

陸上競技選手における強化合宿中のコンディション 指標としての筋硬度測定の可能性

塩田 徹

The usefulness of the muscle hardness measurement for the evaluation of
conditions in middle-distance runners during camp

SHIODA Toru

Abstract

The purpose of this study was to investigate the effectiveness of the muscular hardness measurement for the evaluation of the conditions. Muscular hardness, the weight, the pain of the gastrocnemius muscle, a fatigue degree, degree of the sleep lodging together were measured with eight university elite middle-distance runners during a camp period. Muscular hardness measured in the push-hit hardness meter (NEUTONE, Try-all, Japan). The results obtained were as follows.

During a camp period, the weight hardly changed. However, several players felt lack of sleep at the beginning of a camp. The pains of the gastrocnemius muscle increased without being influenced by contents of the training. On the other hand, the degree of fatigue and the muscular rigidity increased in comparison with the degree before the camp, but was reduced on the next day of light training. The muscular rigidity meter was able to confirm that it was effective for an evaluation of the condition. The muscular hardness meter showed degree of the muscle fatigue, and it was revealed that it could conjugate for maintenance of the condition.

I. はじめに

競技スポーツでは競技力の向上を高めるために、心身の状態を良好に保つことは非常に大切である。トレーニングと休養・睡眠および栄養の良好なバランスが保たれることで、十分な疲労回復が図られながら充実したトレーニングの実施が可能になるのである。そのため、選手はトレーニングに関する知識だけでなく、規則正しい生活習慣やストレス管理の重要性または適切な栄養摂取に

ついても指導されており、心身の状態が低下しないよう心掛けている。

ところで、学生スポーツでは練習の効率化を図るためや集中的に練習を行うために、夏期や春期の長期休業中に強化合宿を行うことが多い。当然ながら、合宿中の練習量や強度は日常のそれを上回ることになる。そのため、その期間中は、食事面や睡眠時間の確保だけでなく、ストレッチやマッサージ等に日頃よりも注意が払われている。しかしながら、練習量・強度が過重であるため、合

宿期間の後半は疲労の蓄積が激しくなるとともに障害の危険性が高まり、トレーニング内容の変更や量・強度の修正が行われることも多い。これらのことから、合宿期間中の疲労の程度を早期に把握し、コンディションの維持に留意することは、障害の予防だけでなく合宿の成果を高めるための重要な手段となることが指摘され、様々な方向から合宿中の疲労について検討されている^{1,5,11)}。

また、激しい運動後や疲労が蓄積すると筋肉が硬くなることは一般的に経験することであるが、筋の硬さの回復は筋疲労改善の有効な指標になることが近年報告されている²⁾。そして、この筋の硬さの客観的評価を目的に、携帯性や再現性に優れ現場で容易に使用できる筋硬度計が開発され^{2),17)}、コンディショニングへの活用が期待されている。

筋硬度と運動に関する研究では、一過性の筋運動で運動後に筋硬度が上昇すること^{2),17)}、筋運動による筋硬度の上昇は筋の収縮レベルに比例的に変化し低強度運動ではばらつきが大きく一定の変化を示さないこと¹⁶⁾、などが報告されている。

また筋疲労からの回復に関しては、マッサージ^{4),10)}やストレッチの有無⁹⁾およびストレッチ手法の違い¹⁸⁾による筋硬度の変化を分析し、マッサージやストレッチの有効性について報告している。さらに、成長期にあるスポーツ選手の筋硬度と障害発生との関係など、障害予防への筋硬度計活用の可能性に関する報告もみられる⁷⁾。

このように、筋硬度計の活用は、筋の状態を把握しコンディションを維持する有効な指標になることが推測されるが、その他のコンディショニングに関する指標とどのように関係しているのかについては必ずしも明らかにされていない。

これらのことから、本研究は、合宿期間の主観的な筋肉の痛みや疲労感などと共に筋硬度を測定し、強化合宿中のコンディショニングへの筋硬度

計活用の可能性について検討することを目的とした。

II. 方法

(1) 身体的特徴および競技成績

対象は、陸上競技800mまたは1500mを専門とする男子大学生9名を対象とし、全ての測定・調査を実施できた8名について分析した。8名の身体的特性は、年齢 19.3 ± 0.89 歳、身長 173.3 ± 5.06 cm、体重 59.5 ± 3.50 kg、体脂肪率 $7.9 \pm 1.99\%$ であった。体脂肪率はInBody730により測定した。

対象者の合宿前の競技成績（平成25年度）は、800mが 1 分 52 秒 3 ± 1 秒 9 （5名）、1500mが 3 分 50 秒 3 ± 2 秒 3 （4名）であり、学生トップクラスの競技成績を有していた（1名は両種目に出場した）。

(2) 調査方法およびトレーニング内容

平成24年3月に千葉県で行われた春期合宿中（5泊6日）に調査を実施した。

表1に合宿期間の行動内容を示した。朝練習は宿舎の前の砂浜で行い、専門走トレーニングは全天候型トラックを使用した。その他のトレーニングは内容に応じて、砂浜・アスファルト道路・室内などで実施した。また、夜間に時間（1時間）を設定し、ペアや一人でのストレッチやマッサージを行わせた。

筋硬度・体重測定および主観的項目の記入は、夜間睡眠が疲労回復に大きく影響することや、トレーニングにできるだけ支障がなく正確に計測・記入ができることを考慮し朝練習の前に実施した。合宿初日は、日常トレーニングを実施しているグラウンドに朝6時に集合し、測定および調査項目への記入を実施した。その後、朝練習・朝食をとり合宿先に出発した。合宿後はすぐに解散に

表1 合宿期間中の行動内容とトレーニング強度

	1日目	2日目	3日目	4日目	5日目	6日目
	測定（筋硬度・体重），調査項目記入					
朝練習 (05:50～07:10)	持久走，補強運動	(砂浜) 持久走，ダッシュ，補強運動	(砂浜) 持久走，ダッシュ，補強運動	(砂浜) 持久走，ダッシュ，補強運動	(砂浜) 持久走，ダッシュ，補強運動	ストレッチ
午前練習 (10:30～12:30)	[移動]	専門走トレーニング	動き作り，補強運動，ジョグ	補強運動	ストレッチ，散歩	専門走トレーニング
午後練習 (15:30～17:30)	(砂浜) 持久走，快調走	補強運動，軽いジョグ	専門走トレーニング	休養	専門走トレーニング	[移動]
夜間 (20:00～21:00)	ストレッチおよびマッサージ	ストレッチおよびマッサージ	ストレッチおよびマッサージ	ストレッチおよびマッサージ	ストレッチおよびマッサージ	
トレーニング強度	中強度	高強度	高強度	低強度	高強度	高強度

なったため、合宿後の測定はできなかった。また、主観的調査項目の中の「Q. 練習の調子」は午後練習後から夕食までの間に記入させた。

(3) 測定項目

下肢筋群の筋硬度，体重，およびコンディショニングに関する主観的項目について7段階評価法を用いて測定した。

主観的調査項目と回答基準は，選手が日常的なコンディションの維持に対して感じている事柄の中から，回答のしやすさや測定が煩雑にならないことなどを勘案し以下の4項目とした。

- ①睡眠充足度：（1点：非常に不足，2点：かなり不足，3点：少し不足，4点：どちらともいえない，5点：少し足りている，6点：かなり足りている，7点：非常に足りている）
- ②下肢筋群の痛み（張り感）：（1点：痛みなし，2点：違和感，3点：少しはっきりした痛み，4点：もう少しはっきりした痛み，5点：はっきりとした痛み，6点：強い痛み，7点：我慢できない痛み）
- ③疲労感：（1点：非常に疲れている，2点：

かなり疲れている，3点：少し疲れている，4点：どちらともいえない，5点：どちらかという疲れていない，6点：疲労感はほとんどない，7点：疲労感は全くない）

- ④練習時の調子：（1点：非常に悪い，2点：かなり悪い，3点：少し悪い，4点：どちらともいえない，5点：少し良い，6点：かなり良い，7点：非常に良い）

(4) 筋硬度の測定

対象者を床に敷いたマット上に腹臥位で安静にさせ，押し込み式筋硬度計（NEUTONE：TRY-ALL社製：図1）にて測定した。測定は，先行研究¹⁰⁾に従い垂直に3回押し込みを行い，各回で得られた値の平均値を測定値とした。本研究で使用した筋硬度計は，同一測定者による測定において非常に高い再現性と妥当性が認められるとともに，皮下脂肪の影響を考慮せずに結果の分析が可能であることが報告されている¹⁰⁾。そのため，測定方法に十分に習熟した1名がすべての測定を行い，結果をそのまま分析に使用した。

測定部位は，左側腓腹筋外側頭・内側頭，筋腱移行部とした。腓腹筋内側頭・外側頭の測定ポイ

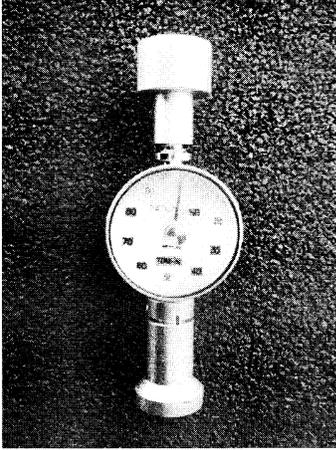


図1 筋硬度計

ントは膝窩皮線より5横指下の内側筋腹部・外側筋腹部とし、筋腱移行部は膝窩皮線と踵の線分を3等分した遠位1/3部とした(図2)。測定部位をすべての測定で同一にするため、油性マジックにてマーキングした。

(5) 統計処理

得られた測定値は、全て平均値±標準偏差で示し、統計分析にはIBM SPSS Statistics Ver.21を用いた。各測定値の時系列的な平均値の比較検定には、反復測定一元配置分散分析を行い、有意差が認められた項目についてBonferroniの多重比較を行った。結果の優位性についてはいずれも5%未満の危険率で判定した。

Ⅲ. 結果

(1) 体重

合宿期間中の体重の平均±標準偏差は、初日から順に $59.8 \pm 3.6\text{kg}$, $59.8 \pm 3.6\text{kg}$, $59.6 \pm 3.6\text{kg}$, $59.2 \pm 3.8\text{kg}$, $59.6 \pm 3.5\text{kg}$, $59.7 \pm 3.7\text{kg}$ であり、ほとんど変化がなかった($F=1.509$, ns)。

(2) 主観的調査項目

合宿期間中の主観的項目である睡眠の充足感、

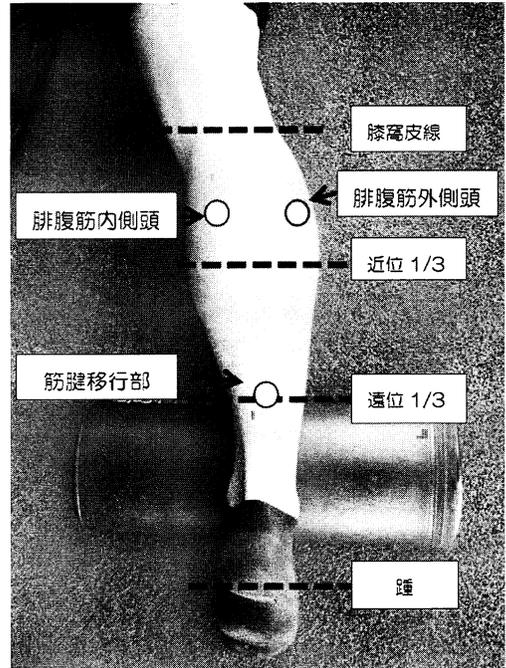


図2 筋硬度の測定部位

下腿の痛みの感覚、疲労感、およびトレーニング時の調子における平均±標準偏差の経時的な変化を図3～6に示した。反復測定一元配置分散分析の結果、すべての項目で有意差が認められた(睡眠の充足感： $F=3.066$, $P<.05$, 下腿の痛み： $F=17.397$, $P<.01$, 疲労感： $F=7.080$, $P<.01$, 練習時の調子： $F=9.489$, $P<.01$)。

睡眠の充足感は、2日目と3日目に比較的低い値を示すものの(4.0 ± 1.69 , 4.5 ± 1.77)、合宿後半である4日目以降に改善していた。しかしながら、多重比較の結果では有意差が認められず、各測定時の睡眠の充足感の差は有意ではなかった(図3)。

下肢の痛みの感覚は、合宿初日の 1.8 ± 0.71 から6日目の 4.5 ± 1.20 まで合宿が経過するに従い直線的に上昇した。多重比較検定によると、初日の値に比較して4日目以降は有意な上昇であり(1.8 ± 0.71 vs 3.5 ± 1.41 , 3.9 ± 0.99 , 4.5 ± 1.20)、5日目以降の結果は2日目に比べても有

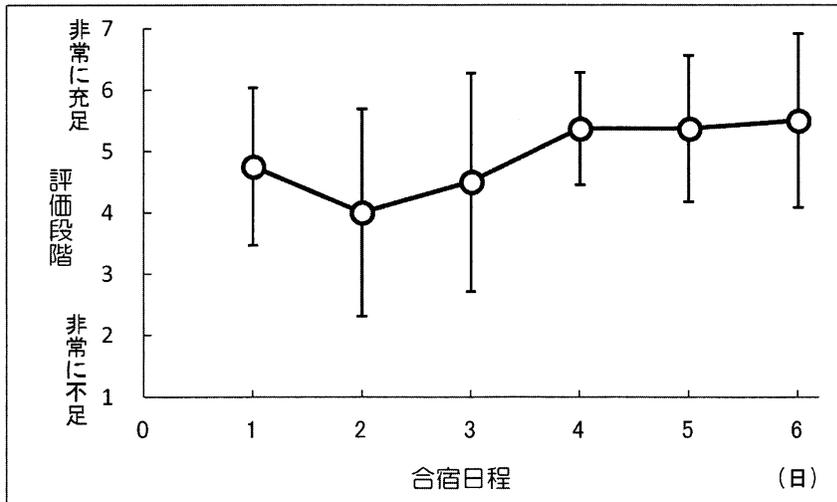


図3 睡眠の充足感の推移

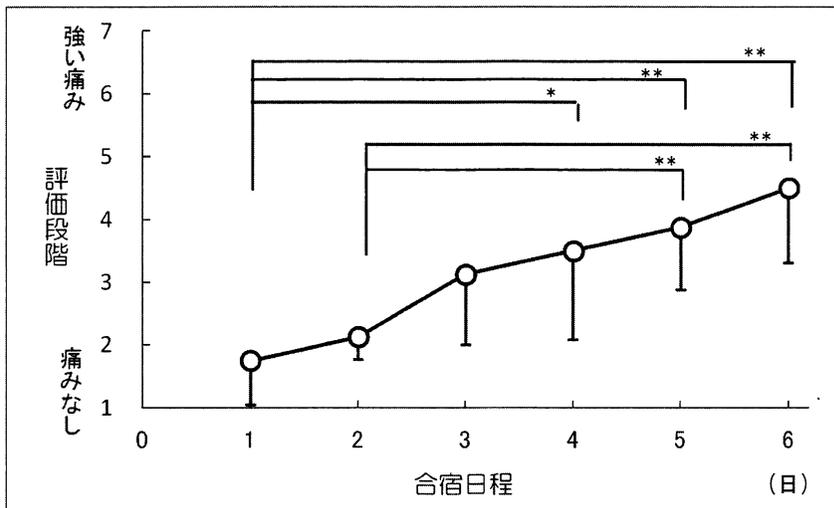
* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

図4 主観的な下腿の痛みの推移

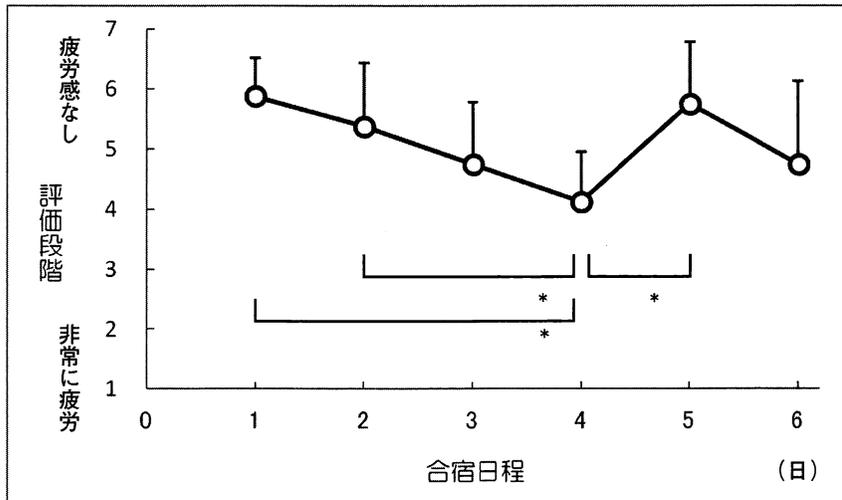
意な上昇であった (2.1 ± 0.35 vs 3.9 ± 0.99 , 4.5 ± 1.20) (図4)。

疲労感とトレーニング時の調子は同様の推移を示していた。すなわち4日目までは疲労感・トレーニング時の調子ともに悪化し、その後5日目に改善し、6日目にまた悪化する傾向にあった。多重比較検定によると、疲労感では初日・2日・5日目に比較して4日目が有意な悪化であった (5.9 ± 0.64 , 4.8 ± 1.04 , 5.8 ± 1.04 vs $4.1 \pm$

0.83) (図5)。トレーニング時の調子では初日に比較して3日・4日・6日目が有意な悪化であった (5.0 ± 0.93 vs 3.1 ± 1.36 , 3.4 ± 1.30 , 3.5 ± 1.41) (図6)。

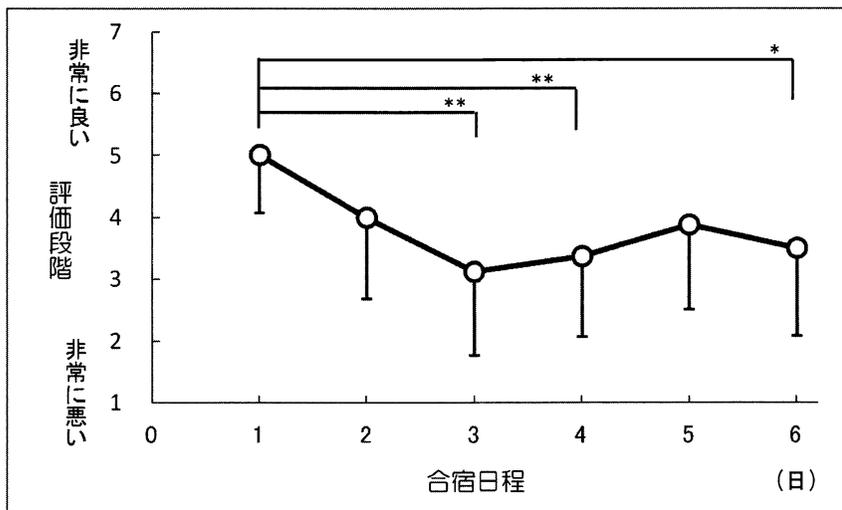
(3) 筋硬度

各筋の初日の筋硬度測定値を100%として算出した各筋硬度の平均±標準偏差を図7, 8に示した。



*p<0.05, **p<0.01

図5 疲労感の推移



*p<0.05, **p<0.01

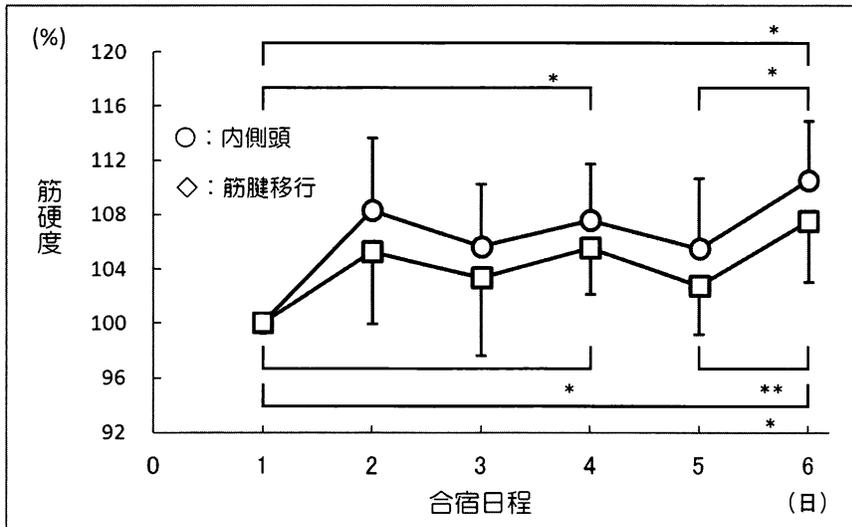
図6 練習時の調子の推移

各筋の値は、腓腹筋内側頭が2日目以降順に108.3±5.4%，105.6±4.6%，107.6±4.2%，105.5±5.2%，110.5±4.4%であった。腓腹筋筋腱移行部が順に105.3±5.3%，103.4±5.7%，105.6±3.4%，102.7±3.5%，107.5±4.5%であった。腓腹筋外側頭が順に102.8±7.9%，100.3±8.4%，103.5±9.5%，100.5±5.4%，104.9±9.8%であった。

反復測定一元配置分散分析の結果では、腓腹筋

内側頭および腓腹筋筋腱移行部で有意差が認められ(内側頭:F=8.480, P<.01, 筋腱移行部:F=3.567, P<.01), 腓腹筋外側頭には有意差は認められなかった(F=1.795, ns)。

多重比較検定による各測定時の差は、腓腹筋内側頭および腓腹筋筋腱移行部の両部位とも、初日と4日・6日目, 5日目と6日目の間に有意差が認められた(図7)。



* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

図7 腓腹筋内側頭と腓腹筋筋腱移行部の筋硬度の変化

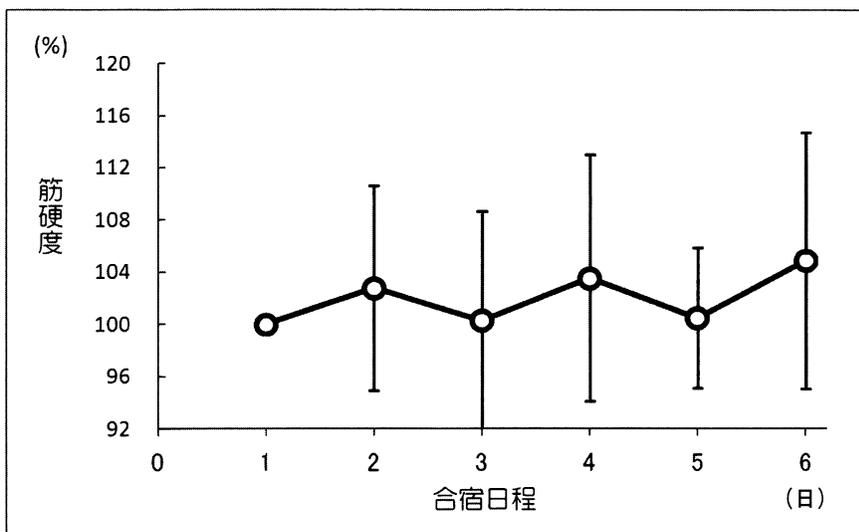


図8 腓腹筋外側頭筋硬度の変化

IV. 考察

体重計測は、発汗による脱水を示唆する指標として、スポーツ選手のコンディショニング評価に一般的に用いられている。本合宿実施時期は3月で比較的気温が低く、トレーニングに高強度短時間の内容が多いことから、発汗による脱水の危険性よりも食事や間食の取り過ぎを留意しての体重

測定であった。今回対象者の体重にほとんど変化がなかったことから、1日を通しての水分摂取や食事に大きな問題はなかったと推測される。しかしながら、夏期強化合宿中の体重変化をみた報告^{6,8)}においても、トレーニング前後に大きな体重の減少を示した選手でも24時間後には元の体重に戻っていたことを報告している。そのため、1日1度の体重測定ではトレーニング時の発汗による

疲労蓄積の程度を推測することはできず、コンディションを管理するためには不十分であった可能性が残る。

睡眠が疲労回復に重要なことに議論の余地はない。本調査の結果では、合宿の後半には睡眠の充足感に比較的良好な結果であったものの、前半では不足感を訴える学生も数名おり個人差も比較的大きかった。特に、平均値が最も低かった2日目は、2：かなり不足が2名、3：少し不足にそれぞれ2名が回答した。学生の合宿中においては役割分担が学年間で異なることが多く、疲労蓄積にも学年間の差異が認められている¹⁵⁾。本調査では少数の合宿であり明確な役割分担も存在しなかったため、疲労に関する主観的項目に学年間の違いは見当たらなかった。今回の合宿は、近隣県での実施であり、また初めての合宿地ではなかったものの、睡眠に関しては環境への適応に数日かかる可能性があること、およびその適応に個人差があることなどが示唆された。

その他の疲労に関する主観的な項目では、下腿の筋肉痛は合宿の経過とともに亢進していたが、疲労感やトレーニング時の調子には、5日目に一時的な改善が認められた(全体的には悪化の傾向)。本合宿のトレーニング強度は、初日が移動を含んだ比較的軽いもので、2日目と3日目は高強度のトレーニングであったが、4日目は疲労回復を目的とした低いものであった。そのため主観的な疲労感やトレーニング時の調子に回復が生じたものと思われる。ところで、5日目の測定には、反省の中に「筋肉痛があったが走り出したら脚が良く動いた」との報告がみられた。筋肉痛が亢進していたにもかかわらずトレーニング時の調子の推移に差異が認められた。筋肉痛の原因としては筋肉そのものではなく、筋を取り巻く結合組織の損傷・炎症が有力視されているが、メカニズムは必ずしも解明されていない^{13,14)}。また、鍛錬

者と非鍛錬者に相対的負荷を同一にした高強度運動を行わせ、両群の筋損傷と筋肉痛の程度を比較した報告によると、筋肉痛は両群とも同様に上昇したが、筋損傷は非鍛錬者のみで認められ、鍛錬者には変化が認められなかったという¹³⁾。すなわち、主観的な筋肉痛は筋肉の状態を正確に反映しない可能性があり、そのため筋肉痛と全身的な疲労感やトレーニング時の調子の推移に違いが生じたものと思われる。ただし、当然ながら筋・腱などに損傷が生じた場合にも筋肉痛は生じ、ダッシュなどの全力走などでは下腿の筋損傷は生じやすい。したがって、痛みの感覚が疲労蓄積の重要な指標の一つであることは変わらないであろう。

本調査は、疲労に関する主観的な指標と筋硬度の関係を検討し、コンディショニングに対しての筋硬度測定の有効性について考察することを目的としている。筋硬度変動の要因としては、運動刺激や代謝産物蓄積による血液循環量の増大やリンパ管での組織液回収の遅れなどによる組織容積変化が主な要因であると考えられている¹⁶⁾が、それ以外に高強度刺激による筋損傷などの構造的変化や筋短縮の影響についても検討されている¹²⁾。また、運動による筋硬度変動については、一過性の運動により上昇するものの運動終了後は速やかに回復し、1時間以内には元のレベル以下になることが報告されている^{2,10)}。しかしながら、それらの報告で採用されている運動は比較的強度が低いものや等尺性運動によるものが多く、実際のトレーニングでの筋活動とは異なることが多いと考えられる。試合が連続したときのサッカー選手の筋硬度を測定した報告³⁾では、試合中に多くの負担がかかる大腿部内転筋で測定期間中を通して有意な高値を示している。本研究においても、測定部位すべてで筋硬度が上昇しており、特に腓腹筋内側頭と筋腱移行部においては有意な上昇であった。また、2日目に有意でないものの急な筋硬度

の上昇を認めたが、これは初日の午後に行った慣れない砂浜での持久走で予想以上の負担が下腿にかかっていたことを反映しているのかもしれない。さらに、前日の午後にジョグなどの軽いトレーニングであった3日目と5日目の筋硬度が前日の値よりも下がる傾向にあった。この変化の原因について明らかにすることはできないが、ジョグなどによる血液循環の亢進が下腿の代謝産物や組織液回収に影響し、そのことが組織容積を減少させ筋硬度を軽減させた可能性が考えられる。いずれにしても、押し込み式の筋硬度計は測定部位の疲労蓄積や軽減を反映し、コンディショニングの重要な一指標になると思われる。

今回、主観的なトレーニングに関する各指標および筋硬度の合宿期間中の推移を分析することでお互いの関係について考察しようとしたが、各指標の推移に一定の傾向は認められず明らかな関係を認めることはできなかった。今後は、対象者を増やすとともに、測定部位を変えるなど、コンディショニングに対しての筋硬度計の活用に関しては今後も検討の余地が残ると思われる。

V. 要約

本研究は、陸上競技合宿中のコンディショニングに対しての筋硬度計活用の可能性について検討することを目的に、合宿期間の筋硬度を主観的な筋肉の痛みや疲労感などと共に測定した。対象者は大学トップレベルの男子中距離選手8名であった。以下のような結論が得られた。

- 1) 体重には変化がみられなかった。
- 2) 合宿開始直後は睡眠の充足感で不足する傾向が認められ、合宿環境への適応に個人差があった。
- 3) 下腿の筋肉痛は合宿でのトレーニング内容にかかわらず合宿の経緯と共に亢進していた。一方、疲労感やトレーニング時の調子は、合

宿中に悪化するもののトレーニング内容にも影響され、軽いトレーニングの後は一時的に回復していた。

- 4) 筋硬度は押し込み式筋硬度計 (NEUTONE: TRY-ALL 社製) にて測定した。その結果、合宿中に上昇しさらにトレーニング内容を反映する可能性を示唆した。したがって、筋硬度計は測定部位の疲労蓄積や軽減を反映し、コンディショニングの重要な一指標となるものと考えられる。

<参考文献>

- 1) 橋口剛夫, 内田勇人, 上平雅史, 小川幸三, 諸富嘉男 (1988): 大学野球部選手の合宿練習時における疲労について, 日本体育大学紀要17 (2), 63-68.
- 2) 堀川浩之, 佐藤三千雄, 中野雅之, 松橋明宏, 佐藤孝雄, 松石純, 久光正 (1997): 等尺性最大脚伸展動作が筋硬度に及ぼす影響, 臨床スポーツ医学14 (5), 573-578.
- 3) 堀川浩之, 朝比奈茂, 佐藤三千雄 (2003): サッカー選手の連続試合が筋硬度に及ぼす影響, 昭和大学教養部紀要34, 19-23.
- 4) 小粥隆司, 松本孝朗, 小坂光男 (2009): 3分間の高強度運動後の柔捏法マッサージ施術とその施術タイミングが疲労とその後の運動パフォーマンスに及ぼす影響, 日本運動生理学雑誌16 (1), 1-7.
- 5) 市原勝彦, 奥本正, 得本啓次, 新畑茂充 (2002): 生理的および心理的指標からみた大学レスリング選手のコンディショニング, 総合人間科学第2巻第1号, 71-82.
- 6) 伊藤マモル, 上岡尚代, 山本利春, 和田武真, 藤野大樹, 岡田尚之 (2013): フェンシング選手の夏季合宿中の体重, 水分摂取, 鼓膜温, 法政大学体育・スポーツ研究センター紀要31, 35-44.
- 7) 伊藤慧, 木下裕光, 宮川俊平, 向井直樹, 白木仁, 竹村雅裕, 福田崇 (2006): 成長期の膝伸展機構における筋硬度と障害発生との関連, 体力科学55 (6), 875.
- 8) 樹森大介, 上条隆 (2012): 高校サッカー選手の夏季合宿におけるコンディショニングについて, 群馬大学教育学部紀要 第47巻, 87-97.
- 9) 木村篤史, 松本和久, 池内隆治 (2007): 運動負荷後のストレッチングが筋硬度に及ぼす影響, 明治鍼灸医学 第40号, 29-37.
- 10) 肥田朋子, 天野幸代 (2010): 筋硬度計による生体の硬さ測定-再現性と妥当性と有用性-, 名古屋学院大学論集 人文・自然科学編 第46巻第2号, 55-

- 61.
- 11) 養内豊 (2007) : 夏季合宿期間中における疲労度の変化 精神的疲労と身体的疲労, 北星論集 (文) 45 (1), 59-70.
 - 12) 村山光義, 米田継武, 河合祥雄 (2005) : 一過性の筋疲労時の筋硬度変動の要因, 体力科学54 (6), 451.
 - 13) 野坂和則 (2009) : 筋損傷, 筋肉痛と筋の適応. 宮村実晴編集: 身体トレーニング, 真興交易医書出版部, 東京, pp168-175.
 - 14) 鹿倉二郎 (2011) : 筋力・筋力トレーニング. 桜庭景植編集 (2011) スポーツ診療 Q&A, 全日本病院出版会, pp34-40.
 - 15) 時安利栄, 円吉夫, 西條修光 (1995) : アメリカンフットボール部の夏期合宿中における POMS の変化- 1年生と4年生の比較-, 日本体育大学紀要24 (2), 83-87.
 - 16) 内山孝憲, 大杉健司, 村山光義 (2006) : 押し込み反力計測による筋の硬さの評価- 等尺性収縮力依存性と筋疲労の影響-, バイオメカニズム18, 219-227.
 - 17) 山本譲, 松橋明宏, 佐藤孝雄, 岩本圭史 (1996) : 新たに開発した筋硬度計を用いた総指伸筋, 上腕二頭筋に対する運動負荷後筋硬度計の測定, 昭和医学会雑誌56 (4), 381-386.
 - 18) 米津貴久, 福林徹 (2012) : 運動介入前のストレッチング試技の違いが筋硬度及び筋疲労の変化に与える影響, トレーニング科学24 (2), 183-191.