開始する。患部外を含めた全身のストレッチング、患部外トレーニングは初診時から並行して行う。経過観察中に疼痛の再燃やX線上悪化

表1. 投球プログラム

段階	投球強度	投げ方	距離	投球数
第Ⅰ期	山なりで投球	上投げ	塁間の1/3	≦50球
第Ⅱ期	山なりで投球	上投げ	塁間の2/3	≦50球
第Ⅲ期	山なりで投球	上投げ	塁間	≦50球
第Ⅳ期	ライナーで投球	上投げ	塁間の1/2～塁間	≦50球
第Ⅴ期	全力投球	上投げ	塁間から開始	≦50球



a. 骨端線の圧痛所見（圧痛テスト）



b. 外転外旋位でのストレス痛（疼痛誘発テスト）

図1.

したと判断すれば再度投球を中止することとした。投球プログラム第Ⅳ期以降は、投球強度は実戦的になり、競技への復帰が可能になる。最終的な復帰の目安は、投球時痛が無く、単純X線像で骨端離開部の修復傾向がみられ、理学所見で痛みを訴えなければ完全復帰を、違和感や軽い痛みがあれば不完全復帰やポジション変更とした。

検討項目

今回対象とした症例に対し、初診時の単純X線でのstage別の、①ノースロー期間②復帰までに要した期間③X線治癒に要した期間を比較した。

結 果

最終観察時、全例完全復帰を果たしていた。症例の大半を占めたstage1群とstage2群で、投球禁止期間はそれぞれ 5.0 ± 2.2 週、 4.0 ± 1.3 週、復帰期間は 14.2 ± 4.8 週、 15 ± 5.7 週、X線修復期間は 11.6 ± 4.0 週、 14.2 ± 5.8 週であり有意差(Mann-Whitney's Utest* $p < 0.05$)はなかった(図2)。重症とされる、stage3群は5例であったが、治療に要した期間に遷延する傾向はなかった。

上腕骨長の計測が可能であった15例のうち、3例に骨端線閉鎖が確認された。stage2群の1例に15mmの成長障害がみられたが、その他は、10mm以内の成長障害か過成長であった。

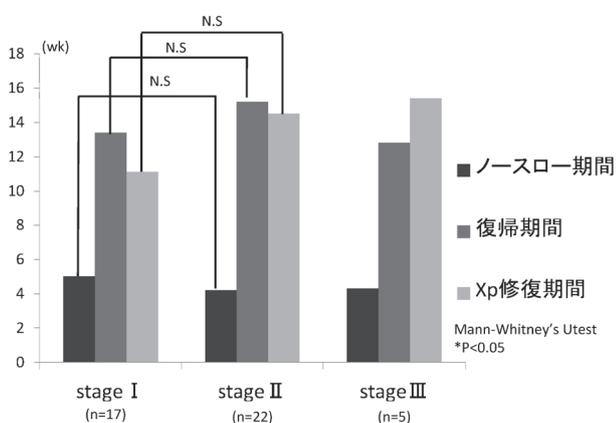


図2.

考 察

リトルリーグ肩は、1953年にDotterが12歳のlittle leaguerに生じた投球時の肩痛について初めて報告した¹⁾。本邦では、1979年に林が初めて報告している²⁾。発症機転に関して、Cahillらはコッキング期から加速期にかけて骨端線に加わる回旋トルクと、フォロースルー期での引っ張り力が及ぶことに注目し³⁾、Tullosはコッキング期、加速

期からフォロースルー期への移行における外旋から内旋への回旋ストレスが主因と述べている⁴⁾。

治療は、疼痛のある急性期は投球禁止とするのは異論のないところである。投球再開時期については、①画像所見を重視するか、②臨床症状を重視するかで異なり、議論のあるところである。村上らは単純X線像で修復と判断されるまで投球中止しその期間は平均52日(stage1は37.3日、stage2は37.3日、stage3は94.7日)に及んだと報告している⁶⁾。一方、田中らは、リトルリーグ肩患者49人を対象にし、臨床症状を重視し投球を許可した群(A群)とX線所見を参考に投球を許可した群(B群)を比較検討し、復帰までの期間(A群3.7M、B群2.5M)には両群間に有意差がなく、骨端線閉鎖まで投球禁止させる必要はないと述べている⁷⁾。我々は以上を踏まえて臨床症状を重視しながら投球を開始する方法を選択した。

我々が報告した疼痛消退時期から投球を開始する方法の利点は、単純X線で修復してから投球開始する方法に比べて、早期から投球開始でき、患者の意欲を損なうことなく復帰に導くことができる点である。問題点は、投球開始から復帰にかけての医学的管理が不十分な場合、再発の危険性が高いことである⁷⁾。したがって、臨床症状を基に投球開始をする場合は、投球強度と投球数を充分管理しながら進めることが肝要である。

ま と め

1. 当科で経験したリトルリーグ肩に対する保存治療の成績について検討した。
2. 臨床症状、理学所見を重視し、段階的に投球を開始し、全例復帰を果たした。
3. 初診時単純X線所見の重傷度によって治療期間に明らかな差は見られなかった。
4. 上腕骨長の計測結果では、著明な成長障害有する症例は見られなかった。

参考文献

- 1) Dotter, W. E.: Little leaguer's shoulder. Guthrie Clin. Bull. 23: 68-72, 1953
- 2) 林正樹: 少年野球による上腕骨近位骨端線離開の2症例の検討. 整形災害外科, 22: 261-365, 1979.
- 3) Cahill, B. R.: Little league shoulder-lesion of the proximal humeral epiphyseal plate. J. Sport Med. 2: 150-152, 1974.
- 4) Tullos, H. S.: Rotational stress fracture of proximal epiphysis. J. Sport Med. 2: 152-153, 1974.
- 5) Adams, J. E.: Little League Shoulder: Osteochondrosis the proximal humeral epiphysis in boy baseball pitchers. Calif. Med. 105: 22-25, 1966.
- 6) 村上ら: Little Leaguer's Shoulderの治療経験. 整形外科と災害外科 56(3): 491-494, 2007.
- 7) 田中ら: Little League Shoulderに対する臨床的、X線学的検討. 別冊整形外科, 36: 79-83, 1999.

成長期の肘障害の発症とその身体的因子の検討 —小学生野球大会メディカルチェックの結果より—

関西健康科学専門学校
むこがわスポーツクリニック 関西健康科学専門学校 環太平洋大学体育学部
むこがわスポーツクリニック

西部 健太
相澤 徹 (MD)
糸数 武士 (PT)・藤本 敬章 (PT)・近藤 慎作 (PT)

はじめに

近年、成長期のスポーツ障害の早期発見、早期治療そして完全修復にメディカルチェックの実施が奏効すると注目されている。岩瀬ら¹⁾は、「検診では、肘関節障害の95%以上が初期段階で発見でき、治療を終えた例の90%以上が完全修復を来たした。」と報告している。

我々は予防医学的な観点から、少年野球選手のうち、肘関節障害を引き起こした選手とスポーツ障害を起こしていない選手を比較し、前者の身体的特徴を明らかにすることでその障害発生を予防できるのではないかと考え、今回の研究を行った。

対 象

対象は、平成24年12月8日に行われた日本スポーツ用品協同組合連合会（通称JSERA）近畿ブロック協議会主催の甲子園親善軟式野球少年大会に参加した計239名[7～12歳(10.8±1.1歳)]である。東日本大震災の被災地である、岩手県、宮城県、福島県から招待された各1

チーム、近畿の滋賀県、京都府、大阪府、奈良県、和歌山県からの各2チーム、兵庫県からの1チームの計14チームである。

方 法

大会当日、全選手を対象にメディカルチェックの受診を促した。まず受付で疼痛の有無などに関する問診票に記入してもらった。その後、一次検診として、身体測定、関節可動域の測定[肘(屈曲、伸展、回内、回外)、肩(combined abduction test (CAT), horizontal flexion test (HFT), 2nd内旋, 2nd外旋)、下肢・体幹(体幹回旋、足関節背屈)]、柔軟性の測定[下肢・体幹(指床間距離(FFD)、下肢伸展挙上テスト(SLR)、Thomas test、踵臀間距離(HBD))、超音波検査、最後に日本整形外科学会専門医による総合検診を行った。病院での精査加療(二次検診)が必要とされた選手(要二次検診者)には医療機関への診療情報提供書を交付し、医療機関への受診を促した(図1)。当日のスケジュールの都合で、我々の呼びかけに応じてメディカルチェックを受診したのは211名で

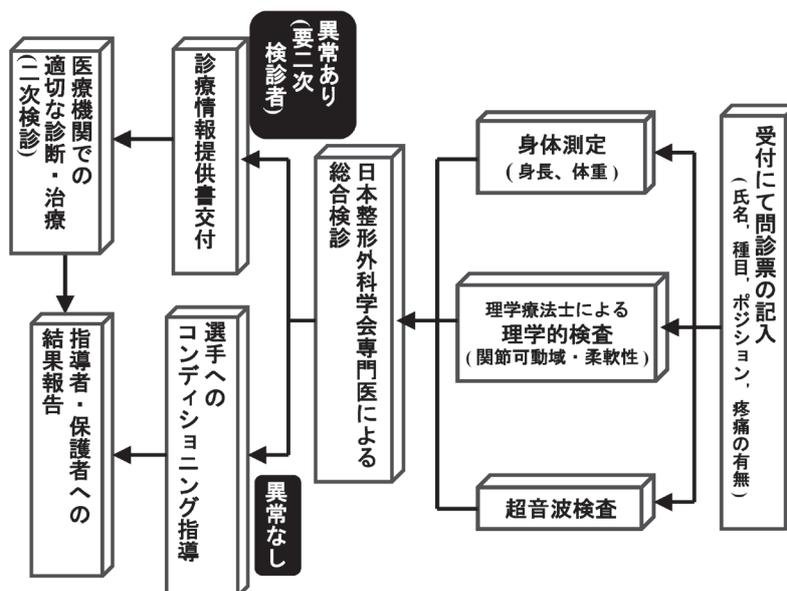


図1. 我々のメディカルチェックの流れ

あった。

今回のメディカルチェックでは、要二次検診者が27.0% (57名)で、その内、89.5% (51名)に肘の障害を認めた。(図2)。そこで、有肘障害者に絞り、内側型野球肘単独受傷群(以下、内側群)、外側型野球肘単独受傷群(以下、外側群)と、スポーツ障害を認めなかった選手(以下、非障害群)をメディカルチェックで測定した各項目で比較検討した。各項目の平均値と標準偏差を求め、独立した2群間の有意差検定を行った。有意水準を0.05とした。

結 果

医師による総合検診と関節可動域測定共に行えた内側群と非障害群との比較では、前腕回内が内側群で $81.5 \pm 18.3^\circ$ 、非障害群で $87.8 \pm 14.1^\circ$ で内側群の方が低い傾向が認められた($p=0.073$) (図3下)。外側群と非障害群との比較では、前腕回内が外側群で $75.8 \pm 13.7^\circ$ 、非障害群で $87.8 \pm 14.1^\circ$ で外側群の方が有意に低かった($p=0.045$) (図3上)。他の項目では各群間に有意な差は認められなかった。

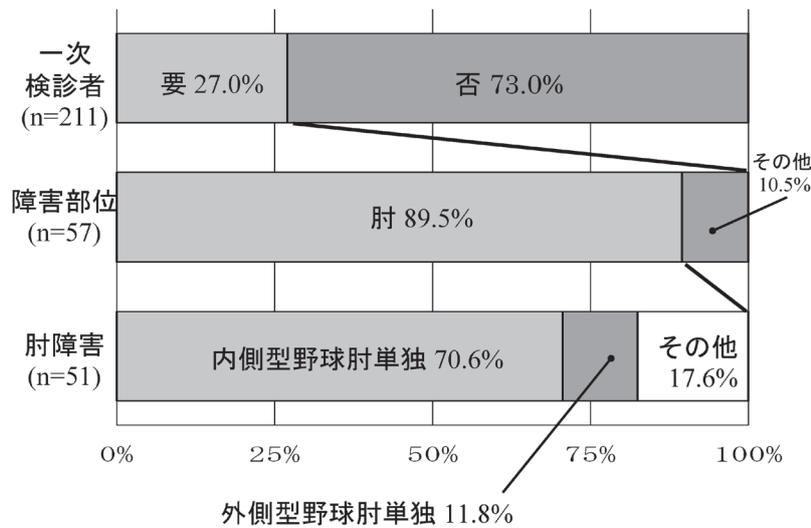


図2. 一次検診の結果

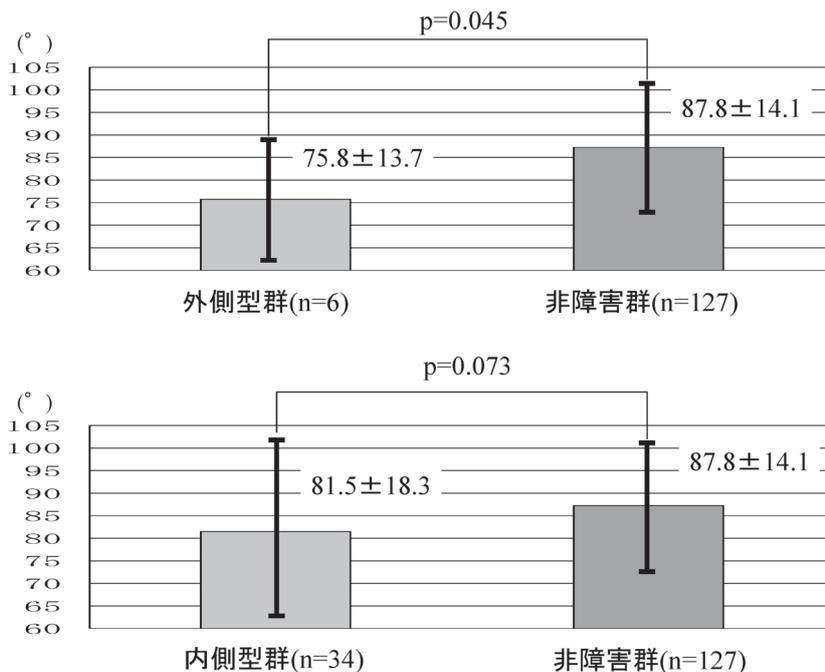


図3. 前腕回内角度と障害

上: 外側群 vs 非障害群 (投球側) 下: 内側群 vs 非障害群 (投球側)

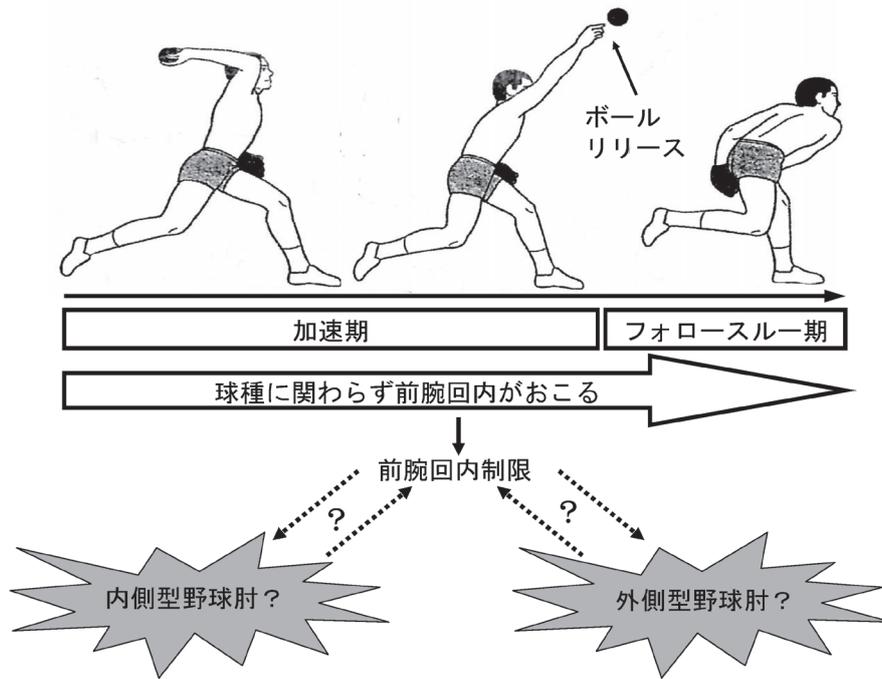


図4. 加速期からフォロースルー期までの前腕回内制限の影響

今回の研究の結果、内側型野球肘、外側型野球肘の選手の投球側に前腕回内制限が認められる事が明らかになった。

考 察

斎藤らは、「加速期からフォロースルー期にかけて、球種にかかわらず前腕の回内がおこる。この回内運動は肩関節の内旋運動と肘関節の伸展運動の複合的な影響によると考えることができる。肩関節内旋の回転力が肘関節の伸展により前腕に働くため、ボールリリース後に強い前腕の回内が引き起こされると考えられる。このような回内のメカニズムを前提とすると、ボールリリース近辺で、前腕を相対的に回外位に保つカーブ等の投球では、内旋する上腕との間の肘関節でひねりを生じることになる。とくに骨化が未熟な少年期には肘関節障害を引き起こす因子になる可能性がある²⁾。カーブの投球は、投球により必然的に生じる回内運動を、ボールリリース前後で無理に抑える動作と考えることができ、内旋運動を続ける上腕との関節部である肘まわりにねじりのストレスが生じる可能性がある³⁾。」と報告している。神原ら⁴⁾は、実際の投球動作におけるトップポジション及びボールリリース（以下BR）時の肘屈伸運動ならびに前腕回内外運動について調査している。「対象は、野球経験者4名中2名は投球動作時に肘に愁訴を有し、他2名は無愁訴であった。前腕回内外運動に着目すると、愁訴を有する2名はBRでは回外位、無愁訴の2名はほぼ回内外中間位であった。BRにおいて肘伸展運動は重要であるがそれに加えて前腕回内外中間位を保持できることが重要であることが示唆された。」と報告している。本研究の結果とあわせて考えると、投球動作において前腕回内

制限が、内側型野球肘、外側型野球肘の発症になんらかの影響を与えている可能性があると考えられた（図4）。今回の研究ではこれ以上のことは明らかにはならなかったが、前腕回内制限が、内側型野球肘、外側型野球肘のひとつの指標になる事が考えられた。

ま と め

1. JSERA 近畿ブロック協議会主催の甲子園親善軟式野球少年大会に参加した14チーム、選手239名〔7～12歳（10.8±1.1歳）〕を対象にメディカルチェックを行った。
2. 内側群、外側群をそれぞれ非障害群とメディカルチェックで測定した各項目で比較検討した。
3. 内側群、外側群の投球側に、前腕回内制限が認められた。

参考文献

- 1) 岩瀬毅信. 上腕骨小頭障害. 越智隆弘, 菊池臣一編. NEW MOOK 整形外科3スポーツ障害第1版, 東京: 金原出版: 1988. p. 26-44.
- 2) 斎藤健治ら: 野球の投球における前腕回内動作の球種間比較, 体力科学48(6), 743, 1999-12-01.
- 3) 斎藤健治ら: 野球投球のボールリリース前後における投球腕の回内動作, 理学療法学28(supplement 2), 376, 2001-04-20.
- 4) 神原雅典ら: 野球肘症例の投球動作における肘伸展運動と前腕回内運動について—トップポジション及びボールリリースにおいて—, 理学療法学34(supplement 2), 665, 2007-04-20.

大学サッカー選手における足関節捻挫の競技復帰に 影響を及ぼす要因の検討

貴島病院本院付属クリニック 藤高 紘平・大久保 衛
大阪産業大学 人間環境学部スポーツ健康学科 大槻 伸吾
たちいり整形外科 リハビリテーション科 藤竹 俊輔
豊中渡辺病院 リハビリテーション科 来田 晃幸
神戸大学大学院 人間発達環境学研究科 岸本 恵一
大阪河崎リハビリテーション大学 橋本 雅至
奈良県立医科大学 整形外科教室 田中 康仁

はじめに

サッカー競技における足関節捻挫は発生頻度が高い疾患として報告されている¹⁾。したがって、医療機関やスポーツ現場でサッカーの競技年数が長い選手と関わると、足関節捻挫の既往や、足関節捻挫の後遺症として生じる足関節不安定性や足関節可動域制限を有した選手を多く見受けられる。このような特徴を有したサッカー選手における、足関節捻挫の治療やリハビリテーションを実施していく上では、足関節捻挫の既往や足関節の機能的特徴を踏まえなければならないと考えられる。

そこで本研究の目的は、足関節捻挫の既往や足関節捻挫後遺症を有した大学男子サッカー選手において、足関節捻挫を受傷した際の競技復帰への影響を検討することである。

対 象

調査・測定期間は2005～2012年度の8年間とし、対象は同一大学サッカーチームの男子選手247名(身長 171.0 ± 15.3 cm, 体重 64.8 ± 6.5 kg)とした。本研究を行うに際し、ヘルシンキ宣言に則りチームにおけるスタッフおよび選手に説明し同意を得て行った。

方 法

全対象者に対して入学時にメディカルチェックとアンケート調査を実施し、継続してサッカー活動中に発生した足関節捻挫を調査した。

(1) メディカルチェック項目

①アーチ高率

自然立位にて足長、舟状骨高を測定し、舟状骨高を足長で除してアーチ高率(%)を算出した。

②足関節不安定性の定量的評価

足関節不安定性の評価には、Karlsson and Peterson²⁾によってつくられた評価法を用いた。「痛み」、「腫脹」、「主

観的不安定感」、「硬さ」、「階段昇降」、「ランニング」、「日常生活」、「装具の使用」の8項目で構成される。被験者の主観によって項目ごとに該当する状態を選び点数化し、合計点が80ポイント以下であれば足関節不安定性「あり」とした。

③足関節関節可動域

足関節の関節可動域を背臥位にて関節角度計(東大式)を用いて測定した。

④全身関節弛緩性

各関節の弛緩性を評価するため、中嶋³⁾の方法による、全身の6関節(手関節、肘関節、肩関節、股関節、膝関節、足関節)と脊柱のLaxity testを実施した。各項目において基準の可動域以上に達した場合を1点とし、合計7点満点で合計点を算出した。

(2) アンケート調査項目

サッカー歴、足関節捻挫の既往の有無、受傷回数等をアンケート用紙にて調査した。

(3) 足関節捻挫受傷および受傷してから復帰するまでに要した期間(以下、復帰期間)の調査

足関節捻挫は加藤ら⁴⁾の分類にて中等症以上のもので、2日以上チーム練習に復帰できなかったものとし、保存的治療にて競技復帰したものとした。

競技復帰については、炎症症状が消失し、ランニング動作やジャンプ動作、ターン動作、ボールキック動作において疼痛が無くなった段階と定めた。

(4) 統計処理

足関節捻挫を受傷した選手において、復帰期間とメディカルチェック項目との相関関係を検討した。また、足関節捻挫を受傷した選手を、足関節不安定性、足関節捻挫既往、足関節背屈角度制限(足関節背屈角度15度以下)の有無で2群に分け、復帰期間の比較を行った。統計学的分析には、相関関係の検討にはPearsonの相関係数、復帰期間の比較には対応のないt検定を行った。統計解析にはSPSS Ver.11.0(SPSS Japan Inc.社)を用いて行い、有意水準を5%未満とした。

結 果

足関節捻挫の発生件数は189件（再受傷例含む）で受傷選手は111名であった。受傷選手において、入学時のメディカルチェック項目の結果は、足関節不安定性あり40名、不安定性なし71名、足関節背屈角度制限あり38名、角度制限なし73名、足関節捻挫の既往あり76名、既往なし35名であった。復帰期間とメディカルチェック項目との相関関係において、統計学的に有意な差は認められなかった（表1）。足関節捻挫を受傷した選手の復帰期間は、足関節不安定性、足関節背屈角度制限を有している選手の方が有意に短かった（ $p<0.05$ ）（図1）。

考 察

復帰期間において、足関節背屈角度制限や足関節不安定性を有している選手の方が有意に短かった。

先行研究により、足関節背屈制限の要因として、拮抗筋の短縮、軟部組織の短縮、関節の遊び（joint play）の減少、運動軸の変位などが報告されている⁵⁾。運動軸の変位は、足関節背屈運動時の過度の足部外転運動によるもの、足関節背屈運動時の横アーチの挙上と足部内がえしを伴うもの、足部外転位が定着化しているものが要因として報告されている⁵⁾。こうした足関節背屈運動軸変位の要因が生じる原因として、距骨下関節内側部の短縮、屈筋支帯内側部または長母趾屈筋腱・長趾屈筋腱の短縮と過用、長腓骨筋ならびに前脛骨筋の短縮と過用、小趾外転筋の短縮と過用、踵腓靭帯の短縮が報告されている⁵⁾。よって、足関節背屈制限の要因である筋組織（長母趾屈筋腱、長趾屈筋腱、屈筋支帯、長腓骨筋、前脛骨筋、小趾外転筋など）や軟部組織（距骨下関節内側部、踵腓靭帯など）が短縮していることにより、足関節捻挫時の軟部組織への伸張ストレスが加わりにくくなる可能性が考えられる。

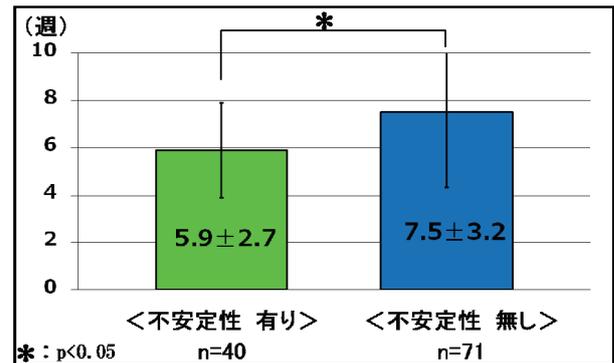
また、足関節不安定性は機能的不安定性と機械的不安定性に分類される。機能的不安定性には中枢神経系、末梢神経系、筋疾患・障害からくる神経・筋因子が影響しており⁶⁾、外反筋力の低下⁷⁾、バランス能の低下⁶⁾固有感覚の低下などが要因として報告されている。機械的不安定性には靭帯や関節包の軟部組織の損傷による軟部組織の弛緩、非薄化、癒着化が報告されている⁸⁾。本研究にて実施した足関節不安定性の評価は機能的足関節不安定性の評価である。今回、機能的足関節不安定性を有している選手において、複数回の足関節捻挫の既往を有している選手が多かった。複数回の足関節捻挫を受傷していることで、軟部組織の弛緩、非薄化、癒着化が生じている可能性が考えられ、足関節捻挫時の足関節軟部組織へのストレスが加わりにくくなる可能性が考えられる。

本研究の問題点および限界としては、明確かつ客観性のある基準で競技復帰の判断を定めることができていないことである。そのため、競技復帰において各選手間でばらつ

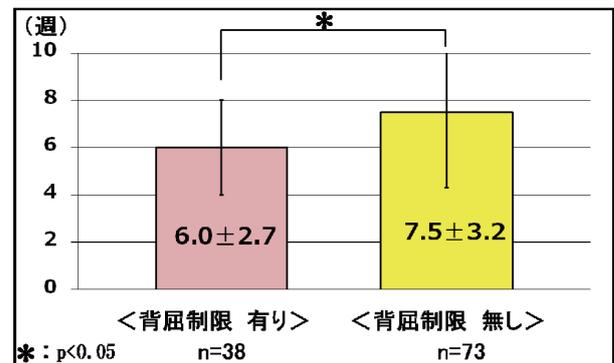
表1. メディカルチェック項目と復帰期間との相関係数

	復帰期間	p値
アーチ高率	0.45	n.s.
主観的足関節不安定性	0.36	n.s.
足関節背屈角度	0.28	n.s.
全身関節弛緩性	0.32	n.s.

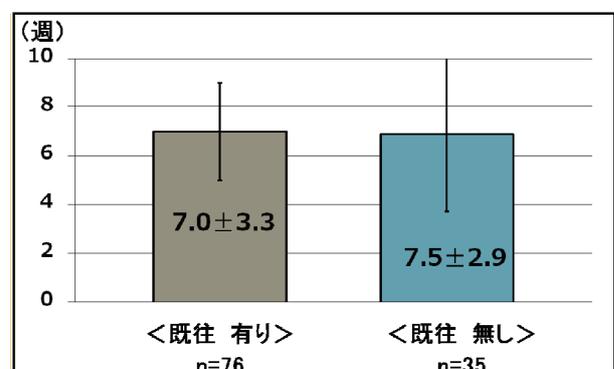
r : Pearsonの相関係数 n.s. : 有意差なし



(a) 主観的足関節不安定性の有無による比較



(b) 足関節背屈制限の有無による比較



(c) 足関節捻挫既往の有無による比較

図1. 復帰期間の比較

きが生じると考えられる。

今回、足関節背屈制限や足関節不安定性を有している選手の復帰期間が短かった。しかし、複数回受傷する選手や受傷するたびに足関節不安定性が増す選手も認められた。足関節背屈制限や足関節不安定性と復帰期間に関連が認められたことから、足関節に対するメディカルチェックや足関節捻挫の既往を調査することは重要と考えられ、さらに検討を加えていく必要があると考えられた。

参考文献

- 1) 池田浩：サッカーの外傷・障害（疫学）、復帰をめざすスポーツ整形外科（宗田大編）、メジカルビュー社、332-337, 2011.
- 2) Karlsson J et al. : Evaluation of ankle joint function : the use of a scoring scale. The Foot 1 : 15-19, 1991.
- 3) 中嶋寛之：スポーツ整形外科のメディカルチェック、臨床スポーツ医学, 2 : 735-740, 1985.
- 4) 加藤晴康ほか：足関節靭帯損傷・三角骨障害、整形外科58(8) : 963-971, 2007.
- 5) 大工谷新一：足関節背屈制限に対する理学療法、関西理学6 : 21-26, 2006.
- 6) 下條仁士：足関節機能的不安定症とその対処法、臨床スポーツ医学19(2) : 149-153, 2002.
- 7) 浦辺幸夫ほか：足関節にテーピングあるいは装具のどちらを選ぶ？ 4. 足関節内反捻挫のシミュレーション分析、臨床スポーツ医学19(3) : 323-329, 2002.
- 8) 三木英之ほか：急性足関節靭帯損傷のリハビリテーションとスポーツ復帰、臨床スポーツ医学19(2) : 143-148, 2002.

外傷後足関節可動域制限における安静時羽状角の一考察

医療法人社団シロアム会 こたけ整形外科クリニック
大阪医専 理学療法学科

中山 昇平・小竹 俊郎・藤原 浩二・太田 昌宏
中山 昇平

はじめに

術後の関節可動域（以下、ROM）制限は、拘縮と筋収縮が混在し、競技復帰への大きな障害となっている。ROM制限のうち、拘縮の要因の一つは、筋膜のコラーゲン変化であるとの報告がある¹⁾。一方、筋収縮とは、筋膜を束ねた筋束と腱膜の角度が大きくなった状態であり、この角度を羽状角という。筋収縮が起これば羽状角は大きくなり、安静時は羽状角が小さくなると考えられるが、安静時の羽状角に関する報告は見当たらない。本研究は、術後症例におけるROM制限に焦点を当て、足関節ROMと前脛骨筋とヒラメ筋の安静時羽状角の経時変化をみたので考察を加えて報告する。

症 例

30歳代男性、身長163cm、体重70.2kg、アメリカンフットボールのクラブチームに所属。2012年9月試合中左下肢に左右からタックルを受け受傷。当院受診し左足関節三角靭帯損傷、前脛腓靭帯損傷と診断される。他院へ紹介を経て、ギプス固定4週間の後、A病院で脛腓靭帯修復術を行い再度ギプス固定8週間後に抜釘した。9週間後当院外来受診し、術後10週間にて全荷重可とし、理学療法を実施した（表1）。4週間実施した理学療法は、ROM.ex、ストレッチング、筋力増強訓練等であった。

測定項目は、両側の足関節ROMと安静時羽状角とし、理学療法開始後4週間実施した。ROMは日本整形外科学

会の方法に従いゴニオメーターを使用し測定した。羽状角は、安静座位で膝関節屈曲90°、足部を下垂し、前脛骨筋、ヒラメ筋の腱膜と筋束のなす角度を医師の指示のもと同一検者が超音波画像装置（持田社製 SONOVISTA-ET）にて測定した（図1）。羽状角の測定方法は、前脛骨筋は腱膜の先端から25mmを支点として筋束（脛骨方向）のなす角度、ヒラメ筋は外側腓腹筋とヒラメ筋の交点から20mmを支点として筋束（脛骨方向）のなす角度を測定した（図2）。

各週の測定結果を表に示す（表2、3）。理学療法開始時

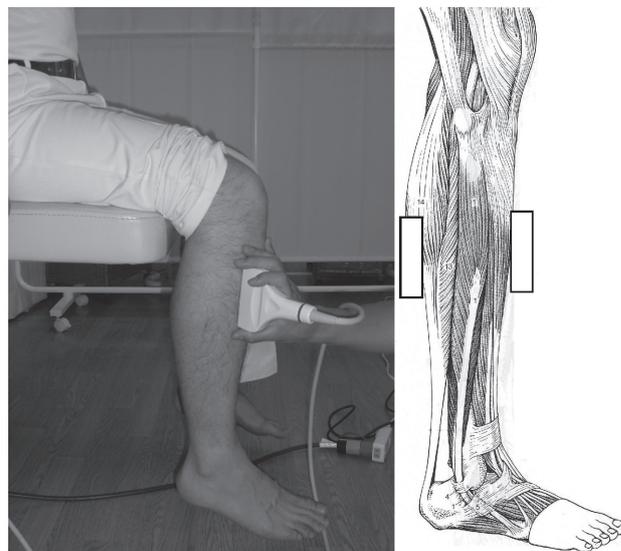


図1. 羽状角の計測方法

表1. 受傷後の経過

9月	10月末	12月末	1月
受傷	再建術	抜釘	理学療法開始
4w ギプス固定 (前医)		8w ギプス固定 (術後)	
		1/2 荷重	全荷重
		ROM.ex, Stretch, Muscle strength. ex	

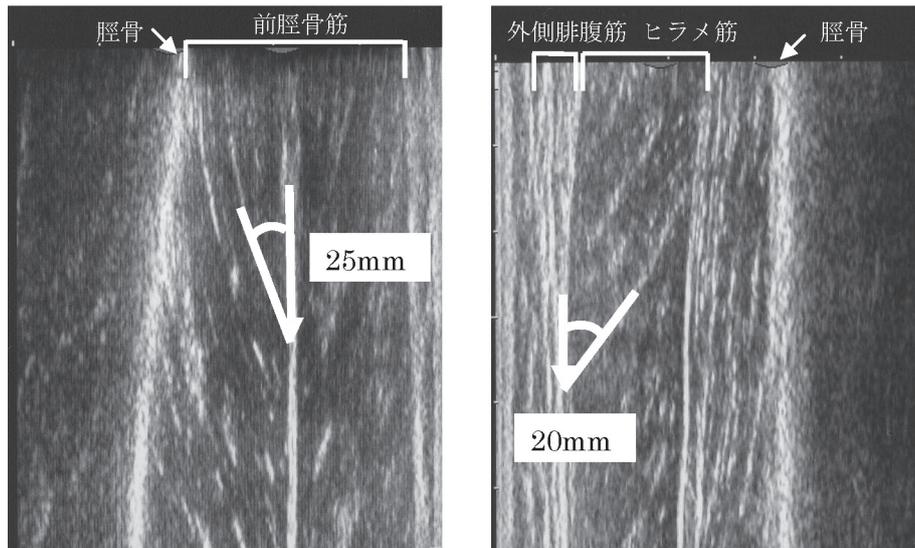


図2. 対象となる筋の安静時羽状角測定方法

に比較して足関節底屈，背屈ともにROMは改善した。安静時羽状角は前脛骨筋，ヒラメ筋とも当初は健側に比較して角度は増加していた。しかし，ROMの改善とともに拮抗筋の両筋とも羽状角は減少した。統計学的解析では，足関節背屈ROMの改善に伴ってヒラメ筋安静時羽状角は当初角度より減少し ($r = -0.97, P < 0.01$) (図3)，同様に底屈ROMの改善に伴って前脛骨筋安静時羽状角は当初角度より減少し有意な相関がみられた ($r = -0.96, P < 0.01$) (図4)。

表2. ROMの経時的変化

	ROM (°)			
	背屈		底屈	
	右	左	右	左
1w	25	0	45	15
2w	25	15	45	30
3w	25	20	45	40
4w	25	25	45	40

表3. 安静時羽状角の経時的変化

	安静時羽状角 (°)			
	前脛骨筋		ヒラメ筋	
	右	左	右	左
11	15	15	36	
11	13	15	31	
11	9.3	15	25	
11	10	15	22	

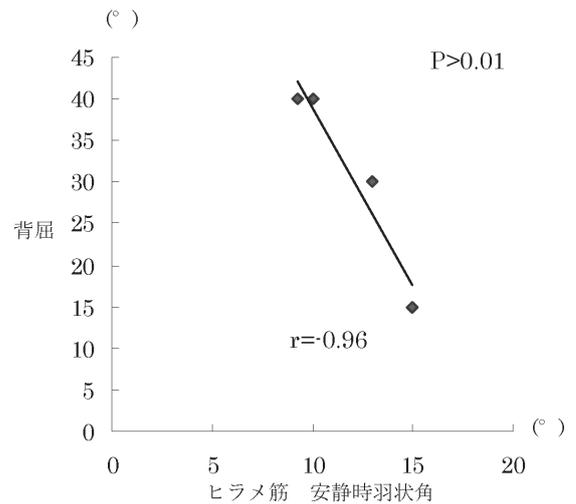


図3. 背屈ROMと拮抗筋（ヒラメ筋）安静時羽状角の関係

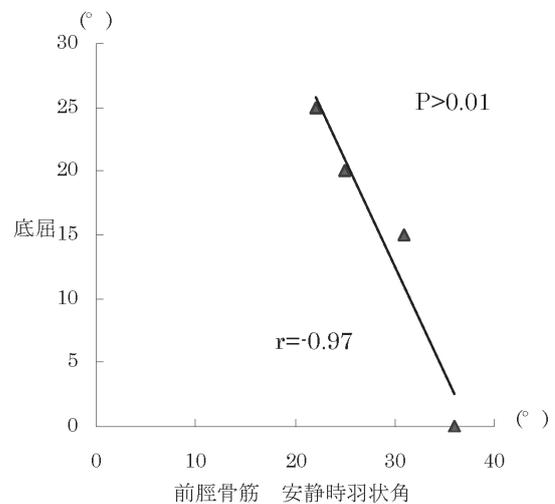


図4. 底屈ROMと拮抗筋（前脛骨筋）安静時羽状角の関係

考 察

今回着目した羽状角とは、筋全体の力発揮方向に対する筋束の角度を示し、安静時に比較して筋収縮時は羽状角が増加すると言われている。

本研究では、術後の経時的変化を観察した結果、当初安静時でも羽状角は増加した状態であったが、ROM改善とともに羽状角は減少した。

本症例の当初安静時羽角が増加したことに関して、ギプス固定という状況と筋束と筋線維の状態について考察する。Tabary ら²⁾は、不動により骨格筋の筋長が短縮する場合は、筋収縮の最小単位である筋節数が減少すると報告している。さらに、不動によってカルシウムポンプ機能低下によって弛緩しにくい状態になるとの報告があり、羽状角が増加する結果と合致する。一方 de Boer ら³⁾はベッドレストでは羽状角は減少すると述べ、今回の結果と異なる。つまり、安静時においても羽状角が大きくなるには筋収縮が起こっている可能性が推測される。以上のことから本症例は、長期間の不動状態加えて疼痛などによる筋収縮が起こった結果、ROM制限が発生し安静時羽状角は増加したと考えられる。

さらに、ROM改善に伴う羽状角の減少に関して、症例の経過を踏まえて述べる。Williams⁴⁾は、骨格筋伸張性低下に対する伸張刺激は持続ストレッチにより筋節数は増加すると報告し、Thom ら⁵⁾は間歇ストレッチによって筋膜のコラーゲン配列が改善し、筋繊維方向の伸張性が改善するとしている。さらに、Nakamura ら⁶⁾はスタティックストレッチを行った筋に対する効果は、筋束の延長ではなく筋腱複合体の延長と述べているように、4週の理学療法により筋の収縮と弛緩が行われ、筋線維や筋膜を含めた筋腱複合体の伸張性が改善し安静時羽状角が減少したと考えられる。

今回術後の経過を観察することによって、安静時の羽状角とROMを把握することで、ROM制限に関与する筋の収縮・弛緩を評価できる可能性が示唆された。しかし、今回は1症例の報告であり、疾患や部位によって異なる結果も予測される。今後も安静時の筋の動態を探求する必要がある。

結 語

ROM制限のある症例に対して安静時羽状角を測定した結果、ROMの改善とともに安静時羽状角も減少した。この結果から、リハビリテーションを実施する際に、筋の収縮・弛緩の改善の程度を観察できる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 沖田実 他：関節可動域制限の発生メカニズム。理学療法 29(1)：9-16, 2012
- 2) Tabary JC, Tabary C, Tardieu C, et al：Physiological and structural changes in the cat's soleus muscle due to immobilization different lengths by plaster casts. J Physiol 224：231-244, 1972.
- 3) de Boer, M.D., Seynnes, O. R., di Prampero, P. E., et al.：Effect of 5 weeks horizontal bed rest on human muscle thickness and architecture of weight bearing and non-weight bearing muscles. Eur. J. Appl. Physiol., 104, 401-407. 2008.
- 4) Williams PE：Use of intermittent stretch in prevention of serial of sarcomere loss in immobilized muscle. Ann Rheum Dis 49：316-317, 1990.
- 5) Thom JM et al：Effect of 10-day cast immobilization on sarcoplasmic reticulum calcium regulation in humans. Acta Physiol Scand 172：141-147, 2001.
- 6) Nakamura M, Ikezoe T, et al.：Effect of a 4-week static stretch training program on passive stiffness of human gastrocnemius muscle tendon unit in vivo. Eur J Appl Physiol. 2012；112(7)：2794-2755.

ハンドヘルドダイナモメーターを用いた体幹機能評価方法の再現性と関連性

神戸海星病院 リハビリテーションセンター 木下 和昭・米田 勇貴・中 雄太・

北西 秀行・大八木博貴

大阪河崎リハビリテーション大学 理学療法専攻

橋本 雅至

神戸海星病院 整形外科/リウマチ・人工関節センター

柴沼 均

目 的

四肢を自由に動かす身体動作では、その基盤となる体幹機能が重要とされている¹⁾。しかし、体幹機能の評価は主観的な評価が多く、客観的な評価は少ないのが現状である。我々は下肢の運動器疾患患者に対し、体幹機能の評価として術後早期でも行える端座位での立ち直り動作を用いている。今回はこの立ち直り動作を客観化したTrunk Righting Testを考案し、その再現性と身体機能と動作を表す指標との関連性について検討した。

対 象

再現性を検討する対象は傷害既往がない健常者5名（男性3名・女性2名、平均年齢 33.2 ± 9.7 歳、身長 164.6 ± 13.3 cm、体重 56.6 ± 13.2 kg）とした。関連性を検討する対象は当院の変形性股関節症の患者8例と変形性膝関節症の患者25例の計33例（男性8名・女性25名、年齢 71.8 ± 8.7 歳、身長 154.6 ± 8.0 cm、体重 60.4 ± 11.0 kg）とした。対象者には研究内容を十分に説明し同意を得た。

方 法

1. 再現性：

Trunk Righting Test（以下、TRT）はハンドヘルドダイナモメーター（アニマ社製等尺性筋力測定装置、 μ Tas F-1）を使用し測定した。被検者は昇降台に端座位をとり、膝窩部と昇降台間の間隔を拳1個分だけ、足部が接地しない端座位とした。下肢は両大腿部をバンドにて固定し代償動作を抑制した。その端座位にて両側の肩峰を結ぶ線が床面と平行であることを確認し、センサーパッドを肩鎖関節内側部にあて、固定用ベルトが座面と垂直になるようにベルトの長さを調整し固定した（図1）。運動課題は測定部位（センサーパッド部）を10cm外側へ移動させた肢位からの立ち直り動作とした（図2）。その際、被験者には、両肩峰を結ぶ線が床面と平行であることと、固定用ベルトが床に対し垂直であることを前方の姿勢鏡で確認させた。また検者は僧帽筋上部に手掌を置き、肩甲帯が挙上する代償を確認し抑制した。測定は最大努力で5秒間姿勢を保持させた。測定は3回繰り返し、測定間隔は30秒以上の休息をとり、被験者が十分に自然座位に回復した後、次の測定

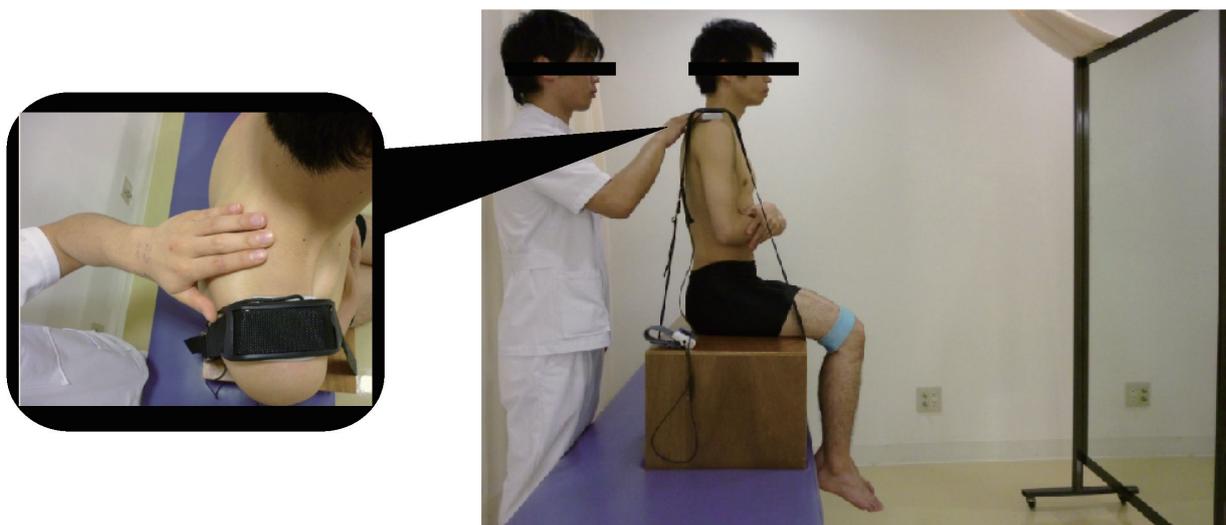


図1. Trunk Righting Testの開始肢位

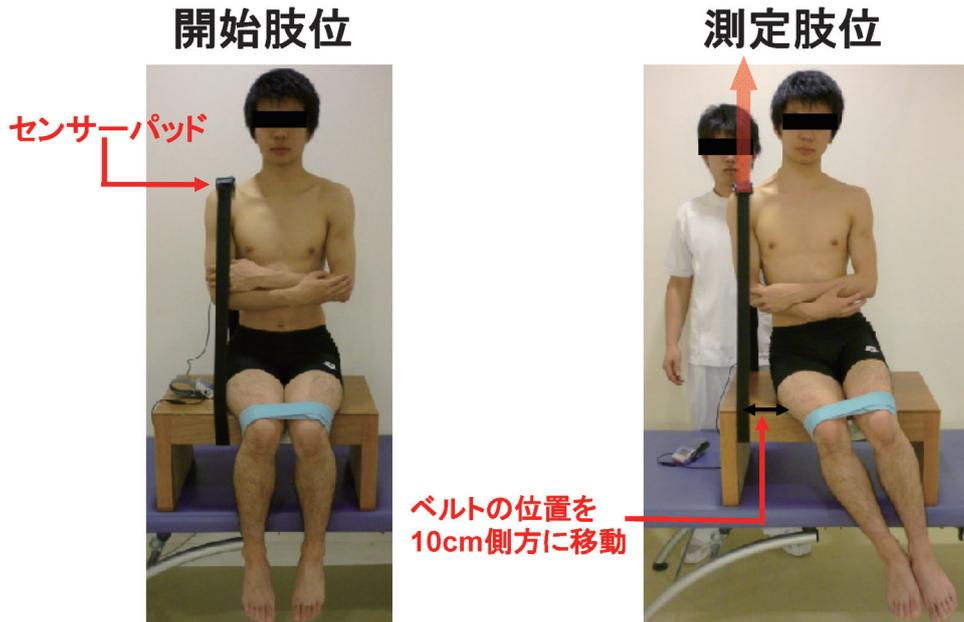


図2. Trunk Righting Testの測定肢位

を施行した。測定は1日以上経過した後に計2日間実施した。測定結果は第三者が記録し、測定終了まで被験者及び検者に知らせず、先入観に基づく測定バイアスを排除するように努めた。検者間の再現性を検討するため、検者は経験年数7年目の理学療法士1名（以下、検者A）と経験年数1年目の理学療法士2名（以下、検者B・検者C）の計3名とした。3名の検者は本研究に先立ち、測定方法を理解するため30分程度の練習を行った。

2. 関連性：

測定項目はTRTと膝関節伸展筋力、片脚立位、Step Test（以下、ST）とした。

TRTは3回の平均値を測定値とし体重比（N/kg）に換算した。膝関節伸展筋力は加藤らの方法²⁾に従い、端座位から膝関節屈曲90°位での最大等尺性収縮をハンドヘルドダイナモメーターにて測定した。3回実施し、その平均値を測定値とし体重比（N/kg）に換算した。片脚立位は姿勢鏡の前で両肩峰が地面と平行になるように指示を与え、最大180秒を目標に保持させた時間（秒）を測定した。3回実施し、平均値を測定値とした。STはHillらが提唱した方法³⁾を一部改変し、静止立位をとった対象者の足部から前方に設置した20cm台の上に、最大努力で一側下肢をステップさせた回数を測定した。測定時間は10秒間とし2回実施し、その平均値を測定値とした。

3. 統計学的解析：

再現性は級内相関係数ICC (1.1) とICC (2.1) を用い検討した。妥当性はTRTと同側の膝関節伸展筋力、同側が支持脚となる片脚立位時間・STの関連性を検討するため、Spearmanの順位相関係数を用い有意水準を5%未満とした。

結 果

1. TRTの再現性：（表1）

検者内の信頼性ICC (1.1) は検者Aが0.93、検者Bが0.96、検者Cが0.90であった。検者間の信頼性ICC (2.1) は0.93であった。

2. TRTと身体機能、動作の関連性：

TRTは 1.7 ± 0.6 N/kg、膝関節伸展筋力は 3.5 ± 1.1 N/kg、片脚立位時間は 17.5 ± 26.2 秒、STは 10.1 ± 2.4 回であった。TRTと同側の膝関節伸展筋力との間に有意な正の相関が認められた ($r = 0.42$, $p < 0.01$)。TRTと同側支持脚のSTとの間に有意な正の相関が認められた ($r = 0.47$, $p < 0.01$)。TRTと片脚立位との間には有意な相関は認められなかった ($r = 0.23$)。

考 察

今回、体幹機能の評価方法としてTrunk Righting Testを考案し、その再現性と関連性について検討を行った。その結果、今回の測定方法における検者内の信頼性は、検者内相関係数が0.90以上で桑原らのICC評価基準より⁴⁾良好な信頼性を有しており、経験年数に関係なく1年目のセラピストでも再現性が高い評価方法であることが確認された。さらに検者間での信頼性も検者間相関係数が0.93と高く、本測定方法は経験年数を問わず、体幹機能の一評価として再現性があり、臨床現場で利用可能であることが示唆された。

またTRTは下肢機能の代表値として用いられる膝関節伸展筋力と動的バランステストであるSTと関連すること

表1. 検者3名のTrunk Righting Testの測定値平均 (単位: N)

	1日目			2日目		
	1回目	2回目	3回目	1回目	2回目	3回目
被検者① 右	146.3±54.5	120±22.7	131.3±9.5	128±11.4	120±28	127.3±11.1
被検者① 左	77.7±19.6	82.3±7.6	78.3±7.2	67.3±5	67.3±10.7	71±14.1
被検者② 右	156.7±9.8	151.3±8.3	148.3±13.6	136±34.8	125.3±27.6	143.7±9.1
被検者② 左	168.7±17.6	176±19	168.3±7.5	172.7±14	195.3±5.1	176.3±2.9
被検者③ 右	214±7.9	222.7±9.7	213±5	223.7±2.5	212±4	211±2.6
被検者③ 左	213.3±11	218±16.7	227±20	232.7±1.2	234±8	229.3±6.1
被検者④ 右	95.3±7.2	94±3.5	96.7±15	106±9.6	91.3±2.5	96.3±4
被検者④ 左	91±8.2	86±10.6	86±10.6	84.3±12.1	86.7±7.5	87±9.6
被検者⑤ 右	150.7±16.3	149±9.5	150±11.3	145.7±19.7	144.3±16.2	140.7±10.7
被検者⑤ 左	108.7±9	108.7±5.7	109±4.4	110.7±17	109±8.7	103±17.7

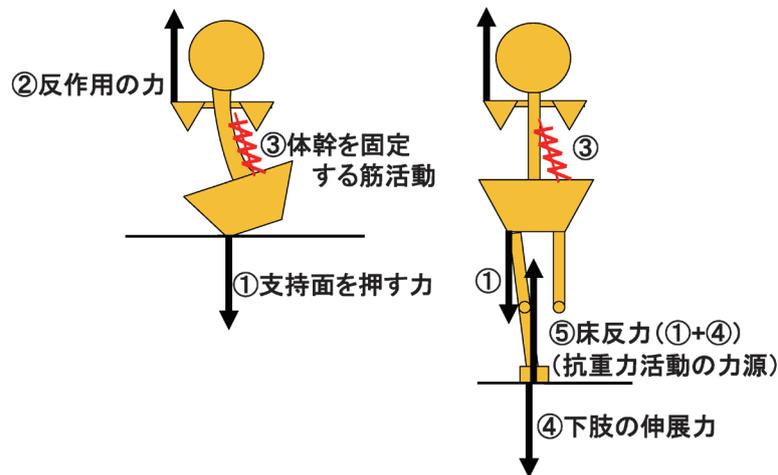


図3. Trunk Righting Testと身体機能・動作の関連性

が示唆された。下肢での筋力発揮や動的バランスは、基盤である体幹機能が重要である。TRTは体幹の左右非対称の筋活動による体幹の固定性が要求される。さらにTRTの肢位から殿部が座面を押す力は、立位などの抗重力活動の際に下肢へ伝達され、足底面で床を押す力と加重し、抗重力活動の力源になると考えられる(図3)。つまり、下肢の抗重力筋である膝関節伸展筋との連携を示唆するものと考えられる。また今回の動的バランステストは、動作時の抗重力活動が必要な場面において、より不安定になりやすい姿勢保持のために体幹の固定性が要求されたと考えられた。

参考文献

- 1) 竹井, 他: 簡易下肢・体幹機能測定器の開発. West Kyushu Journal of Rehabilitation Sciences 4: 73-76, 2011.
- 2) 加藤, 他: ハンドヘルドダイナモメーターによる等尺性膝伸展筋力の測定—固定用ベルトの使用が検者間再現性に与える影響. 総合リハ29(11): 1047-1050, 2001.
- 3) Hill K et al: A new test of dynamic standing balance for stroke patients: reliability, validity and comparison with healthy elderly. Physiother Can 48: 257-263, 1996.
- 4) 桑原, 他: 検者内および検者間のReliability(再現性, 信頼性)の検討. 呼と循41(10): 945-952, 1993.

休息時に用いるアイシングの効果について ～動的筋力に着目して～

履正社医療スポーツ専門学校 ウェルネススポーツ科 照屋 博康・小田 啓之
太成学院大学 人間学部健康スポーツ学科 池辺 晴美
奈良県立医科大学附属病院 医療技術センター 北村 哲郎

緒 言

競技現場において休息時に筋疲労を緩和させ、次の競技へ繋げることは重要な事である。その方法のひとつとして用いられているアイシングは、筋の損傷の程度を抑える効果¹⁾や筋機能を早く回復させる効果²⁾などを狙い用いられる事がある。しかし、アイシングによる筋の収縮力や収縮スピードに対する回復への効果は一定の見解がなく、検討の余地があると考えられる。そこで本研究の目的は、筋疲労後の休息中に行うアイシングが筋機能の回復にどのような影響を及ぼすのか比較検討する事とした。

対 象

本実験は、運動習慣のない健康な成人男子学生5名(年齢:21±2歳,身長:174.8±3.9cm,体重:68.9±3kg,体脂肪率:17.9±2.8%)を対象とした。尚,全対象者に対して実験の主旨や目的など同意を得て行った。

方 法

1) 実験手順

本実験の手順は、全対象者にコントロール条件(以下Conとする)とアイシング条件(以下Iceとする)の2条件を1週間の間隔をあげ、条件の順序をランダムに設定し実施させた。両条件とも、筋疲労を引き起こす運動負荷の前と30分間の休息後に筋機能の測定を行った。なお、測定前には測定に向けての練習を実施させた。また、Conに関しては、休息時間の30分間を無処置とし、一方Iceに関しては、休息時間の30分間のうち15分間をIce処置の時間とした(図1)。

2) 筋機能の測定および運動負荷の方法

本実験に必要な筋機能の測定や筋疲労を引き起こす為の運動機材は等速測定機器(Biodex)を用いた(図2)。筋機能の測定はピークトルク値(以下、Peak Torque:PTとする)とピークトルクに至るまでの時間(以下、Time to Peak Torque:TPTとする)とした。その測定時の角速度の設定は、180deg/secとした³⁾。膝屈伸運動の繰り返

① Con条件のタイムスケジュール



② Ice条件のタイムスケジュール



□ ; 測定 □ ; 運動負荷 □ ; 休息 □ ; アイシング

図1. 実験のタイムスケジュール



図2. 測定機材と姿勢



図3. アイシング方法

し回数は5回とし、利用した値は5回の平均値とした。一方、筋疲労を引き起こす運動負荷は60deg/secと低速にし、それを往復30回、最大努力により実施させた。尚、筋機能の測定および疲労を引き起こす運動ともに被験側は右側とした。

3) 休息方法と冷却方法

本実験の休息時間は30分間とし、姿勢は仰臥位とした。Conの場合は休息時間の30分間を無処置とした。一方、Iceの場合は休息時間の開始5分間と残り10分間を無処置にし、その間の15分間をアイシング時間とした。また、アイシング方法は、被験側の大腿前部に製氷機による氷を詰めた水嚢をバンテージ固定した(図3)。

4) 統計処理

本実験により得られた運動負荷前の測定値(以下Preとする)と各条件の休息を取った後の測定値(以下Postとする)は、PTおよびTPT共に「Post/Pre×100」による算出式により回復率を求めた。統計処理は対応のあるt検定を用い、有意水準は5%未満とした。

結 果

1) PTについて

本実験により得られたPreとPostのPTの回復率は、Conでは89.8±37.3%であり、Iceにおいては93.1±15%であり、両条件間に有意な差は認められなかった(図4)。

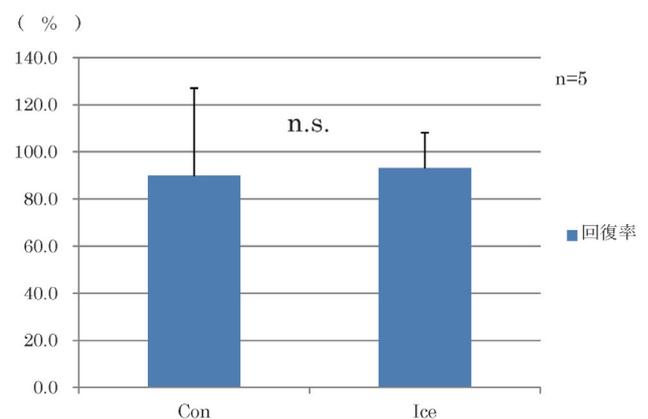


図4. ピークトルクの回復率について

2) TPT について

本実験により得られたPre と Post のTPT の回復率は、Con では $101.9 \pm 3.3\%$ であり、Ice においては $99.8 \pm 3\%$ であり、両条件間に有意な差は認められなかった(図5)。

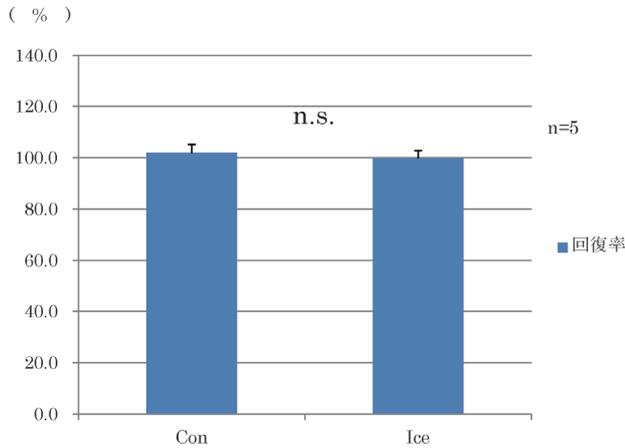


図5. ピークトルクに至るまでの時間の回復率について

考 察

筋疲労の原因の1つには、エネルギーの枯渇が考えられる。しかし、本実験の疲労を惹起させるような運動を実施した場合であっても、30分間の休息中によりクレアチンリン酸のような短時間の筋力発揮に貢献するエネルギー基質は十分に回復すると考えられる⁴⁾。このことは筋の冷却作用とは関係ないところにより生じるものであり、そのためCon とIce の筋機能に差を生じさせなかったと考えられる。この事と加えて、本結果からはアイシングにより筋力や収縮スピードに差を生じさせなかった。このことは、アイシングが筋の収縮力や収縮スピードに負の影響を及ぼすものではないとも考えられるが、アイシングを用いる目的としての筋機能の回復に影響を及ぼさないと考えられた。

また、ナイトらはアイシングによる皮膚温や筋温の低下が神経の伝導速度の低下を生じさせると報告⁵⁾しており、そのことから、感覚神経の活動が低下し、痛みや疲労感を鈍らせる可能性があると考えられる。その事が次の運動に備える為の休息中にアイシングを用いる動機になっていると考えられる。このことから、アイシングは休息中に取り入れやすい筋へのコンディショニングの方法であると考えられるが、筋機能の回復に効果的な影響を及ぼす可能性は低いのではないかと考えられた。しかし、アイシングが筋のコンディショニングに利用されている現場は多く、よりバリエーションを加え、被験者数を増やすなどの客観性を増した条件での検討を行っていかねばならないと考えられる。

ま と め

- 1) 本実験による休息中のアイシングは、特異的にピークトルクの回復やピークトルクに至るまでの時間を短縮する影響を及ぼさなかった。
- 2) 本実験から得られたアイシングの効果は仰臥位の姿勢のみの休息の効果と同程度であった。

参考文献

- 1) Hurme T, et al.: Effects of early cryotherapy in experimental skeletal muscle injury. Scand Med Sci Sports. 3 : 46 - 51, 1993.
- 2) Fu FH, et al.: The effects of cryotherapy on muscle damage in rats subjected to endurance training. Scand J Med Sci Sports. 7 : 358 - 362, 1997.
- 3) 池田瑞音ら, : 噛み締めが肘関節・膝関節の等速性伸張・屈曲筋力に及ぼす影響, 体育学研究, 53 : 287 - 295, 2008.
- 4) Spriet, L. L. et al.: Anaerobic energy release in skeletal muscle during electrical stimulation men. J. Apple. Physiol. 62 : 611 - 615, 1987.
- 5) Kenneth L. Knight, et al.: Muscle Injury Management With Cryotherapy. Athletic Therapy Today. 5 (4) : 26 - 30, 2000.

運動中の筋電図周波数変化と下肢筋力の関係についての検討

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・木村 穰

はじめに

筋電図の周波数変化の研究において、アイソメトリック運動を対象にした研究が多く、アイソトニック運動を対象にした研究は少ない。先行研究のアイソメトリック運動を対象にした筋電図の周波数変化の研究では、筋電図の中間周波数に着目した研究が多い。中間周波数の徐波化は主に筋疲労を示しており^{1, 2)}、中間周波数は最大時や最大下での筋力発揮による低周波帯域への移行を示し、その徐波化の要因は、運動単位の放電頻度の減少と運動単位の同期性の増加と筋線維伝達速度の低下である²⁻⁵⁾との報告がある。

しかし、従来の有線での筋電の測定は多数のケーブルが必要で、筋が稼動するようなアイソトニック運動等での測定は手技的な問題で困難な点が多かった。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。従って、下肢エクステンションのようなアイソトニック運動において先行研究のような中間周波数の変化が確認された研究は、ほとんどないのが現状である。

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、筋電のデータの採取が簡単にできるようになり、同時にその筋電図の周波数解析も迅速にできるようになった。

目 的

コードレステレメータを用い、座位式の下肢エクステンション運動において、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最高運動時間などの下肢筋力との関係について検討した。

対 象

健常男性7名（平均年齢 20.6 ± 1.5 才、利き足：右7人・左1人）。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

CPXでは座位式の自転車エルゴメーターでの評価が一般的だが、座位式のエルゴメーターでは、被験者の漕ぐ特性が筋出力に関係し、負荷に対して均等に筋肉が使われにくいことから⁶⁾、座位式のエルゴメーターに比べ、比較的筋肉の動き方が単純な下肢エクステンション運動で、今回実験を行うことにした。よって、座位で行う油圧式下肢エクステンション（ミズノ製：30MT-1402）を用い、座位での安静状態5分後、負荷は第一段階（15kgf）から始め2分毎に負荷を一段階（+15kgf）ごとに上げる設定で、本測定を行い、終了は被験者がニーエクステンションできるピークもしくは VO_2 leveling offとした。下肢エクステンションの上下動は、2秒に1回のペースで行うように指示した。同時に、呼気ガス分析（ミナト社製：AE300S）により呼吸性代謝閾値等を測定した。

2. 筋電の測定

連続的に筋電を記録し、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 ($mV \cdot sec$)で算出した。測定部位は、両足の単関節筋である外側広筋と内側広筋と多関節筋である大腿直筋の6点から各筋肉の運動点⁷⁾の下方2cmの部位より筋電を採取した。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。下肢エクステンションの上下動は、左右同じ力で最後まで同様の方法で上げ下げするように教示し実施した。

3. 筋電図の周波数分析

筋電信号は、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、15～500Hzの周波数に対して、中間周波数 (Hz) とトータル周波数パワー ($mV^2 \cdot Hz$) を算出した。周波数解析には、日本光電製WEB-7000のソフトを用いた。

4. 漸増アイソトニック運動における呼吸商 (RQ) 変曲点の検討

今回の検証では、全例に漸増アイソトニック運動時に、呼気ガス分析より漸増式ダイナミック運動時同様のRの変

曲点を認めた。そこで本研究では、漸増アイソトニック運動時のR変曲点を全例に求め、R変曲点評価の妥当性およびその臨床応用として漸増アイソトニック運動時のR'変曲点として規定し、R'出現時の時間、負荷量、VO₂等を計測し比較検討した。

5. 下肢筋力の測定

被験者の下肢筋力を計測するために、下肢エクステンション運動の最高運動時間と最高負荷量を記録した。

6. 統計解析

群間差の検定は、ウィルコクソンの符号順位和検定による有意差検定を用いて、危険率5%以下を有意とした。相関の分析はスピアマンの順位相関行列を用いて行い、危険率5%以下を有意な相関ありとした。

結 果

1. 呼気ガス分析結果について

V-Slope法により、全被験者に対してR'変曲点(89.6±42.1秒；全対象者に対する平均±SD,以下同じ)が検出された。図1に21才男性の事例を示す。全被験者における

最大酸素摂取量は21.6±6.2ml/kg/minであり、座位式エルゴメーター基準値の58±13%であった。R'変曲点での酸素摂取量は12.8±2.7ml/kg/minであり、最大酸素摂取量の63%±13%であった。

2. 筋電の10秒毎の変化について

全対象者の利き足の外側広筋、内側広筋と大腿直筋の運動開始から初期80秒までの同一負荷(15kgf)下での10秒毎の平均筋電出力Area(mV・sec)の推移を図2に示す。分析対象時間は、2分毎に負荷が15kgf増加するため、同一負荷下で確実に有酸素運動をしていると推測される、開始から平均R'変曲点までとした。0～80秒の平均Areaは大腿直筋0.184±0.009mV・sec、外側広筋0.304±0.016mV・sec、内側広筋0.310±0.015mV・secであった。大腿直筋に対し、外側広筋と内側広筋は有意に高く(各P<0.05)、外側広筋と内側広筋間では、有意差は確認されなかった。

3. 筋電図の中間周波数の変化について

筋電図出力分析より、下肢エクステンション運動において、利き足の外側広筋と内側広筋が主に使われていることから、利き足の外側広筋と内側広筋について10秒毎の

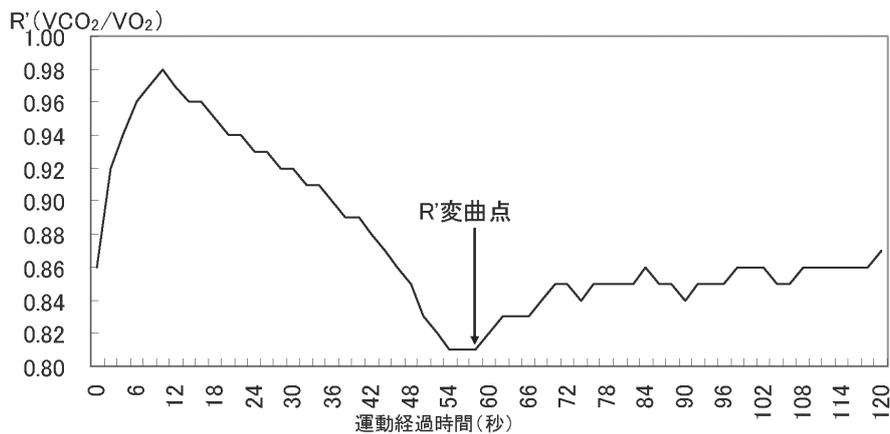


図1. R'変曲点の検出の事例(21才男性)

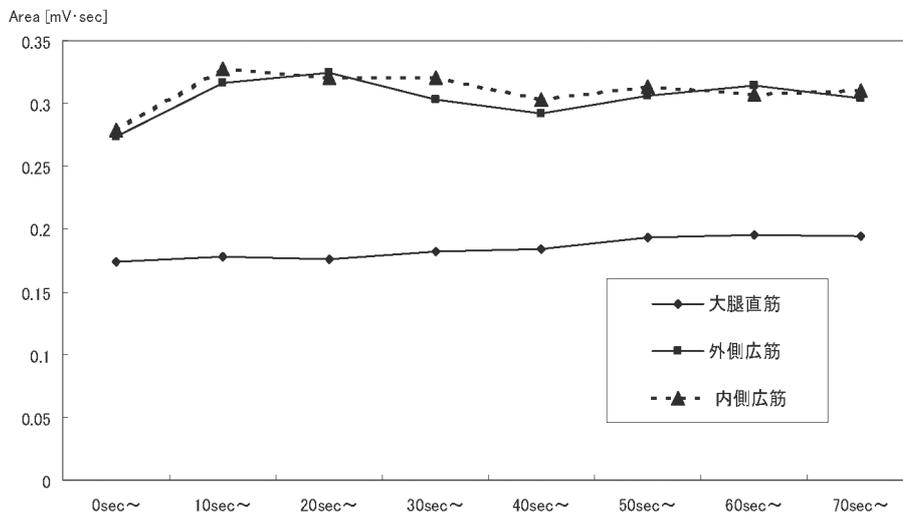


図2. 全被験者の利き足に対する10秒毎の平均筋電出力Areaの推移

中間周波数を分析した。図3に示すように、内側広筋の0～10秒の中間周波数と30～40秒間、10～20秒間と30～40秒間及び40～50秒間で有意な群間差が確認された。図4に示すように、同様の傾向は、外側広筋の中間周波数では確認されなかった。また、内側広筋と外側広筋のトータル周波数パワーにおいても確認されなかった。

4. 筋電図の中間周波数の変化と下肢筋力との関係について

下肢エクステンション運動の最高運動時間は486.3±56.0秒で、その時の最高負荷量は45kgfが2人、負荷60kgfが5人であった。

内側広筋の0～10秒の中間周波数と30～40秒間、10～20秒間と30～40秒間及び40～50秒間で中間周波数

の有意な減衰が確認されたことから、内側広筋の0～10秒に対する30～40秒間の減衰率、10～20秒間に対する30～40秒間の減衰率、10～20秒間に対する40～50秒間の減衰率を3つの指標として、下肢筋力との相関性の分析を行った。表1に示すように、10～20秒間に対する40～50秒間の減衰率と最高運動時間と最高負荷量に負の相関が確認された。(各 p<0.05)

考 察

今回用いた下肢エクステンション運動のようなアイソトニック運動においても、R' 変曲点は検出された。しかしな

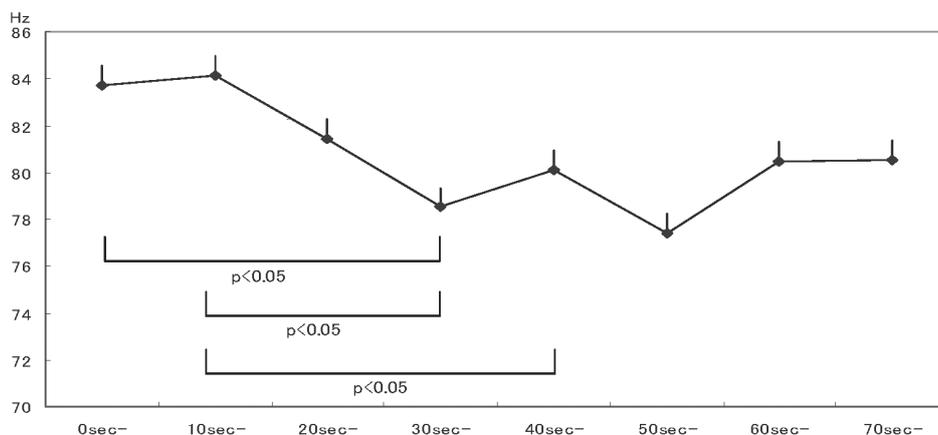


図3. 全被験者の利き足の内側広筋における10秒毎の平均中間周波数の推移

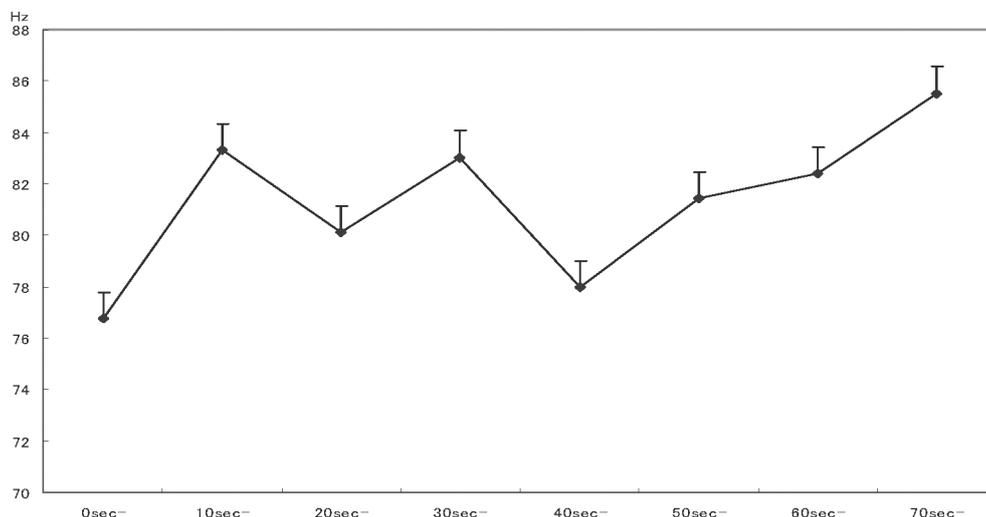


図4. 全被験者の利き足の外側広筋における10秒毎の平均中間周波数の推移

表1. 中間周波数の減衰率と下肢筋力との相関性

	最高運動時間(秒)		最高運動負荷(kgf)	
	r	p value	r	p value
0-10secに対する30-40secの中間周波数の減衰率	0.22	n.s.	-0.16	n.s.
10-20secに対する30sec-40secの中間周波数の減衰率	0.22	n.s.	0.00	n.s.
10-20secに対する40sec-50secの中間周波数の減衰率	-0.85	P<0.05	-0.79	P<0.05

がら、普通の人の無酸素運動閾値時の酸素摂取量は、最大酸素摂取量の40～50%といわれており⁸⁾、今回の下肢エクステンション運動のR'変曲点での酸素摂取量は最大酸素摂取量の63%±13%であり、通常よりも高く、また最大酸素摂取量はramp負荷の座位式エルゴメーター基準値の58±13%であり、ramp負荷の座位式エルゴメーターに比べてかなり低値であった。最大酸素摂取量が、ramp負荷座位式エルゴメーターより低値であった理由として、今回用いた下肢筋は外側広筋、内側広筋、大腿直筋の3筋が主であり、全身的な持久運動ではないことから、今回用いた漸増下肢アイソトニック運動時の最大酸素摂取量は低値を示したと考えられた。一方、R'の変化から求められたR'変曲点は明らかに存在し、乳酸産生による過剰なCO₂の排泄が生じていることは明らかであり、いわゆる無酸素運動閾値が存在することも明らかである。ただし、本プロトコルでは、R'変曲点の出現時の酸素摂取量が、最大酸素摂取量の63±13%であり、通常のramp負荷に比して高値を認めた。この理由として、少ない筋群での漸増アイソトニック負荷であり、局所での乳酸産生を十分に全身にウォッシュアウトできず運動を強いられため、乳酸産生後急速に乳酸濃度が上昇し、筋疲労が増強し運動継続不能となったと考えられる。その結果、R'変曲点出現後早期に運動継続不能となり、最大酸素摂取量に対するR'編曲VO₂の比率が、63±13%と、一般的な無酸素運動閾値時に比して高値になったと考えられた。

また、外側広筋、内側広筋、大腿直筋の3筋より筋電を採取し分析したが、下肢エクステンション運動においては、単関節筋である外側広筋、内側広筋の出力が有意に高かったため、これらの筋に対して各対象者の利き足の筋電図を周波数分析した。そして分析対象時間は、同一負荷下で確実に有酸素運動をしている開始から、対象者の平均R'変曲点(89.6±42.1秒)までとした。

外側広筋と内側広筋について10秒毎の利き足の中間周波数を分析した結果、内側広筋の0～10秒に対する30～40秒間、10～20秒間に対する30～40秒間及び40～50秒間で有意な減衰が確認された。同様の傾向は、外側広筋の中間周波数では確認されなかった。大腿四頭筋での内側広筋の特徴として、大腿四頭筋の中、筋萎縮が生じやすいが回復しにくく⁹⁾、膝蓋骨の外側偏位を抑止する効果があり、荷重時の膝関節の安定に重要な役割を担っている^{10,11)}。筋力増強訓練に対する反応も遅く¹²⁾、大腿部四頭筋は、膝関節の伸展に働き、大腿四頭筋のなかでも内側広筋が最も大きく重要な筋であり¹³⁾、内側広筋は伸展の最終段階で強く働く¹⁴⁾。これらの特徴から、外側広筋に比べ内側広筋は下肢エクステンション運動の伸展での重要度が高く、意図的にも制御しにくい筋であるために、内側広筋において対象者共通の変化が抽出できたのではないかと推察される。

今回抽出された内側広筋の中間周波数において、10～20秒間に対する40～50秒間の減衰率に対して最高運動

時間と最高負荷量に負の相関が確認された。これは、同一負荷に対して、運動単位の放電頻度の減少や運動単位の同期性の増加により、筋効率を上げられる対象者程、運動開始当初の中間周波数が減少すると推測され、そのために10～20秒間に対する40～50秒間の中間周波数の減衰率が高い対象者程、運動効率が良くなり、最高運動時間の延長と最高負荷量の増加に繋がったのではないかと推測される。

先行のアイソメトリック運動における研究では、筋電図中間周波数の減少は主に筋疲労によるものと報告されているが^{1,2)}、今回のような漸増アイソトニック運動においては、筋疲労の要因に加え被験者自身による運動効率化の要因も加味する必要性が考えられた。

結 語

下肢エクステンション運動において、利き足の内側広筋の運動初期(開始～R'変曲点)の中間周波数変化と下肢筋力とが関連する可能性が示唆された。

参考文献

- 1) 佐渡山重平, 菅原徹: 筋疲労と運動単位. 臨床神経生理学 30: 417-424, 2002.
- 2) Carlo J. De Luca: The Use of Surface Electromyography in Biomechanics. J Applied Biomechanics 13: 135-163, 1997
- 3) 下野俊哉: 表面筋電図マニュアル基礎編, 東京, 酒井医療: 100-109, 2004.
- 4) Bigland-Ritchie B, Woods JJ: Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. Muscle Nerve 7: 691-699, 1984
- 5) Bigland-Ritchie B, Johansson R, Lippold OC, Woods JJ: Contractile speed and EMG changes during fatigue of Sustained maximal voluntary contractions. J Neurophysiol 50: 313-324, 1983.
- 6) 山中裕, 木村穰 他: 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前後の筋電図の周波数変化について～, 関西臨床スポーツ医・科学研究会誌, VOL. 21: 73-76, 2011.
- 7) ジョンH. ウォーフィル著, 八谷令子, 小川恵子訳: 図説筋の機能解剖第四版, 東京, 医学書院: 65-67, 2009.
- 8) 山崎元: 体力の指標—最大酸素摂取量と無酸素性作業閾値—慶應保健, VOL. 7: 5-16, 1988.
- 9) 市橋則明, 三宅裕子 他: スポーツ外傷後の大腿四頭筋萎縮の考察—MRTによる検討—, PTジャーナル 28(3): 205-207, 1994.
- 10) Basmajian J: Re-Education of vastus medialis: A misconception. Arch Phys Med Rehabil 51: 245-247, 1970.
- 11) 峰久京子, 松永義博 他: 膝伸展不全と理学療法—筋放電特性の分析から—, PTジャーナル, 29(8): 530-535, 1995.
- 12) Lieb FJ, Perry J: Quadriceps function. An anatomical and mechanical study using amputated limbs. J Bone Joint Surg Am 50(8): 1535-48, 1968.
- 13) 島津晃: 労働の原点「立ち居・振る舞い」のすべて—作業姿勢・動作の図説—, 大阪, 財団法人労働安全衛生研修所: 92-97, 1996.
- 14) 坂井建雄, 宮本賢一 他: カラー図鑑人体の正常構造と機能×運動器第2版, 東京, 日本医事新報社: 64-65, 2012.

男子高校生陸上競技選手の種目別リバウンドジャンプ指数の違いと6ヶ月後の変化について

大阪産業大学大学院 人間環境学研究科 濱口 幹太
 大阪産業大学 人間環境学部スポーツ健康学科 仲田 秀臣・大槻 伸吾・田中 史朗
 株式会社ブルーミング 高尾 憲司
 工学院大学 基礎・教養教育部門保健体育科 桂 良寛

背景

陸上競技は長距離、短距離、跳躍、投擲のように、種目別に分かれている。先行研究において、疾走中やジャンプ中の下肢の筋群の収縮様式は、エキセントリックな筋収縮によって運動エネルギーを受け止め、その後続いてコンセントリックの収縮が行われている。このような伸張と短縮の組み合わせた運動のことを伸張-短縮サイクル (Stretch shortening Cycle : 以下 SSC) 運動と呼ばれており、SSC 運動が有効に遂行すれば大きな力を発揮することが明らかになっている^{1, 2, 3, 4)}。そこで本研究では、SSC 運動の遂行能力のことをばね能力と定義し、種目別で違いがあるのではないかという仮説を立て検証した。

目的

本研究は、男子高校生陸上競技選手の種目別ばね能力の違いについて検討することと、6ヶ月後の変化について検討することを目的とした。

方法

高校1・2年生男子陸上競技選手42名 (15.2±0.42歳) を対象に、春 (4月) と秋 (11月) にばね能力の指標としてリバウンドジャンプ測定を行った²⁾。表1に種目別の被

験者人数、体重、身長を示す。なお、4月から11月のトレーニングは種目別に分かれて行った。

リバウンドジャンプ測定はマルチジャンプテスト (DKH社製) のマットスイッチを利用した。測定方法は垂直方向に6回連続でジャンプをさせ、その中で一番高いリバウンドジャンプ指数 (RJ 指数) を採用した。なお、被験者には注意事項として出来る限り接地時間を短くし、高く飛ぶように指示をした。

RJ 指数はRJの跳躍高をマットスイッチによって測定された接地時間で除することによりRJ指数を算出した。

$$RJ \text{ 指数 (m/s)} = RJ \text{ の跳躍高 (1/8 \times \text{重力加速度} \times \text{滞空時間}^2) / \text{接地時間}$$

種目別の違いを明らかにするために一元配置の分散分析を用い、Tukeyの多重比較検定を行った。また、4月と11月の差を比較するために対応のあるt検定を行った。なお、危険率5%未満とした。

結果

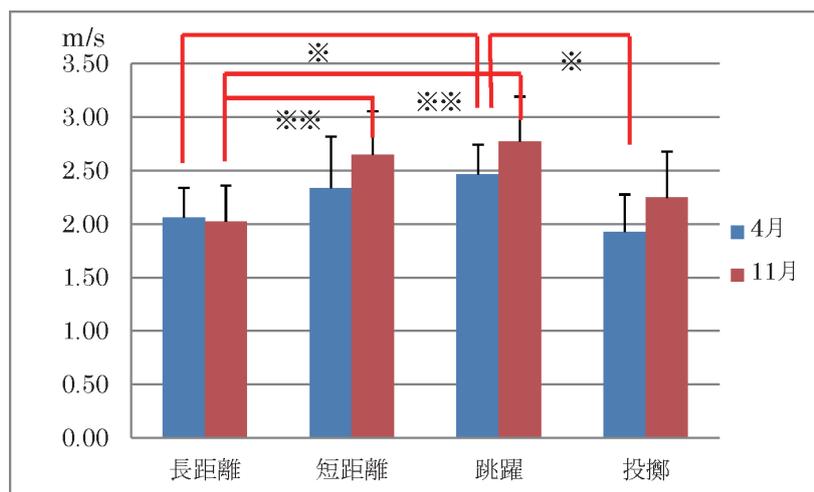
4月の種目別RJ指数の結果では、種目別に有意な差が認められた (p<0.05)。また、多重比較検定の結果、長距離と跳躍、跳躍と投擲の間に有意な差を認めた (図1)。

11月の種目別RJ指数の結果では、種目別に有意な差が認められた (p<0.01)。また、多重比較検定の結果、短距離と長距離、跳躍と長距離に有意な差を認めた (図1)。

表1. 4月, 11月の対象者の特徴

種目	4月			11月		
	人数 (名)	身長 (cm)	体重 (kg)	人数 (名)	身長 (cm)	体重 (kg)
長距離	13	165.5±4.54	50.9±4.81	13	165.6±4.46	51.1±4.72
短距離	13	172.7±5.30	58.4±6.20	13	172.5±5.10	60.8±5.55
跳躍	11	170.9±4.78	58.0±6.32	11	171.4±4.99	59.8±5.12
投擲	5	176.4±6.79	76.8±11.48	5	176.9±6.37	77.5±11.11
全体	42	170.4±6.16	58.1±10.00	42	170.6±6.11	59.5±9.82

mean±SD



※ : p<0.05 ※※ : p<0.01

図1. 4月, 11月種目別RJ指数の多重比較検定

4月から11月の6ヶ月間は種目別にそれぞれ専門トレーニングと筋力トレーニングを実施させた。長距離は、LSDやインターバル走を短距離はダッシュやショートインターバル走、跳躍はジャンプ系を中心に投擲はウエイトトレーニングを中心に行った。

4月と11月の種目別RJ指数を比較した結果、短距離と跳躍において有意な差を認めた(表2)。

考 察

男子高校生陸上競技選手において、4月、11月とも種目別RJ指数に違いが現れ、跳躍、短距離の順番で高い値を示した。

4月と11月の差の比較を行った結果、短距離と跳躍において有意な差を認め、RJ指数が増加していた。

跳躍において、大宮ら¹⁾の報告で跳躍能力に優れている小学生ほどRJ指数が高くなることや永松ら²⁾の立幅飛とRJ指数の間に有意な差を認めていると報告がある。また、短距離においても岩竹ら³⁾の報告で60mの全力スプリントの最高疾走速度とリバウンドジャンプパワーにおいて有意な相関を認めるとあり、また、50m走とRJ指数におい

ても有意な相関を認めると報告がある²⁾ことから、跳躍と短距離は、RJ指数と密接関係があるのではないかと考えられる。跳躍の特性として高く・遠くに飛ぶ種目であり、また、トレーニングにおいてもジャンプを中心に行っており、ジャンプをする機会が多くある跳躍が4つの種目の中で一番高い値を示し、RJ指数が増加したのではないかと示唆された。短距離はダッシュやショートインターバル走などのスプリント系トレーニングを多く行っていることがRJ指数の増加に繋がったのではないかと考えられる。

長距離種目は自験例において、高校生長距離選手で1500mと5000mにおいてRJ指数と有意な相関を認めており(日本体力医学会第27回近畿地方会にて報告)、また、武田ら⁴⁾によると、Running Economyと10分間の最大下ホッピングエクササイズ中との間に有意な相関を認めたと報告がある。また、1500m走とRJ指数においても有意な相関が認められていると報告がある²⁾ことから、長距離種目においても、近年のかかとのつかない走フォームに伴い、RJ指数と関係があることが予測される。しかし、今回はRJ指数の増加も認められず、種目別においても低い値であったことから、LSDなど、長くゆっくり走るトレーニングでは増加しないのではないかと考えられる。

表2. 4月, 11月の種目別RJ指数の変化

種目	4月	11月	p値
長距離	2.06 ± 0.28	2.03 ± 0.33	0.54
短距離	2.34 ± 0.84	2.65 ± 0.41	0.01※
跳躍	2.46 ± 0.28	2.77 ± 0.42	0.01※
投擲	1.93 ± 0.35	2.25 ± 0.43	0.06

mean ± SD ※p<0.05

投擲種目においては、渉猟しえた範囲では先行研究が見当たらず、今回においてはRJ指数の増加も認められず、種目別でもRJ指数が低い値を示した。しかし、投擲種目は他の種目に比べ、走る動作が少ないことやウエイトトレーニングが多いことが今回の結果に繋がったのではないかと考えられた。

今回は男子高校生陸上競技部を対象として実施しており、遠藤ら⁵⁾によると、RJ指数は18歳ごろまでは年次的に成長していくが、それ以降は向上が認められないという報告があることから、今後は成長が終了している大学生を対象に測定を行い、比較検討を行っていききたい。しかし、今回の研究は1チームに限られたデータ、また高校生に限られたデータであることが限界である。

結 論

高校1・2年生男子陸上競技選手を対象にリバウンドジャンプ測定を実施した結果、跳躍が一番高い値を示した。

トレーニングによる変化を検討した結果、短距離と跳躍において有意な増加が認められ、ジャンプ系やスプリント系のトレーニングがRJ指数の増加には有効ではないかと示唆された。

参考文献

- 1) 大宮真一ら：リバウンドジャンプ能力が走り幅跳び能力に及ぼす影響：小学校6年生を対象として、体育学研究, 第54号, 55-66, 2009.
- 2) 永松幸一ら：SSC遂行能力と体力・運動能力種目の関係について、都城工業高等専門学校研究報告, 第43号, 1-5, 2008
- 3) 岩竹淳ら：陸上競技選手のリバウンドジャンプにおける発揮パワーとスプリントパフォーマンスとの関係, 体育学研究, 第47号, 253-261, 2002.
- 4) 武田誠司ら：長距離ランナーにおけるランニングと連続跳躍による経済性の関係, 体力科学, 第59号, 107-118, 2010.
- 5) 遠藤俊典：子どもから成人, アスリートに至るまでの跳躍能力の発達特性—垂直跳およびリバウンドジャンプの遂行能力の発達過程の対比に着目して—, 陸上競技研究, 第79号, 2-13, 2009.

慢性の足関節症状に対する低出力レーザーの効果 ～重心動揺性を指標にして～

関西医療大学 スポーツ医科学研究センター 増田 研一・貞方 勇祐
ミナト医科学株式会社 研究課 有本米次郎

はじめに

捻挫などを被った後に足関節の疼痛や違和感を慢性的に長く訴えるアスリートは多く、再発防止などを目的として広く使用されているテーピングについてKarlssonらは機械的不安定性を軽減させることに加えて人体や関節包の固有受容器に影響を及ぼす点を作用機序として指摘している¹⁾。

一方、テーピングのみならず同部への低出力レーザー／超音波／低周波などの各種物理療法や局所麻酔剤注射、さらには足根洞部の滑膜組織の搔爬術などを施行する場合もある。特に近年物理療法機器がコンパクトになりアスリートが移動中でも施行する事が可能になっているものの、そのエビデンスが乏しく漫然と行われている場合も少なくない。

目的

筆者が帯同した某フットサルチームの過去5年間（のべ1178日間）の傷害デイリーレポート750通の中で慢性の足関節症状を有したのべ3014例に対し、最も多く使用した（42.1%）物理療法機器である低出力レーザー機器の効果を重心動揺計を用いて検討すること。

対象

本研究に関しての説明に対し同意／納得を得た20～24歳（平均21.6±1.1歳）の男性アマチュアサッカー選手59名を対象とした。全例がプレー中に足関節の疼痛や違和感など何らかの不定愁訴を自覚していた。

また、過去3カ月以内およびデータ収集期間中に3週間以上プレーが不能であった足関節捻挫を被った者は除外した。

さらに利き手の反対側（プレー中に立ち足として使用する機会が多いと判断した）の閉眼片脚起立時間が全員1分未満（正常値は2分と規定）であることを確認し、何らかの静的動揺性（足根洞部に存在する各種受容器の異常も一因と判断）を有していると判断し、データ収集側下肢と決定した。

方法

閉眼し『両手を腰に当て』、利き手側の下肢を伸展し前方に軽度挙上させた肢位をとらせ、重心動揺計（アニマGP6000[®]）を用いて20秒間の総軌跡長：cmと軌跡外周面積：cm²を測定した。各々5回連続して測定し、変動係数が10%を超える場合は対象から除外した。なお、採用した値は中間値とした。

この2つのパラメーターについて、①対照（レーザー照射前）、②低出力レーザー（ミナト医科学 ソフトレーザー JQ-W1[®]）を図1のごとく足根洞部に1分間照射直



図1. 今回使用した低出力レーザー機器（ミナト医科学ソフトレーザー JQ-W1）…足関節外果前方：前距腓靭帯部（足根洞部と判断）に1分間照射。

後、③プラセボ（外観は②と同位置ながら照射音のみがする）1分間直後の3条件下で測定を行った。なお、②と③の順番はコイントスで決定し、被験者および照射を直接施行した者は承知していない。また、各々については1週間以上の間隔を空けている。気候条件はWBGT計で同ゾーンに位置している。

各パラメーターの有意差の判断に関してはWilcoxon検定を用いた。

結 果

表1のごとく、総軌跡長は対照：81.1±19.1、プラセボ：79.2±18.2、照射後：61.7±16.0 (cm)、軌跡外周面積は12.2±3.8、プラセボ11.9±3.4、照射後8.9±3.0 (cm²)となり、対照およびプラセボの場合に比べて低出力レーザー照射を施行した場合が明らかに静的重心動揺性軽減に関して有効であったと判断した。

表1. 3条件下の2パラメーターの変化

	対照	プラセボ	照射後
総軌跡長 (cm)	81.1±19.1	79.2±18.2	61.7±16.0↓↓
軌跡外周面積 (cm ²)	12.2±3.8	11.9±3.4	8.9±3.0↓

Wilcoxon検定で…↓：危険率5%、↓↓：危険率1%で有意差有り。

考 察

Karlssonらは足関節のテーピングの効果について靭帯や関節包に存在する固有受容器の機能に対する影響を指摘し¹⁾、島らはテーピングおよびブレースの装着や機械的不安定性の有無が動的制御機構である腓骨筋の反応時間に及ぼす生理学的影響を調査した³⁾。

さらに吉田は足関節捻挫後に生じた機能的不安定性に対して経皮的電気刺激を施行し、フォースプレートによる

ジャンプ動作片脚着地時のCOP(center of pressure：足圧中心)軌跡長をパラメーターとして検討した⁴⁾。

以上のごとくで、足関節の不定愁訴に対して施行する各種保存治療については様々な客観的パラメーターが検討されているものの確定したものは無い。

足関節捻挫に限らずアスリートの傷害部位に対して各種物理療法やテーピングなどはごく日常的に施行されているが、単なる疼痛のコントロールというよりは何らかの客観的パラメーターを指標として効果をフィードバックしながら施行する事が必要と考える。

今回はパラメーターの変動係数などを考慮して静的な動揺性を指標に考えたが、今後は吉田の報告⁴⁾なども参考により『スポーツ現場』に即した動的なパラメーターの採用等も考慮している。

ま と め

1. 重心動揺性を指標として、慢性の足関節症状を有する例に対する低出力レーザー照射の効果を検討した。
2. 今回採用した軌跡長と外周面積の2種のパラメーターとも有意に改善しており、照射の効果を示していると考えた。
3. 安易な漫然とした使用で無く、客観的なパラメーターをアスリートにフィードバックする重要性を考えた。

参考文献

- 1) Karlsson J et al : The ankle of taping on ankle stability. Sports Med., 16 : 210 - 215, 1993.
- 2) 増田研一ら：足関節捻挫症例における関節包の組織学的検討. J. of Clin. Rehabil. 9 : 834 - 837, 2000.
- 3) 島典広ら：足関節テーピングとブレースの装着が内反ストレスに対する腓骨筋の反応時間に及ぼす影響. 関西臨床スポーツ医・科学研究会誌, 9 : 37 - 38, 1999.
- 4) 吉田隆紀：足関節捻挫後の機能的不安定性に対する経皮的電気刺激. Sportsmedicine., 150. 6 - 10, 2013.

ドロップジャンプ着地による動的バランスの解析指標の検討 ～着地後の衝撃吸収性と重心動揺の関連性～

木村 佳記 (PT)¹⁾・中田 研 (MD)²⁾・米谷 泰一 (MD)³⁾・小柳 好生 (AT)⁴⁾・小笠原一生 (AT)⁴⁾・
杉山 恭二 (PT)¹⁾・佐藤 睦美 (PT)⁵⁾・内田 良平 (MD)³⁾・松尾 知彦 (MD)³⁾・前 達雄 (MD)³⁾

- 1) 大阪大学医学部附属病院 リハビリテーション部
- 2) 大阪大学大学院医学系研究科健康スポーツ科学 (スポーツ医学)
- 3) 大阪大学大学院医学系研究科器管制御外科学講座 (整形外科学)
- 4) 武庫川女子大学 健康スポーツ科学部
- 5) 大阪保健医療大学 保健医療学部

緒 言

我々は、スポーツ外傷・障害からの復帰の判定や、スポーツパフォーマンスでのバランス能力を知る目的で、体重心の移動がある運動課題を足圧中心 (center of pressure: COP) で計測する定量的評価法として「片脚ドロップジャンプ着地テスト (single leg drop jump landing test: SDL テスト)」を開発した¹⁾。我々は先行研究において、SDL テストは高い再現性をもって個人のバランス能力を示し、かつ個人の能力差を示すことを報告した^{2,3)}。着地直後の COP 軌跡を分析した研究では、着地直後の 40～80ms に床反力垂直成分 (F_z) のピークを示し、その直前に COP 軌跡の移動速度のピークがあることから、床反力が最大になる直前に COP を移動させて着地バランスを制御していると考えられた⁴⁾。 F_z のピーク ($F_{z_{max}}$) は衝撃の大きさの指標であり、 $F_{z_{max}}$ を着地からピーク発生までの時間 (t_z) で除した値、すなわち F_z の平均増加率は衝撃緩衝性の指標とされ、値が小さいほど衝撃吸収性が良いとされる⁵⁾。しかし、動的バランスの指標である COP 軌跡との関係は明らかではない。

我々は仮説として、衝撃吸収性の良い着地の方が重心の動揺が小さく COP 軌跡長は短くなり、逆に衝撃吸収性の不良な着地では重心の動揺が大きく COP 軌跡長は長くなると予測し、これらの指標には正の相関があると予測した。

目 的

本研究の目的は、片脚ドロップジャンプ着地後の床反力垂直成分のピーク値 $F_{z_{max}}$ とピーク発生までの時間 t_z 、COP 軌跡を解析し、動的バランス評価の指標を検討することである。

対 象

対象は、片脚の膝関節傷害で治療中の患者 17 名 (男性

10 名、女性 7 名) で、健側での片脚ドロップジャンプが可能なる者とした。運動習慣は、競技レベル (毎日～週 3 回以上のスポーツ習慣) 2 名、学校および社会人のクラブ所属 5 名 (週 2 回以上のスポーツ習慣)、レクリエーションレベル (週 1 回程度のスポーツ習慣) 5 名、月 1 回程度の運動を行うレベル 5 名であった。年齢は 27.5 ± 9.3 歳 (男性 27.7 ± 9.8 歳、女性 27.3 ± 9.3 歳)、身長は 164.1 ± 8.3 cm (男性 168.65 ± 7.1 cm、女性 157.5 ± 5.0 cm)、体重は 65.1 ± 12.9 kg (男性 71.0 ± 12.9 kg、女性 56.9 ± 7.2 kg)、足長は 25.0 ± 1.7 cm (男性 26.1 ± 1.4 cm、女性 23.6 ± 0.4 cm) であった。被験者には研究内容を説明してデータの使用について同意を得た。

方 法

1. 運動課題

運動課題は、健側下肢で高さ 20cm の台から 30cm 前方へ飛び降りて着地した後、静止姿勢を保持する「SDL テスト」を指示した。上肢は腕組みとして体から離さないようにし、着地後は下肢の屈曲位を維持しつつ、できる限り静止するよう指示した (図 1)。課題は 10 回実施した。

2. 計測

着地後の床反力を床反力計 (BERTEC FORCE PLATE TYPE4060H: BERTEC Corp.) を用いて、サンプリング周波数を 1200Hz とし計測した。データの記録と COP 軌跡の算出には、我々が開発したソフト (テクノロジーサービス社製) を用いた。

3. 解析

10 回の試技のうち、後半 5 回のデータを分析対象とした。床反力は体重で、COP 軌跡長は足長で正規化した。なお、着地から 20 ミリ秒の計測値は、計測装置の感度の問題から分析の対象外とした。

着地後の床反力データから、最大床反力垂直成分 $F_{z_{max}}$ と着地からピークまでの時間 t_z を抽出し、衝撃吸収性の指標として F_z の平均増加率 $F_{z_{max}}/t_z$ を求めた。また、着地



図1. 運動課題

front drop jump landing : 20cm 台から30cm 前方へのジャンプ着地を行う。上肢は腕組みとし、着地後は下肢の屈曲位を維持し、できるだけ静止姿勢を保持するように指示した。

後 20 ~ 200 ミリ秒における COP 軌跡長を算出し、 Fz_{max}/t_z と COP 軌跡長とのピアソンの積率相関係数を求めた。

結 果

Fz_{max} は体重の $379.2 \pm 77.2\%$ (248 ~ 502 %), t_z は $65.7 \pm 11.9\text{ms}$ (40 ~ 80ms) であった。 Fz_{max}/t_z は $6113 \pm 242\%$ BW/s であった。 今回の対象者では、10ms 毎の COP 軌跡長は、着地後 200ms までに最大値を示し、200ms 以降は小さく、着地後 20 ~ 200ms の COP 軌跡長は足長の $60.9 \pm 14.0\%$ (35 ~ 81%) であり、 Fz_{max}/t_z との間に正の相関 ($r=0.67$) を認めた (図2)。 このことから、 Fz_{max}/t_z が高値を示す衝撃の強い着地では、COP 軌跡長が長く、一方、 Fz_{max}/t_z が低値を示す衝撃の小さい着地では、COP 軌跡長が短くなることが示された。

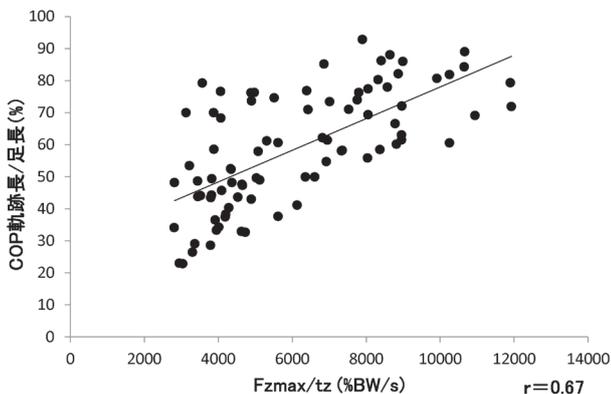


図2. Fz の平均増加率 (Fz_{max}/t_z) と COP 軌跡長の関係

考 察

衝撃吸収性の指標である Fz の平均増加率 Fz_{max}/t_z と、バランスの指標である COP 軌跡長に正の相関を認めたことから、衝撃の強い着地では接地直後の加速度が大きいため重心の動揺が生じやすく、これを制御する COP 軌跡長が長くなると考えられた。一方、衝撃の小さい着地では加速度が小さいため重心の動揺が小さく、COP 軌跡長も短くなると考えられた。また、これらの指標には個人差があることから、個人の衝撃吸収とバランス制御の関係を示す評価指標になり得ると考えられた。このような接地直後のバランス制御は、ヒトの知覚と運動系のフィードバック機構では間に合わないことから、本研究での接地直後の評価指標は、着地前からの予測的応答であるフィードフォワード機構による動的バランスの制御能力を評価できる可能性があると考えられた。近年、繰り返しや着地動作の接地初期に傷害が生じるメカニズムが報告されており⁶⁾、本研究で得られた着地直後の指標が関連すると考えている。今後、本指標により評価した動的バランス能力と傷害発生の関係を調査していく予定である。

本研究の限界として、対象が片側の膝関節傷害を有する症例の健側下肢であり、健常者の結果とは異なる可能性が挙げられる。今後、多くのサンプルから年齢、性別、競技レベル、競技種目、傷害の有無などによる標準値を調査する必要がある。

結 語

1. 片脚ドロップジャンプテストにおける衝撃吸収性の指標 (Fz の平均増加率) と 200ms 以内の COP 軌跡長との間には正の相関があった。
2. 衝撃吸収性の指標と COP 軌跡長には個人差があることから、動的バランスの指標になり得ると考えられた。

参考文献

- 1) 中田研ら：動的バランスに対する加速度トレーニングの効果, 臨床スポーツ医学 30 (6) : 515-521, 2013.
- 2) 杉山恭二ら：動的バランス評価方法の検討 片脚 drop jump 着地動作における重心動揺総軌跡長の再現性と有用性, 関西臨床スポーツ医科学研究会誌 21 : 33-36, 2011.
- 3) 杉山恭二ら：片脚 drop jump 着地動作における重心動揺総軌跡長の再現性, スポーツ傷害 17 : 40-42, 2012.
- 4) 木村佳記ら：ドロップジャンプ着地による動的バランス計測：着地直後の重心動揺軌跡解析, スポーツ傷害 18 : 55-57, 2013.
- 5) 阿江通良ら：スポーツバイオメカニクス 20 講, 139-146, 2008, 朝倉書店, 東京.
- 6) Koga, H. Nakamae A, Shima Y, et al. : Mechanisms for noncontact anterior cruciate ligament injuries : knee joint kinematics in 10 injury situations from female team handball and basketball. Am J Sports Med 2010 ; 38 : 2218-2225.

スポーツ選手の膝前十字靭帯再建術後の栄養調査 2症例報告

大阪府立大学 地域保健学域 総合リハビリテーション学類
正風病院 整形外科

高尾理樹夫・堀部 秀二・川上由紀子・山下 絵美
草野 雅司・岩田 秀治・永田 武豊・塩崎 嘉樹

はじめに

前十字靭帯（以下 ACL）損傷は、スポーツ選手に多くみられる膝外傷¹⁾の一つで、競技復帰のためには、入院にて再建術の施行が必要となる。ACL再建術を受ける患者の多くが健康な若年者であることから、入院中の食事に関しては、本人の意思に任せているのが現状である。しかしながら、入院中のエネルギー摂取量は、筋肉量や体脂肪量などの体成分組成に影響を及ぼすことが考えられる。ACL再建術後に、一定期間を経過した後の体成分組成を術前と比較した報告²⁾はあるが、入院中の体組成変化の推移や栄養摂取状況との関連性を評価した報告はない。そこで今回、ACL再建術を施行した若年スポーツ選手2名の入院中の栄養調査と体成分組成の測定を入院期間中の2週間にわたり実施したので報告する。

対 象

対象は、自家半腱様筋腱を用いた二重束再々建術を施行した22歳女性の大学柔道選手（症例1）と骨付膝蓋腱を用いた長方形骨孔再建術を施行した24歳男性のトップリーグに所属するラグビー選手（症例2）の2症例である。

表1. 術前の体成分組成

	症例1	症例2
性別	女性	男性
年齢（歳）	22	24
身長（cm）	169	172
体重（kg）	83.0	76.0
BMI（kg/m ² ）	29.1	25.7
筋肉量（kg）	51.8	57.4
体脂肪量（kg）	27.9	15.4
体脂肪率（%）	33.7	20.3
基礎代謝量（kcal）	1559	1678
推定エネルギー必要量（kcal）	2183	2349

方 法

入院中の食事摂取量を正確に把握するため、基本となる病院食（朝食・昼食・夕食）に残食があった場合は、食事終了後に残食の画像をデジタルカメラで撮影し、得られた画像から管理栄養士が栄養価を算出して、病院食のエネルギーから差し引いた。また、補食として摂取した食品についても、食品名や分量がわかるよう、事前に配布した自己記入式の補食調査表に記入してもらい、その結果から栄養価を割り出した。最終的には、病院食から残食量を引いて補食量を足したものを1日の総エネルギー摂取量とした。調査は、術後1日目から14日目までの2週間にわたり実施した。体成分組成の測定は、高精度体成分分析装置 InBodyS10（バイオスペース社）を用いて、筋肉量、体脂肪量を術前、術後1週、術後2週の計3回測定した。なお、入院中は、膝装具固定を行い、完全免荷での松葉杖歩行を許可した。入院中の推定エネルギー必要量は、基礎代謝量×1.4（活動係数）とした。基礎代謝量は、術前の InBodyS10 での測定値を用いた。

結 果

術前の体成分組成を表1に示す。推定エネルギー必要量は、症例1が2,349kcal、症例2が2,183kcalであった。推定エネルギー必要量に対する、入院中の総エネルギー摂取量は、症例1では不足傾向にあり、2週間で合計3,966kcal不足していた。総エネルギー摂取量に対する、炭水化物、脂質、タンパク質の占有割合は、それぞれ58.5%、26.5%、15.0%であった（図1）。術前から術後2週の体成分組成の変化は、体重が3.0kg（83.0kg→80.0kg）、筋肉量が2.2kg（51.8kg→49.6kg）減少していた（図2）。

一方、症例2では、入院中のエネルギー摂取量が十分に満たされており、2週間で合計10,466kcal充足していた。総エネルギー摂取量に対する、炭水化物、脂質、タンパク質の占有割合は、それぞれ60.3%、25.4%、14.3%であった（図3）。体成分組成は、体重（76kg→76kg）、筋肉量（57.4kg→58.7kg）ともに減少することなく維持されていた（図4）。

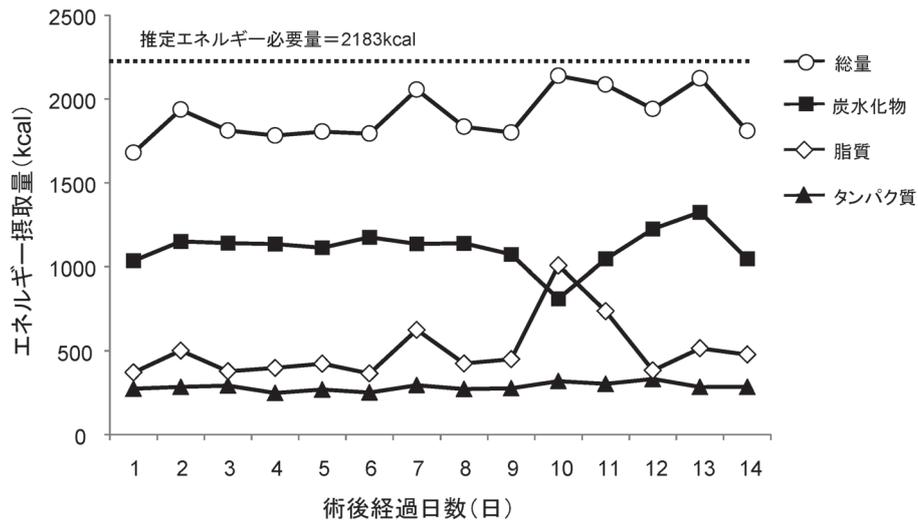


図1. 入院中のエネルギー摂取量 (症例1)

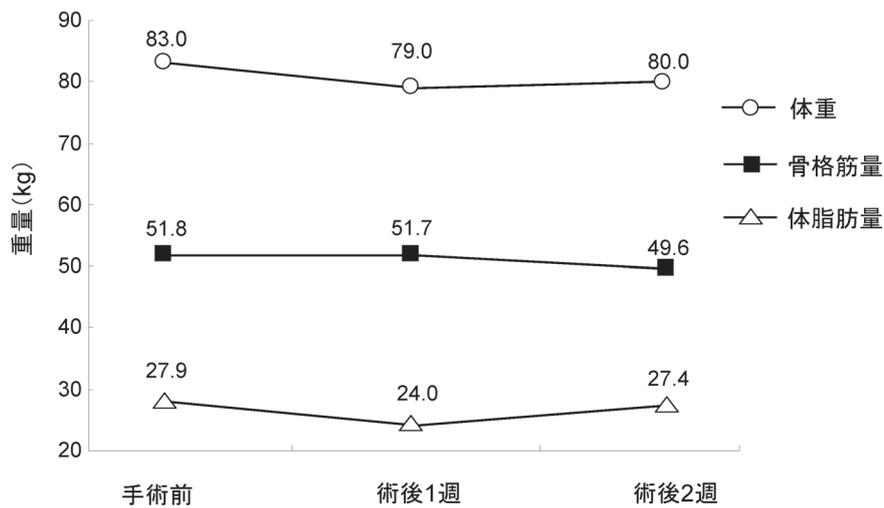


図2. 入院中の体成分組成の変化 (症例1)

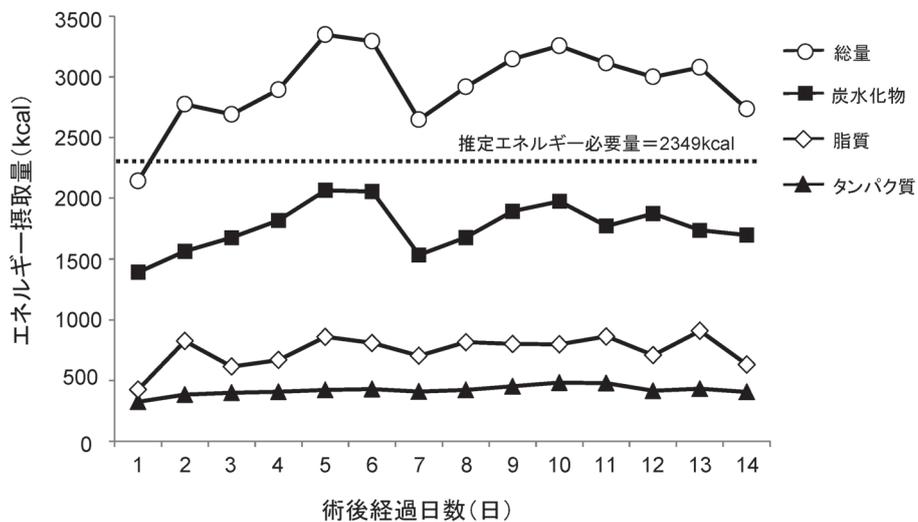


図3. 入院中のエネルギー摂取量 (症例2)

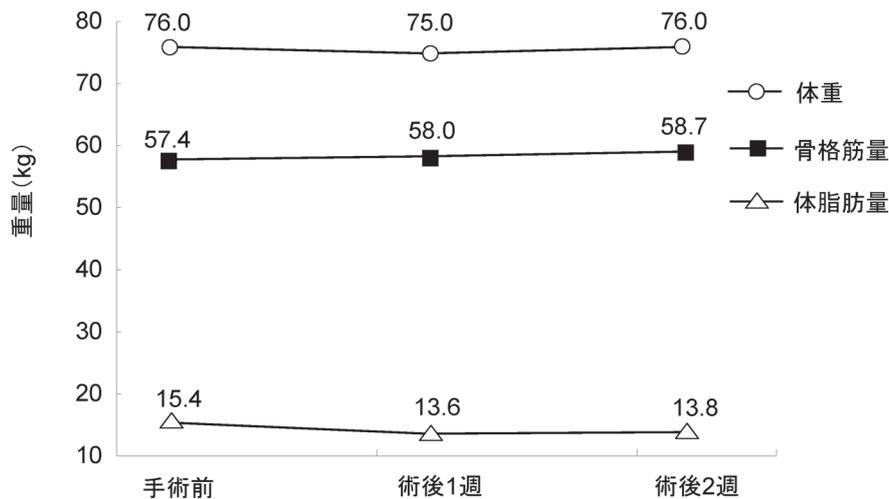


図4. 入院中の体成分組成の変化 (症例2)

考 察

本研究において、ACL 再建術後の食事摂取状況は体成分組成に影響を及ぼす可能性が示唆された。今回の2症例はどちらもレベルの高いスポーツ選手であったが、一般人よりも筋肉量が多く、基礎代謝量が高いため、一般人よりも多くのエネルギーが必要となる³⁾。症例1の入院中の食事は、推定エネルギー必要量が約2,183kcalに対して、1,800kcalの一般成人食が提供されていた。補食により、多少は補填していたが、最終的にはエネルギー摂取量不足が原因で、筋肉量の減少に伴う体重低下に繋がったと考えられた。一方、症例2では、推定エネルギー必要量が約2,349kcalに対して、患者自らの選択によって2,600kcalのスポーツ整形外科食⁴⁾が提供されていた。また、補食のエネルギー摂取量を含めると推定エネルギー必要量は充足していた。そのため、筋肉量の減少がなく、術前の体重を維持できていたと考えられた。補食も含めたエネルギー摂取量は、推定エネルギー摂取量よりも2週間で10,466kcal多く摂取されていたため、体重が増加する可能性も考えられた。しかしながら、体重にほとんど変化が見られなかったため、ACL再建術後は、手術侵襲による出血や創傷治療により、エネルギー必要量が増大している可能性が示唆

された。今後、症例数を増やし、筋肉量を維持するためのエネルギー必要量や食事内容と共に、血液生化学検査なども含めた検討を行う予定である。

結 語

スポーツ選手にとって早期復帰のためには、入院期間中の筋肉量の減少を防ぐことが重要であり、推定エネルギー必要量を満たす適切な指示エネルギー量の食事を提供することで、筋肉量の減少を防げる可能性が示唆された。

参考文献

- 1) Iwamoto J, Takeda T, Sato Y et al : Retrospective case evaluation of gender differences in sports injuries in a Japanese sports medicine clinic. *Gend Med*, 5 (4) : 405-414, 2008.
- 2) 東宏一郎ら：膝前十字靭帯再建術前後での持久性体力及び体組成の評価. *日本臨床スポーツ医学会誌*, 21 : 370-376, 2013.
- 3) 目加田優子ら：スポーツにおけるエネルギー代謝とエネルギー需要：臨床スポーツ医学臨時増刊号. 2009年，文光堂，東京.
- 4) 吉田真佐子：アスリートのための栄養管理. *整形外科看護*, 15 : 20-23, 2010.

大学男子バスケットボール選手の持久的体力指標及び POMSテストと傷害の関係について

大阪産業大学大学院 人間環境学研究科
大阪産業大学 人間環境学部

露口 亮太
瀬戸 孝幸・仲田 秀臣・大槻 伸吾・
佐藤 真治・田中 史朗

目 的

近年、バスケットボールのゲームは高度に戦略化しており、プレイヤーの役割もポジション毎に専門化している^{1,2)}。その結果、おのずとポジションごとに必要とされる体力も異なると推察される。そのことについて加藤らは、女子選手において、体力（最大酸素摂取量）はセンターおよびガードが高く、フォワードが最も低いことを報告している³⁾。そこで、男子大学バスケットボール選手を対象に、ポジション毎の持久的体力の比較を行い心理的要素と傷害の関連性を検討した。今回、持久的体力の指標として最高酸素摂取量（PeakVO₂）と無酸素性作業閾値（AT）を測定した。心理的要素としてはPOMS短縮版（Profile of mood states 気分プロフィール検査）を用いた。

対 象

関西学生連盟バスケットボールリーグ1部に所属の某男子大学バスケットボール選手合計17名。ポジション別対象者は、ポイントガード（PG）4名・シューティングガード（SG）4名・スモールフォワード（SF）2名・パワーフォワード（PF）4名・センター（C）3名。

方 法

持久的体力を測定するため心肺運動負荷試験（CPX）を実施した。CPXの結果から酸素運搬能の指標として最高酸素摂取量（PeakVO₂）を酸素利用能の指標として無酸素性作業閾値（AT）を求めた。なお、心肺運動負荷

試験の運動負荷装置にはエルゴメーター（コンビ社製、AEROBIKE 75XL3）を用い、プロトコルはランブ30ワット/分とした。また、呼気ガスの採取および分析にはAE-310sAEROONITOR（ミナト医科学株式会社、大阪市淀川区）を用いた。

次に日本語版POMS短縮版を実施した。6つの因子（緊張-不安（T-A）・抑うつ-落込み（D）・怒り-敵意（A-H）・活気（V）・疲労（F）・混乱（C））の測定を行い、傷害調査との関係性を調査した。全てのデータは平均値±標準偏差で示した。統計処理にはSPSS（SPSS Japan Inc.）を使用し有意水準は危険率5%未満とした。

結 果

対象の体格では、一元配置の分散分析の結果、ポジション毎の身長に有意な主効果を認めた（ $p=0.01$ ）。多重比較検定の結果、PG vs C（ $p=0.02$ ）に有意な差を認められ（表1）、PGについては他のポジションに比べて有意に身長が小さかった。またポジション毎の体重で有意な主効果を認め（ $p=0.01$ ）、PGとSGについては他のポジションに比べて有意に体重が軽かった（表1）。

ポジション毎のCPXのPeakVO₂の一元配置の分散分析の結果、ポジションに有意な主効果を認めた（ $p=0.04$ ）。また、多重比較検定の結果、PG vs PF（ $p=0.03$ ）に有意な差を認めた。次にポジション毎のCPXのATの一元配置の分散分析の結果では、ポジションに有意な主効果を認めた（ $p=0.001$ ）。また、多重比較検定の結果、PG vs PF（ $p=0.01$ ）、PG vs C（ $p=0.03$ ）、SG vs PF（ $p=0.02$ ）、SG vs C（ $p=0.05$ ）、SF vs PF（ $p=0.01$ ）、SF vs C（ $p=0.03$ ）に

表1. 対象の体格の平均値一覧（n=32名）

ポジション	年齢(歳)	身長(cm)	体重(kg)	BMI
PG	19.8±0.96	172.0±3.74*	66.5±4.12*	22.5±1.63
SG	19.3±0.96	177.0±2.94	66.3±5.19*	21.2±2.22
SF	20.0±0.00	185.0±2.83	80.0±2.83	23.4±0.11
PF	20.0±0.00	185.3±2.63	84.8±4.65	24.7±1.38
C	19.0±1.00	192.3±1.15	82.0±4.58	22.2±1.21

(平均±標準偏差)
(* $p<0.05$)

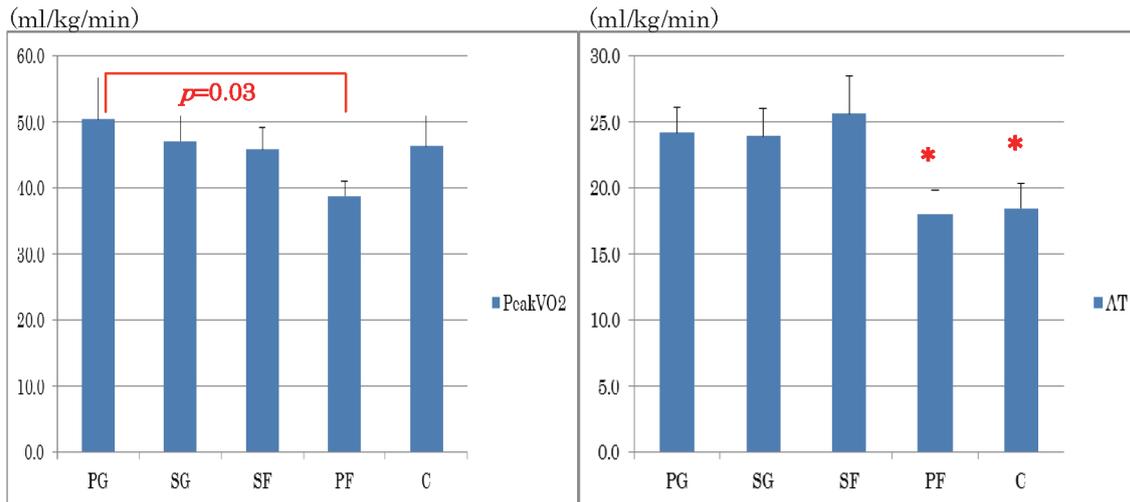


図1-1. ポジション毎のPeakVO₂値
PFはPGに比べて有意にPeakVO₂値が低かった ($p=0.03$).

図1-2. ポジション毎のAT値
PFとCはPG, SG, SFよりもAT値が有意に低かった ($*p<0.05$).

有意な差を認めた (図1-1, 1-2).

ポジション毎にPeakVO₂とATの値を観察すると、PGはATとPeakVO₂の両方が高かった。またSGとSFはATが高く、PeakVO₂は標準的であった。PFについてはATとPeakVO₂が共に低い結果となり、CはATが低くPeakVO₂は標準的であった (図2)。

傷害の有無とPeakVO₂及びATの関係についても検証を行ったが今回のデータでは有意な相関は認められなかった。

17名中11名が傷害を有し、ヘルニア、腰痛、右膝後十字靭帯損傷、左膝蓋骨骨折、右膝膝蓋下脂肪体炎、坐骨神経痛、両肩関節唇損傷、両膝オスグット病、ジャンパーズニー、足関節捻挫、リスフラン関節挫傷であった。

日本語版POMS短縮版と傷害の有無との関係では、怒り一敵意 (A-H) のスコアには傷害の有無より有意な差が認められ ($p=0.05$)、疲労 (F) のスコアでは傷害の有無により差が出る傾向が認められた ($p=0.09$)。ポジション毎とPOMSの各因子のスコアとの間には有意な相関は認められなかった (図3)。

考 察

ATはSFが最も高く、PFが最も低かった。PeakVO₂はPGが最も高く、SFが最も低かった。ポジション毎の持久的体力の比較を試みた結果、PeakVO₂およびATともにポジション毎に有意な差を認めた。また先行研究によると

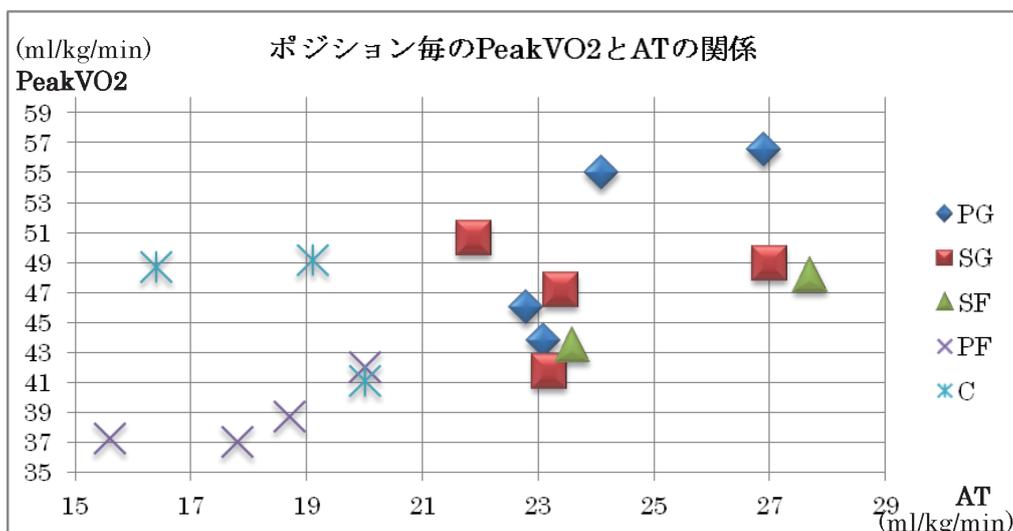


図2. ポジション毎のPeakVO₂とATの結果

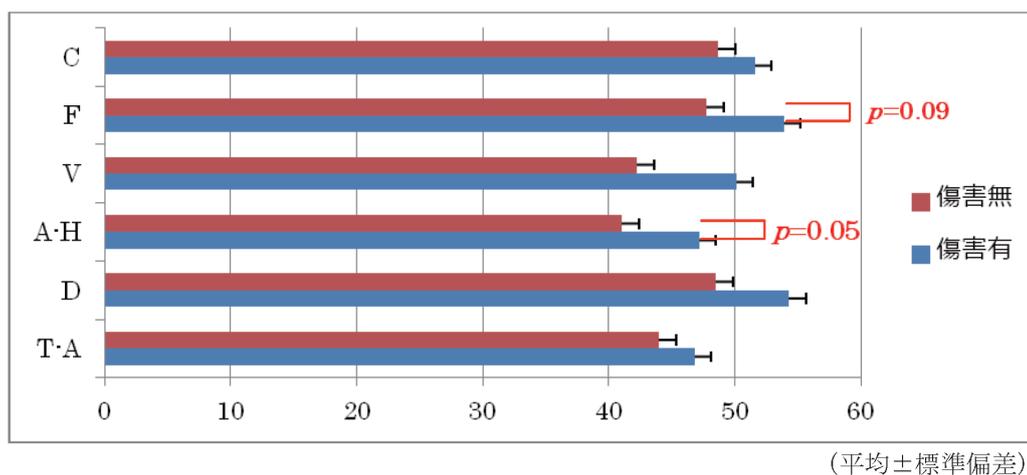


図3. 日本語版POMS短縮版と傷害の有無の結果の比較

バスケットボール愛好者の持久的体力をCPXにより明らかにし、ポジション毎で持久的体力が大きく異なることを報告⁴⁾しており、我々の結果と一致している。

ポジション毎の持久的体力特性を個別に観察すると、PGは他のポジションと比べて、酸素運搬能・酸素利用能が共に高かった。PGはコートを縦横に走り回り、最も運動量が豊富なポジションとされていることからこの結果は妥当であると考えられる。一方、PFは酸素運搬能・酸素利用能が共に低かった。このことは、PFは試合中にコートを利用する範囲が狭く、運動量が少ないことから説明できる。また、興味深いことに、Cは酸素運搬能が標準的であったにも関わらず酸素利用能は低かった。Cのポジションの特徴としてゴール下での激しいコンタクトプレイが求められるので瞬間的なパワーが必要であるが、持続的に力を発揮するプレイが少なく、CはSFなどと比べると、高い酸素利用能（脂質を利用し長く力発揮できる能力）は求められていないかもしれない。

POMSの結果と傷害の有無の関係では、怒り-敵意(A-H)のスコアは傷害の有無で有意な差を認めた($p=0.05$)。これは自分自身が傷害を有しているため思い通りプレイできないという不満に対するものと考えられる。疲労(F)のスコアが傷害の有無により差がある傾向が認められたが($p=0.09$)、これは疲労感が高いと受傷の危険性が高くなるためではないかと考えられる。

まとめ

バスケットボール選手の持久的体力の特性を明らかにするためにCPXは有用であると考えられた。また、POMS短縮版の結果、怒り-敵意(A-H)と傷害の有無に関連性が見られ、疲労(F)と傷害の有無に関連がある可能性が示唆された。本研究の限界としては、例数が少ないことが上げられる。また、今回エルゴメーターを用いてCPXを実施したが、走るというバスケットボールの競技特性を考えると、トレッドミルを用いることが望ましい。今後更に検討を加えたいと考えている。

参考文献

- 1) 一井博：バスケットボールにおける各ポジションの技術と役割：大阪市立大学保健体育学研紀要6号，77-84，1970年評価に関する形態学的検討
- 2) 佐藤かおる，河野一郎，田中敏博，笠原成元：ポジション特性からみたバスケットボール障害の分析：日本体育学会大会号(42B)，710，1991-09-10。
- 3) 加藤雅規，伊藤篤司，飯本雄二，松岡孝博，山根真紀：バスケットボール女子日本リーグ機構所属チームのポジション別体格および体力の水準について：中京女子大学研究紀要，第42号，99-113，2008。
- 4) 飯田泰介，佐藤真治：一般バスケットボール愛好者におけるポジションと持久的体力の関係（心肺運動負荷試験の結果から群分けして考える）

一般市民ランナーにおける妥当な週間トレーニング回数と月間走行距離について ～ランニング傷害のアンケート調査より～

株式会社ブルーミング 高尾 憲司
 大阪産業大学大学院 人間環境学研究科 濱口 幹太
 大阪産業大学 人間環境学部スポーツ健康学科 大槻 伸吾・田中 史朗
 大阪府立大学 総合リハビリテーション学部 堀部 秀二

背景

近年、わが国では高齢化が進行し、要介護者や生活習慣病が増加している。一方、要介護予防や生活習慣病の発症予防に身体活動・運動が有効な手段であることが、多くの研究から明らかにされている。

ジョギングやランニングは一定の体力さえあれば、日頃運動不足にある中高年者においても手軽なスポーツとして楽しむ人も多く、日本各地では市民を対象にしたマラソン大会も多く開催されている。そのため、参加者の年齢層は若者から高齢者と幅広く、有疾病者やマラソン初心者など多彩になってきている。このような環境の下では、スポーツに伴う傷害により身体面・精神面にマイナスの影響をもたらすケースも増加している。運動やスポーツは生涯にわたり継続することに大きな意義があるが、参加者の中にはスポーツ傷害のためにその継続が困難となる例も少なくない。したがって、今後高齢化がさらに進行するわが国においてはスポーツに伴う傷害予防対策は重要な課題の一つであると考えられる。

しかしながら、一般市民ランナーにおけるランニング傷害の実態については必ずしも詳細が明らかにされているわけでない。そこで本研究はランニングセミナーにおけるアンケート調査から一般市民ランナーにおけるランニング傷害予防の実態を明らかにし、傷害予防のための妥当な週間トレーニング回数と月間走行距離を検討することを目的とした。

方法

対象者は平成23年に実施されたランニングセミナーに参加した一般市民ランナーで、ランニング傷害に関するアンケート調査に同意を得られた100名とした。

アンケート調査の項目は年齢、性別、傷害発生部位、週間トレーニング回数、月間走行距離とランニング歴とした。表1に、対象者の性別、年齢、ランニング歴を示す。

ランニング傷害は、疼痛のためランニング中止やトレーニング量の減少を余儀なくされたものをランニング傷害ありとした¹⁾。ランニング傷害予防のための妥当なトレーニ

表1. 被験者の特性

項目	全体	男性	女性
被験者数(名)	100	52	48
年齢(歳)	44.5±10.2	45.2±11.6	43.7±8.4
ランニング歴(年)	7.4±8.1	9.6±9.4	5.1±5.6
月間走行距離(km)	143.3±95.3	186.9±98.3	96.1±65.4

mean±SD

ング内容を検討するために、対象者をランニング「傷害あり」と「傷害なし」の2群に分類し、各々の週間トレーニング回数と月間走行距離について比較検討した。尚、統計処理は対応のないt検定を行い、有意水準は5%未満とした。

結果

ランニング傷害は100名中76名(76.0%)に認め、男性が52名中43名(82.7%)、女性48名中33名(68.8%)と男女とも高頻度に認めた。

傷害発生部位では全体で112件であり、膝関節が39件(34.8%)と最も多く、次いで足部26件(23.2%)、下腿部14件(12.5%)の順であった。

週間トレーニング回数において、傷害あり(3.4±1.6回)は傷害なし(2.3±1.5回)に比べ有意に多かった。男女別に見てみると男性傷害ありは3.9±1.7回、傷害なしは3.6±1.7回であり、女性傷害ありは2.8±1.2回、傷害なし1.6±0.7回であった。

また、月間走行距離においても、傷害あり(157.9±94.9km)は傷害なし(97.2±82.8km)に比べ有意に長かった(p<0.01)。男女別に見てみると男性傷害ありは193.0±97.9km、傷害なしは157.8±100.8kmであり、女性傷害ありは112.1±68.9km、傷害なし60.9±41.0kmであった(図1)。尚、女性のみ有意な差を認めた。

受傷時におけるランニング歴は5年未満で52名(68.4%)、5～9年で10名(13.2%)、10年以上で14名(18.4%)であり、5年未満が7割近くを占めていた。また、ランニング開始後5年未満の早期傷害は、開始年齢が高くなるにつれ多くなり、40歳以降にランニングを開始した者

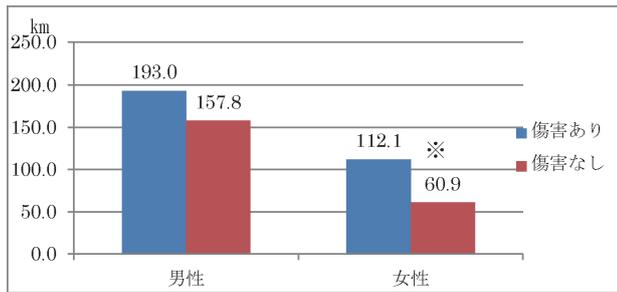


図1. 男女傷害有無別月間走行距離 (*: $p < 0.01$)

において半数以上の高頻度に認められた (20 歳代 40.0%, 30 歳代 40.0%, 40 歳代 66.7%, 50 歳以降 76.9%)。

考 察

今回、一般市民ランナーを対象にアンケート調査を行い、一般市民ランナーのうち何らかのランニング傷害を抱えていたのは76.0%と高頻度にみられた。ランニング傷害の先行研究によれば、一般市民ランナーにおけるランニング傷害は50%～80%の頻度で報告されており^{2,3)}、本研究でもそれらに近い結果であった。これらのことから、半数以上の一般市民ランナーは傷害を抱えながら走っていることになる。また、傷害部位に関しては膝関節に多く発生しており、男性、女性とも膝、足部など、下肢に傷害が集中していた。

ランニング傷害の原因はトレーニング内容、シューズや路面など外的要因と柔軟性やスポーツ傷害の既往などの内的要因に大別される。トレーニング要因にはウォームアップ不足、過度の練習量、急激なスピードや距離の増加などが挙げられ、中でも最も重要なリスク要因として走行距離が指摘されている^{2,3,4)}。そして習慣的にランニングを行っている中高年の一般市民ランナーではランニング傷害予防のためには約200km未満、女性では150km程度に留めるのが望ましいとされている⁵⁾。今回、スポーツ「傷害あり」と「傷害なし」で比較したところ、月間平均走行距離が男性では「傷害あり」群の平均は193kmと「傷害なし」平均158kmよりも大きい傾向を示し、女性では「傷害なし」群の61kmに対して「傷害あり」群では112kmと有意に大であった。また、トレーニング回数についても「傷害あり」では「傷害なし」に比べて週間トレーニング回数が有意に多かった。

走行距離が長く、トレーニング回数が多い者に傷害の発生が多いのは、練習量も含め強度の高いトレーニングを行っている可能性が推測される。この点については、ランニングがウォーキングに比べ体重の2～3倍の衝撃が加わ

るとされており、傷害が起きる要因として、膝や下肢への過度の負荷が繰り返されることがストレスとなり傷害に繋がっていると考えられた。以上のことから習慣的にランニングを実施する中高年においては、傷害予防の面からも男性では150km、女性では60kmを目安に留めるのが妥当ではないかと思われる。

一方、傷害時のランニング歴では5年未満の早期に起こしている者が半数以上を占め、しかもこれらの早期傷害例は、10年以上のランニング歴を持つ群では10年未満の群に比べ少なかった。また、5年未満のランニング傷害はランニング開始時の年齢が40歳以降に多く発生しており、早期における傷害予防対策がランニングを長期に継続させるために必要であることが示唆された。

今後、健康増進や疾病予防のために継続的なランニングを計画している一般中高年者については、正しいトレーニング方法や理論に基づく指導が望まれ、同時に健康運動指導士など運動専門指導者の指導を受けられる環境を整えていくことが重要だと思われる。

ま と め

一般市民ランナーを対象にスポーツ傷害に関するアンケート調査を実施した。

1. ランニング傷害は76.0%と高頻度に認め、男女ともに高頻度に発生した。
2. 週間トレーニング回数と月間走行距離において、傷害の有無で有意な差を認めた。
3. ランニング傷害の約7割がランニング開始5年以内に生じたものであり、とりわけ40歳以降にランニングを開始したもので高頻度であった。
4. 一般市民ランナー、とりわけ中年以降の例においては、傷害予防のための週間トレーニング回数は週2回程度、月間走行距離は男性150km、女性60kmを目安にするのが妥当ではないかと考えられた。

参考文献

- 1) Walter S et al: The Ontario Cohort Study of running-related injuries. Arch Inter Med 149: 2561. 1989
- 2) 今井寛ら: 市民ランニングチームにおけるランニング障害の疫学調査, 日本臨床スポーツ医学会誌18(1): 13-18. 2010.
- 3) 樽本つぐみら: 市民ハーフマラソン参加者のランニング障害に関する検討, 体力科学50: 988. 2001.
- 4) Epperly T et al: Epidemiology of running injuries. Text book of Running Medicine, Ed by O'Connor FG & Wilder RP. p1-9. 2001
- 5) 日本臨床スポーツ医学会学術委員会整形外科部会: 骨・関節のランニング傷害に対する提言(案). 日本臨床スポーツ医学会誌10(1): 183-188. 2002.

高校駅伝選手の体力と障害について

大阪産業大学大学院 人間環境学研究科 濱口 幹太
 大阪産業大学 人間環境学部スポーツ健康学科 仲田 秀臣・大槻 伸吾・田中 史朗
 株式会社ブルーミング 高尾 憲司

はじめに

長距離選手にとって、パフォーマンスの向上は最大の目的であるが、下肢にかかる負担が大きく障害発生の報告が多い⁴⁾。そこで今回高校駅伝部の体格・体力測定を行い、パフォーマンスと障害についての実態を調査した結果を報告する。

方 法

対象は、全国高校駅伝競走大会出場を目指している男子高校1年生(15.2±0.43歳)の駅伝選手14名であった。

測定項目は、体格要素として身長および体重を測定し、BMIを算出した。また、骨密度はアロカ社製AOS-100を用いてQUS法により測定し、出力された音響的骨評価値を同一年齢の標準値で除した割合(%)により評価した。さらに、体力要素として自転車エルゴメータを用いた心肺運動負荷試験(CPX)を実施し、無酸素性作業閾値(AT)、呼吸性代償開始点(RC)、最高酸素摂取量(Peak VO₂)、心拍出量(CO)、および最大仕事量(PWL)を測定した。なお、CPXにおける各項目はミナト社製のエアロモニタを用いて測定した。走タイム(3,000mおよび5,000m)については、日本陸上競技連盟が主催または共催する競技会の公認記録を採用した。

観察期間は平成23年4月から平成24年3月までの1年間とし、各種測定は平成23年7月および12月に2回実施した。

障害については、期間内に発生したすべてのランニング障害を記録し、その際必ずスポーツドクターによる診断および治療を受けさせた。

観察期間における主なトレーニング内容は、週2回の高強度なインターバル、週4回の低強度なロング・スロー・ディスタンス、および週1回の休養であった。

統計処理は、対応のあるt検定を用い、危険率は5%以下とした。なお、各測定値は平均値±標準偏差で示した。

結 果

体格要素では、身長および体重において有意な差が認められた。また、骨密度については有意差が認められなかった(表1)。

表1. 対象の体格および骨密度の変化

項目	平成23年7月	平成23年12月	p値
身長 (cm)	164.0±5.03	164.7±4.70	0.01*
体重 (kg)	49.9±4.99	50.5±4.48	0.02*
BMI (kg/m ²)	18.5±1.51	18.6±1.45	0.30
骨密度 (%)	104.5±14.90	106.9±17.34	0.35

骨密度 = (対象の測定値 / 同一年齢の標準値) × 100 (%)

n=14, mean±SD, *: p < 0.05

また、体力要素については、いずれも有意な差が認められなかった(表2)。

表2. CPXにおける各測定項目の変化

項目	平成23年7月	平成23年12月	p値
AT (ml/kg/min)	31.4±3.66	31.1±3.91	0.79
RC (ml/kg/min)	50.2±3.85	48.8±5.73	0.32
Peak VO ₂ (ml/kg/min)	58.1±5.60	60.4±4.36	0.20
CO (l/min)	10.9±0.43	11.0±0.45	0.24
PWL (watt)	247.6±54.54	265.2±35.79	0.18

n=14, mean±SD

3,000mまたは5,000mの走タイムについては、公認記録を有する7名で変化をみたところ、7名とも走タイムは短縮される傾向にあった(表3)。

表3. 3,000m および 5,000m 走タイムの変化

No	種目 (m)	平成23年7月	平成23年12月
1	3000	10分17秒53	9分42秒93
2		9分51秒91	9分21秒31
3		10分23秒97	9分50秒03
4		10分09秒57	9分28秒38
5	5000	15分47秒99	15分14秒37
6		16分18秒85	16分08秒00
7		15分53秒38	15分45秒88

また、公認記録を有する7名で体格要素と体力要素の変化をみたところ、体重、RC、およびPWLで有意な差が認められた(表4)。

表4. 公認記録を有する者7名の体格と体力の変化

項目	平成23年7月	平成23年12月	p値
身長 (cm)	164.1±5.00	165.0±4.31	0.07
体重 (kg)	50.3±5.07	51.2±4.45	0.04*
BMI (kg/m ²)	18.7±1.19	18.8±1.16	0.23
骨密度 (%)	96.6±9.26	96.4±7.32	0.81
AT (ml/kg/min)	32.7±4.02	31.2±4.57	0.42
RC (ml/kg/min)	49.5±4.65	52.0±4.03	0.03*
Peak VO ₂ (ml/kg/min)	56.8±3.71	60.9±5.41	0.06
CO (l/min)	11.0±0.32	11.0±0.30	0.69
PWL (watt)	250.4±27.75	268.1±36.80	0.04*

骨密度 = (対象の測定値 / 同一年齢の標準値) × 100 (%)

n=7, * : p < 0.05

観察期間中、ランニング障害は14名中2名に認められた。1名は労作性コンパートメント症候群の疑い、またもう1名は有痛性外脛骨症であった。前者は1ヵ月間トレーニングを中断し、ストレッチングおよびアイシングを施した。その後復帰したが、体格および体力測定値に大きな変化は認められなかった。後者は2ヵ月間トレーニングを中断し、前者と同様にストレッチングおよびアイシングを施し、アーチサポートを目的としたインソールを作成し様子を見た。その後回復傾向を示し、通常トレーニングに参加した。

考 察

最大酸素摂取量は全身持久力を示す有力な指標であることはよく知られている。松下らは、男子高校長距離ランナーにおける最大酸素摂取量は平均69.3ml/kg/minであると報告している¹⁾。また、綱分らの報告では、全国高校駅伝に出場した選手の最大酸素摂取量は平均66.4ml/kg/

minとしている²⁾。本研究では12月における最高酸素摂取量が平均60.4ml/kg/minを示したが、上述の報告よりも低い値であった。これは本研究における対象のパフォーマンスレベルが低いことが理由として考えられるが、自転車エルゴメータで測定した最大酸素摂取量はトレッドミルよりも5~20%低くなる³⁾ということを検討すれば、測定に用いたエルゴメトリの違いが差異をもたらした可能性も考えられた。また、7月はトラックシーズン、12月はロードシーズンの違いがあり、練習の内容が目標の大会に向けて違っていた。そのため、7月頃では速いスピードで走るインターバル系のトレーニングが増え、12月頃では長い距離を走るペース走系のトレーニングが中心であり、運動強度は7月に比べると劣っている。そのことから、最高酸素摂取量に有意に出なかったと考えられる。

スポーツ障害では今井らによると、駅伝選手で何らかの痛みを抱えているものが67.0%存在すると報告されている⁴⁾が、今回は14名中2名で14.2%とそれを下回る結果になった。その理由として、個人の競技レベルに合わせて、選手ごとにペース等を変えて練習を行っているため、障害発生率が低値になったのではないかと考えられる。

今後も体格・体力測定を長期的に行い、観察を継続し、パフォーマンスや障害の実態を調査していきたい。また、指導者が経験に基づくだけでなく、科学的根拠に基づいて指導できるように、安全で有効な長距離選手の指導に役立つ調査・研究を今後も行っていきたい。

参考文献

- 1) 松下美和ら：高校長距離ランナーの最大酸素摂取量。高知学園短期大学紀要, 第24号: 17-25, 1993.
- 2) 綱分憲明：高校長距離ランナーにおける身体組成, 最大酸素摂取量, 細最大酸素消費量および競技成績とその性差, 陸上競技研究, 第27号: 2-11, 1996
- 3) Wasserman k, whipp BJ: Exercise physiology in health and disease. Am Rev Respir Dis 112: 219-249, 1972.
- 4) 今井立史ら：駅伝選手における整形外科的メディカルチェック。山梨医学, 第23号: 209-211, 1995.