

平成 27 年度

順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科 修士論文

大学女子バスケットボール選手における  
コンディショニング把握としての筋硬度評価

氏 名 高橋 慶衣

論文指導教員 櫻庭 景植

合格年月日 平成 28 年 2 月 22 日

論文審査員 主査 所田 修一

副査 鹿倉 三郎

副査 櫻庭 景植

## 目次

	項
第1章 緒言 .....	1
第2章 関連文献の考証.....	3
第1節 筋硬度 .....	3
(1) 硬さの定義 .....	3
(2) 筋の硬さの定義 .....	3
(3) 筋の硬さの評価 .....	4
第2節 筋硬度と筋疲労 .....	5
(1) 筋疲労の定義.....	5
(2) 筋硬度と筋疲労の関係.....	6
第3節 筋硬度の測定方法.....	7
(1) 従来の筋硬度測定方法.....	7
(2) 超音波 Real-time Tissue Elastography .....	8
(3) 超音波 Real-time Tissue Elastography を用いた研究 .....	8
第3章 目的 .....	10
第4章 方法 .....	11
第1節 対象者 .....	11
第2節 測定項目および方法 .....	11
(1) 筋硬度 .....	11
(2) 関節可動域 (Range of Motion : 以下、ROM) .....	12
(3) 足関節周囲筋力 .....	12
(4) シーズン間でのコンディショニングに関する主観的評価の測定 .....	13
(5) アンケート .....	13
第3節 統計処理.....	13
第5章 結果 .....	14
第1節 身体特性、既往歴、運動歴および足関節機能的不安定性.....	14
第2節 筋硬度 .....	14
(1) GM (腓腹筋) .....	14
(2) TA (前脛骨筋) .....	14

第3節 ROM（関節可動域） .....	14
第4節 筋硬度と主観的疲労感 .....	15
(1) GM .....	15
(2) TA .....	15
第5節 コンディショニングに関する主観的評価とアンケート項目 .....	15
第6章 考察 .....	16
第1節 シーズン間での筋硬度変化 .....	16
第2節 コンディショニングに関する主観的評価とアンケート項目 .....	18
第7章 結論 .....	20
第8章 要約 .....	21
引用文献一覧 .....	23
Abstract .....	28
謝辞 .....	30
図表一覧 .....	31

## 第1章 緒言

スポーツを行う場面において、「コンディショニング」という言葉が多く用いられている。その定義は数多くあり、競技種目そのものや競技スポーツに関わる立場の相違によりその意味や内容は様々な捉え方がある。コンディショニングを3つの要素に大別すると、身体的因子、環境的因子、心理的因子となる。その中でも、身体的因子には代謝系、柔軟性、身体組成、免疫系指標、神経系指標、技術系指標（スキル・フォーム・動作）、筋力系指標が含まれる。また環境因子はウェアやシューズ、用具などが含まれ、心理的因子には対人関係やストレスが含まれる<sup>17)</sup>。さらに、これら3つの因子が相互に影響し合って、コンディションは常に変化していると考えられる。競技スポーツにおいてコンディションを把握する目的は、①パフォーマンスの向上（競技力の向上）、②外傷・障害の予防に集約することができる<sup>17)</sup>。したがって、身体的因子に限らず、各競技種目に応じたコンディショニングを計画的、継続的に実施することは、怪我をすることなく目標とする競技活動で最高のパフォーマンスを発揮するために必要不可欠である。

疲労に関しては、筋に対する運動量の増加に伴う生理学的な疲労と、ストレスなどの心理的因子の増加に伴う疲労とに分けられ<sup>20)</sup>、特に心理的因子は疲労に大きな影響を及ぼすことが報告されている。筋に対する疲労（以下、筋疲労）は、高強度運動後や不慣れな運動後の筋の緊張、筋力低下、関節可動域の低下などを生じさせる<sup>41)</sup>。さらに、筋疲労によってもたらされる筋の緊張は筋の硬さ（以下、筋硬度）と表され、筋疲労と同様に生理的刺激により変化することが明らかになっている<sup>41)</sup>。この筋硬度は筋疲労により増加するとの報告が多くなされていることから、筋硬度の増加はパフォーマンスの低下だけでなく、スポーツ傷害の発生にもつながる可能性がある<sup>7)22)25)40)</sup>。したがって、筋硬度の変化を早期から把握することは、コンディショニングを評価する指標の1つとして活用できるのではないかと考える。

スポーツ競技におけるコンディショニング評価について、宮川ら<sup>25)</sup>は大学女子バスケットボール選手を対象に身体特性や各関節アライメント、関節柔軟性、傷害に対するアンケート（疲労部位、傷害部位）を調査している。また、新畑ら<sup>32)</sup>は大学生陸上競技選手を対象に、血漿クレアチニンキナーゼ活性値と主観的な疲労度を調査している。このようにコンディショニング評価に関する調査では、様々

な測定が行われているが、筋自体の性質に関する調査は十分に行われていない。実際のスポーツ現場においても、選手は激しい練習や試合後の筋のハリやコリを訴えることが多くある<sup>12)50)</sup>が、筋自体の客観的な評価が十分に行われていないのも事実である。これまでの筋に対するコンディショニング評価では、押し込み式組織硬度計<sup>49)</sup>や押圧計<sup>28)</sup>による調査がほとんどで、評価方法自体に問題があること<sup>12)</sup>が指摘されてきた。また、筋の硬さそのものに着目した評価も十分に行われていない。このことから、筋の硬さを測定することは、コンディショニング指標の1つとして有用であると考えた。

筋の硬さの評価については、様々な方法が用いられてきた。従来の方法では、押圧計<sup>79)</sup>や押し込み式組織硬度計<sup>49)</sup>を使用しているが、両者ともに詳細な撮像領域の設定が行えないこと<sup>5)</sup>、測定者の感覚や経験に測定結果が左右され客観性に欠けるという問題点<sup>41)</sup>からも、より簡便で客観的な測定方法が求められていた。近年、超音波 Real-time Tissue Elastography (以下、RTE) という超音波画像診断装置を用いた組織硬度を測定する技術が考案された。組織を圧迫すると軟らかい組織ほど大きく変形し、硬い組織はあまり変形しないという特性を利用し、圧迫をした際に生じる変形の大きさをリアルタイムに記録、解析する技術である<sup>46)</sup>。この技術は、乳腺<sup>38)</sup>や肝臓<sup>10)</sup>、リンパ腺<sup>36)</sup>の領域での腫瘍の診断等に活用されており、詳細な領域の硬度変化が測定可能であること<sup>11)</sup>が報告されている。さらには、音響カプラーという硬度基準物質を用いることで、異なる時期、異なる部位、異なる測定者間での測定値の比較が可能であり、より客観的なデータの収集が可能になった<sup>11)</sup>。運動器である骨格筋を対象に行われた研究については、はまだ十分に行われていない。骨格筋に対する RTE を用いた研究では、上腕二頭筋および腓腹筋、アキレス腱に対する一過性高強度運動後の筋硬度変化について報告されており、両者ともに運動後の筋・腱が硬くなることが報告されている<sup>12) 33)48)</sup>。このように、RTE を用いた筋硬度変化については、一時的な硬度変化に関する報告は散見されるが、シーズンを通してなどの継続的な硬度変化を追った研究はまだ十分に行われていない。したがって、計画的、継続的なコンディショニング評価として、RTE を用いた継続的な筋硬度変化の把握は、運動競技者のコンディションを早期に把握し、パフォーマンスの向上と傷害発生予防として重要な情報を得ることが可能であると考えられる。

## 第2章 関連文献の考証

本章では第1節にて筋硬度について述べ、第2節にて筋硬度と筋疲労の関係、第3章では筋硬度の評価方法について考証する。

### 第1節 筋硬度

#### (1) 硬さの定義

「硬さ」とは、広辞苑によると「硬い度合、硬度」とされており、さらに「硬度」は「物体の硬軟の程度、かたさ」と定義されている。実際に、物体の硬い柔らかいを感じることは容易であるが、これらを定量的に評価することは難しい<sup>7)</sup>。それは、一概に硬いといっても、物体を伸長した際に生じる抵抗力や、物体に与えた垂直圧力が及ぼす抵抗力など広い範囲の内容を含んでおり、それらの性質をすべて評価する測定方法はない<sup>42)44)</sup>とされているからである。したがって、硬さの定義はいまだ統一されたものはなく、「ある物体の硬さとは、それが他の物体によって変形を与えられようとするときに呈する抵抗の大小を示す尺度」という定義が最も妥当である<sup>7)52)</sup>と考えられている。

#### (2) 筋の硬さの定義

筋の硬さ（硬くなること）は、一般的に「筋緊張（muscle tone）」と言われている。この筋緊張は、「筋繊維の持続的な収縮」と定義されている<sup>51)</sup>。さらに、筋の硬さは与えられる抵抗の方向によって「長軸方向から伸長される際の抵抗」と「垂直圧力に対し筋によって提供される抵抗力」の2つに大別することができる<sup>13)28)</sup>。これらを踏まえると、長軸方向に伸長される際の抵抗を「筋スティフネス」、肩こりのように触れることで評価される筋の張りを代表とする垂直圧力に対し筋によって提供される抵抗力を「筋硬度（muscle hardness）」と表現することができる<sup>1)51)</sup>。

「筋スティフネス」の評価方法に関しては、酒井ら<sup>37)</sup>は、健常成人男性11名を対象に静的ストレッチ実施後の下腿三頭筋の筋スティフネスを測定している。方法は、超音波画像診断装置用い、筋束長と muscle tendon junction 移動距離、その他、筋伸張力を測定し、そこから筋スティフネスを算出している。また大鶴ら<sup>34)</sup>も、若年健常者7名を対象に、片脚踵挙げ運動後の下腿三頭筋の筋スティフ

ネスを測定しており、酒井らと同様に超音波画像診断装置を使用し、筋束長の変化量と足関節背屈トルクにより算出している。

「筋硬度 (muscle hardness)」の評価方法については、様々な測定方法が用いられている。客観的な測定を試みた際、従来では加圧時の力と変異関係进行评估する押圧法や機器を体表から押し込む、押し込み式組織硬度計により検討が行われている<sup>73)30)</sup>。しかしながら、皮下脂肪と筋の双方の硬さを総合的に反映する評価法であることや、深部や狭小な領域の評価が困難であることが問題視されており<sup>5)</sup>、より明瞭な測定方法の考案が課題とされている。

### (3) 筋の硬さの評価

筋の硬さの測定方法に関しては、一般的に臨床やスポーツ現場において触診による評価が多くなされている。しかしながら、触診による評価は評価者の経験や感覚に左右されることから客観性に欠けている<sup>12)</sup>。

客観的な測定では前項でも述べたように、押圧法や押し込み式組織硬度計などにより検討が行われてきた。しかし、これらの測定方法は、詳細に目的の筋を捉えることができない点や評価者の習熟度による誤差や測定者間の誤差が避けられないことが問題視されている<sup>12)</sup>。Wang ら<sup>47)</sup>は、筋硬度計単独の解析にて表面筋電図の振幅や超音波による筋束曲率変化の解析を加えることで、正確に値を測定することが可能であることを述べているが、一度に複数の機器を操作する必要があることや皮膚への電極貼付により測定範囲がより限定される点を考慮すると、より簡便な評価法が望まれる。

筋の硬さの変化を評価した報告については、運動後の硬度変化や筋に対するマッサージの効果、ストレッチングの効果の1つとして調査されている。堀川ら<sup>14)</sup>は、健康な成人男子14名を対象に、等尺性最大膝関節伸展動作を2回行わせた後、10分間の間隔を置き100回の膝関節伸展動作を合計4セット行わせた。それに伴い各10分間の休憩時と、膝関節伸展動作終了後も10分間ごとに大腿直筋及び外側広筋、内側広筋の筋硬度を測定した。その結果、各筋とも運動実施前に比べ、運動実施後で有意に筋硬度は増加したと報告している。また、孫ら<sup>41)</sup>は、若年女子サッカー選手12名を対象にサッカー試合前後の大腿直筋の筋硬度変化を測定している。その結果、非利き脚では、試合前の筋硬度に比べ前半終了後において

有意に筋硬度が増加したと報告している。

マッサージの効果については、小宮ら<sup>23)</sup>は、運動習慣のある大学生男子7名を対象に、等尺性肘関節屈曲運動をそれぞれ最大随意収縮の15%MVCで30回および20回、10%MVCにて30回および20回、7%MVCで50回の合計5セット行わせた。その後、マッサージ条件では運動終了後に1分間の軽擦法を行い、マッサージ条件と非マッサージ条件での筋硬度を測定し比較した。その結果、マッサージ条件では運動終了後の筋硬度の減少率が非マッサージ群に比べ有意に高値を示したと報告している。

ストレッチングの効果については、関川ら<sup>38)</sup>は健常男性9名を対象に膝関節屈曲・伸展の等速性運動(180°/秒、30回)を3セット行わせ、各セット間に介入群に対しスタティックストレッチングまたは、低負荷での軽運動を実施させた。介入の前後で内側広筋と外側ハムストリングの筋硬度を測定した。その結果、ストレッチングと低負荷での軽運動を行わせた群において、未介入群と比べ有意に筋硬度は低下したと報告している。また、鈴木ら<sup>43)</sup>は、成長期男子サッカー選手40名を対象に、運動前及び運動直後と介入後の大腿直筋の筋硬度を測定した。介入方法はストレッチング手技3種類(パートナーストレッチング群、背臥位ストレッチング群、側臥位ストレッチング群)としている。その結果、運動前でのパートナーストレッチング群の蹴り脚と、運動後での側臥位ストレッチング群で有意に筋硬度が減少したと報告している。

このように、筋の硬さを評価している報告は多くなされているが、いずれの報告も従来の「押し込み式組織硬度計」や「押圧法」が用いられており、測定者の経験や感覚に左右されることや、測定者間でのバラつきなどの問題が指摘されている。

## 第2節 筋硬度と筋疲労

### (1) 筋疲労の定義

筋疲労は、「最大筋力の低下」や「最大短縮速度の低下」などと定義されている<sup>23)33) 35)</sup>。筋活動に伴い、生じる筋細胞間隙での過剰な組織水の貯留および代謝産物の蓄積は、筋肉の疲労を促進させ、筋が本来もつ特性を低下させる<sup>12)20)</sup>。また代謝産物の蓄積とは、いわゆる一般的に考えられている「疲労物質」であり、乳



酸や、水素イオン、リン酸などを指す。運動の持続は、骨格筋がある一定強度の収縮力を保ち、連続した収縮によってなされる。この時のエネルギー源は ATP であるため、収縮をいかに持続できるかは、エネルギー源である ATP を獲得する過程で生じる代謝副産物（疲労物質）の蓄積能力と処理能力に大きく依存することになる<sup>12)20)23)</sup>。

強度の高い運動では、解糖系によるエネルギー供給が主となるので、筋細胞内に蓄積したピルビン酸が乳酸へ変換される。乳酸の分解では、これに伴い水素イオンの蓄積を招き、細胞内の pH の低下を生じさせ、筋細胞内の酸性化も招く<sup>7)</sup>。

高強度運動後の骨格筋内の乳酸と pH の関係については、pH の低下は解糖系の律環酵素であるフォスホフラクキナーゼの活性を抑制し、さらには筋の興奮—収縮連関に携わる筋小胞体の機能低下、トロポニンに対する結合定数を招くとされている。また、筋活動中のエネルギー代謝の過程では、発生する無機リン酸やアンモニア、アンモニアイオンの蓄積が筋細胞であるアクチン：ミオシン架橋形成不全または筋膜の電氣的興奮の低下を引き起こすとされている<sup>7)14)16)20)</sup>。

## (2) 筋硬度と筋疲労の関係

スポーツにおいて、筋疲労は高強度の運動や不慣れな運動後の筋の緊張、筋力低下、関節可動域の低下として感じられる<sup>41)</sup>。その中でも筋の緊張は筋硬度や筋のタイトネスと表される。また、筋疲労の 1 つの指標として、筋硬度の評価は妥当性があるとの報告がなされている<sup>18)</sup>。廣野ら<sup>12)</sup>は、健常男性 9 名を対象に、一過性高強度運動後の筋硬度の変化（腓腹筋およびアキレス腱）を測定している。その結果、運動前に比べ運動後では有意に筋硬度は増加したと報告している。その理由として、運動後の筋硬度の増加は、動脈流入増大に伴う容積変化や、蓄積された代謝産物による血流の阻害が筋内外の浸透圧上昇を引き起こし、水分が筋繊維内に蓄積することに伴う筋内圧上昇に起因していると述べている<sup>12)</sup>。また、柳澤ら<sup>18)</sup>は、健常成人男性 5 名を対象に、運動前後での上腕二頭筋の筋硬度変化を測定している。疲労運動としては、ダンベルを使用したアームカールを最大挙上量の 70%にて 1 セット 8 回を 1 分間の休息をはさみ 5 セット行わせた。その結果、運動前に比べ運動後では有意に筋硬度が増加したことを報告している。その理由としては、廣野ら<sup>12)</sup>と同様に筋内圧の上昇や、代謝産物の蓄積による筋血流

量の阻害をもたらす筋内外の浸透圧の上昇が筋硬度の増加に起因している<sup>18)</sup>と報告している。

また、内藤ら<sup>30)</sup>は骨格筋において随意神経の緊張の増大により筋硬度が増加すると報告しており、運動開始直後に生じる筋出力の増加は、刺激に対する反応力の高まった状態であるが、この神経の興奮状態に持続性はみられないと述べている。持続的な疲労運動は、筋実質のみならず、反応時間の遅延といった神経系への疲労をもたらすと報告している<sup>29)30)31)</sup>。このように、筋に対する疲労は、筋硬度の増加とさらには、反応時間の遅延といった神経系に対する負の影響をもたらし、スポーツ競技における障害や外傷をもたらす一因になると考える。

### 第3節 筋硬度の測定方法

#### (1) 従来の筋硬度測定方法

筋硬度の客観的な測定を試みる際、従来の筋硬度測定では、加圧時の力—変位関を評価する押圧法や危機を体表から押し込む、押し込み式組織硬度計などにて検討が行われてきた<sup>51)</sup>。

押し込み式組織硬度計を用いた研究では、堀川ら<sup>14)</sup>は健常成人男性でも運動経験者または現役選手 14 名を対象に等尺性最大足伸展動作が筋硬度に及ぼす影響を押し込み式組織硬度計を用いて調査している。また、関川ら<sup>38)</sup>も健常男性 9 名を対象に膝関節屈伸動作後のストレッチングと低負荷抵抗運動が筋硬度に及ぼす影響を押し込み式組織硬度計を用い調査している。しかしながら、これらの測定方法は皮下脂肪と筋の双方の固さを総合的に反映する評価法であることや、深部や狭小な領域を評価することが難しく詳細な位置情報を得ることも難しい点などが問題視され、さらには測定者の習熟度による誤差や測定者間の誤差が避けられないことが報告されている<sup>14)38)12)</sup>。Wang ら<sup>47)</sup>は、筋硬度計単独の解析に表面筋電図の振幅や超音波による筋束曲率変化の解析を加えることで、正確に値を測定することが可能であることを述べているが、一度に複数の機器を操作する必要があることや、皮膚への電極貼付によって測定範囲がさらに限定される点を考慮すると、より簡便な評価法が望まれる。

## (2) 超音波 Real-time Tissue Elastography

近年、超音波診断装置によって組織の硬さをリアルタイム画像で評価することができる、超音波 Real-time Tissue Elastography (以下、RTE) という技術が開発された<sup>12)16)</sup>。組織を圧迫した際、柔らかい組織ほど大きく変形し、硬い組織はあまり変形しないという特性を利用し、超音波診断装置のプローブを用いて超音波の進行方向に圧迫を加えた際に生じる変形の大きさをリアルタイムに記録、解析することが可能な技術である<sup>12)</sup>。近年開発されたこの技術は、乳腺<sup>18)</sup>や甲状腺<sup>10)</sup>、前立腺<sup>36)</sup>などの領域において、癌などの腫瘍診断に活用されている。RTEは組織の歪みや弾性率の分布がリアルタイムで可視化され、従来の超音波 B モード、ドップラなどが提供する情報とは独立した、組織の硬さに関する情報を提供するものである。測定は、非侵襲的かつ客観的に行われ、柔らかい組織は赤く、硬い組織は青く画面に表示される。また画像内に2つの測定範囲 (Range Of Interest : ROI) を設定し、両者の歪み比を算出することで組織硬度の定量的な評価が可能となる。しかしながら、得られた歪み比は2つの組織に対するROIの相対値であるため、異なる部位や異なる時期、異なる被験者間でのデータの比較には不適切であると考えられていた<sup>16)</sup>。しかし、近年、この課題を解決するために音響カプラーが開発された。音響カプラーとは、硬度基準物であり血液バッグやカテーテルに使われているエラストマー樹脂という素材で作成されている<sup>11)24)</sup>。超音波画像を撮影する際、画像の劣化ができるだけ小さくなるように音響特性の調整が行われており、さらに、エラストグラフィの圧迫手技で音響カプラー内に適切な歪みが生じるような硬さに調整されている。したがって、この音響カプラーが開発されたことで、組織硬度を客観的かつ定量的に評価することが可能になり、更には異なる時期、異なる部位、異なる被験者間での比較が可能となった<sup>12)</sup>。また、RTE測定における音響カプラーと筋の歪み比 strain ratio (SR) で得られた値は、従来の筋硬度計より再現性、妥当性が高いことが報告されている<sup>6)12)33)49)</sup>。

## (3) 超音波 Real-time Tissue Elastography を用いた研究

従来、筋の硬度評価には機器を体表から押し込む、押し込み式組織硬度計により測定が行われてきた。筋硬度と筋力については、筋硬度と筋出力発揮により筋活動レベルの間には有意な相関関係があきらかになったことが報告されている

7)12)30)。しかし、筋硬度計は筋と皮下脂肪、双方の硬さを複合的に反映する評価法であることや、深部や狭小領域を評価しにくいことなどが問題視されている<sup>16)</sup>。

Wang ら<sup>47)</sup>は、筋硬度計単独の解析に表面筋電図の振幅や超音波による筋束曲率変化の解析を加えることで、筋硬度と筋出力の関係がより正確に示されることを報告しているが、一度に複数の機器を操作する必要があることや皮膚への電極貼付により測定範囲が更に限定されるという欠点がある。RTE と従来の筋硬度計の再現性を比較した研究によると、RTE での測定値は従来の筋硬度計よりも再現性が高いと報告されている<sup>2)3)4)12)33)49)</sup>。また、多くの研究において高い信頼性と妥当性が報告されており<sup>49)8)9)</sup>、骨格筋における筋硬度評価においては有効な成績があるといえる。

稲見ら<sup>16)</sup>は、筋の収縮に着目し、足関節底屈筋力を 5 つのレベル別に測定し、筋出力と筋硬度の上昇には有意な相関関係があることを報告している。また Yanagisawa ら<sup>49)</sup>は、肘関節屈筋群における伸張性収縮運動後、有意な筋硬度上昇を報告しており、同様に Niitsu ら<sup>33)</sup>も肘関節屈筋群の筋硬度が伸張性収縮後に有意に増加し、24 時間後においても有意であったことを報告している。廣野ら<sup>12)</sup>は、健常成人男性 9 名を対象に、一過性運動実施前後の腓腹筋およびアキレス腱の筋硬度変化について報告している。その結果、伸張性運動後の腓腹筋硬度は 15 分後、30 分後、24 時間後まで有意に増加することを報告した。これらの報告より、RTE を用いた筋硬度評価と筋機能（収縮）は関連があるといえることができる。その他、筋のサイズとの関係を検討した報告や、筋の構造（筋厚、筋形態、筋繊維など）との関連を調査した報告などもなされている<sup>51)</sup>。

筋のスポーツ傷害に着目した研究では、辻村ら<sup>45)</sup>が RTE を用い、腓腹筋における肉ばなれの診断と、その経過の様子を継時的に観察した報告がされている。また、稲見ら<sup>16)</sup>は、陈旧性大腿直筋肉ばなれ症例の筋損傷部位に MRI 所見と同様の特異的な瘢痕化像が観察されたことを RTE を用い検出したと報告している。また同報告では、筋力と筋電図、超音波連続画像などを用いて筋機能と RTE との関連を確認、報告している。

これらの報告から、RTE を用いた筋硬度評価は、筋機能との関連が高く筋の正常領域と異常領域の違いを捉えることが可能であり、筋のコンディショニングを把握するために有用な手段だと考える。

### 第3章 目的

本研究は、大学女子バスケットボール選手を対象に、超音波 Real-time Tissue Elastography を用いて筋硬度を継続的に測定し、シーズン間でのコンディショニングの把握への有用性を検討することを目的とした。

## 第4章 方法

### 第1節 対象者

対象者は、J大学バスケットボール部に在籍する女子学生 16名（平均年齢：19.9±0.8歳、身長：163.1±5.2cm、体重：58.6±5.4kg）とした。

被験者には研究に先立って、研究の目的・内容・手順や考えられる危険性などを口頭および文章にて十分に説明を行い、了承を得た上で書面にて同意を得た。また、対象者が未成年であった場合は、J大学女子バスケットボール部部長および監督、コーチにも同様の説明を行い、書面にて同意を得た。

なお、本研究は順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科研究等倫理委員会の承認を得た上で実施した（順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科倫理委員会第27-46号）。

### 第2節 測定項目および方法

本研究では平成27年6月～9月の4ヵ月間を測定期間とした。また、大学女子バスケットボール部における4ヵ月間のシーズンを一般準備期、移行期、専門準備期、試合期の4つに期分けした。筋硬度と関節可動域の測定については週に1回、コンディショニングに関する主観的評価及び体重、生理周期等の6項目のアンケートについては毎日記入させた。

#### (1) 筋硬度

筋硬度の測定には超音波画像診断装置（Noblus, 日立アロカメディカル）と10MHzリニア型プローブを用い、硬度基準物（音響カプラーL65, 日立アロカメディカル）を専用のアタッチメントを用いてプローブに取り付け、測定部位とプローブの間に介在させた。硬度基準物は血液バッグやカテーテルに使われているエラストマー樹脂という素材で作成されており、超音波画像を撮影する際、画像の劣化ができるだけ小さくなるように音響特性の調整が行われている。さらに、エラストグラフィの圧迫手技で音響カプラー内に適切な歪みが生じるような硬さに調整されている<sup>44)</sup>。測定部位は、腓腹筋内側頭（Gastrocnemius medialis : GM）および前脛骨筋筋腹（Tibialis anterior muscle : TA）とした。

測定部位の決定は、まず測定肢の膝関節を最大屈曲させ、膝関節外側の第2皮

線から外果下端までの直線状で 30%近位部をマークした。更に 30%近位部での GM 中央部、TA 中央部をそれぞれ測定部位とし、各測定で測定部位が同一になるように、プローブの位置をペンでマークした。

測定肢位は腹臥位および背臥位、膝関節伸展位とし、足関節中間位にて下肢に力を入れないように指示した。超音波診断装置のプローブを用い、測定部位に対して手動にて軽い圧迫操作をリズムカルに伝えた。圧迫の速度および強さは、画面上の速度表示バーを参考にして調節した。圧迫操作に対する組織の歪み率は、撮像領域内の相対的な硬さとしてカラー分布された。コンピューターが自動的に選出した圧迫操作中に得られた画像を用いて、歪み比 (Strain Ratio:SR) を Strain Ratio 機能にて算出した。Strain Ratio 機能とは、超音波診断装置上の RTE 画像で選択した 2 領域間の歪み比を計算する機能である。硬度基準物質を基準部位 (A)、腓腹筋内側頭または前脛骨筋筋腹を対象部位 (B) として関心領域を設け (図 1)、対象部位を基準部位で除した値 (B/A) を算出し、本研究の SR とした。RTE に表示される歪み率は撮像領域の相対的な硬さであるため、硬度基準物質を参照体とすることで半定量的な評価が可能となる。測定は、各部位につき 3 回繰り返し実施し、3 回の測定の平均値を用いて分析を行った。

## (2) 関節可動域 (Range of Motion : 以下、ROM)

日本整形外科学会・日本リハビリテーション医学会が制定したものに準じ行った。膝関節の測定は、背臥位をとらせ、ゴニオメーターを用いて ROM を測定した。股関節屈曲位で基本軸は大腿骨、移動軸は腓骨とした。足関節の測定は、腹臥位をとらせ、膝関節と同様にゴニオメーターを用いて ROM を測定した。膝関節屈曲位で基本軸は腓骨、移動軸は第五中足骨とした。

## (3) 足関節周囲筋力

BIODEXsystem3 を用いて、足関節底屈および背屈筋筋力を求心性収縮力下にて定量的に測定した。測定は、座位または仰臥位、膝関節完全伸展位とし、足関節用のアタッチメントを用いて行った。被験者の上半身を 3 本のベルトで、また測定肢の大腿部を 1 本のベルトで動かないよう固定して行った。測定内容は、求心性収縮の角速度 60・120 度 (以下、CC60・CC120 と記す) で実施し、測定回

数は3回とした。

#### (4) シーズン間でのコンディショニングに関する主観的評価の測定

コンディショニングに関する主観的評価の調査内容としては、疲労度、筋の状態、体調、食欲、怪我の状態、心の状態（ストレス）の6項目を設定した（図5）。各項目は1~10の Numerical Rating Scale（以下NRSと略す）を用い、測定期間中毎日記入させた。項目は、① 疲労感：（回答は「非常に疲れている」から「疲労感はない」の10件法を使用。）、② 筋の状態（ハリ感・柔軟性・凝り感）：（回答は「非常に悪い」から「非常に良い」の10件法を使用。）、③ 体調：（回答は「非常に悪い」から「非常に良い」の10件法を使用。）、④ 食欲：（回答は「全くない」から「非常に有る」の10件法を使用。）、⑤ 怪我の状態：（回答は「非常に悪い」から「非常に良い」の10件法を使用。）、⑥ 心の状態（ストレス・ゆとり）：（回答は「非常に悪い」から「非常に良い」の10件法を使用。）とした。

#### (5) アンケート

身体特性、既往歴、運動歴に関するフェイスシートと、足関節の機能的不安定性に関するアンケート（Karlssonらのscoring scale）に関しては、測定期間が開始する前の5月末に配布し記入させた（図2、図3）。その他に、体重、生理周期、睡眠時間、ストレッチ実施の有無、マッサージ実施の有無、入浴状況の6項目のアンケートを作成し、コンディショニングに関する主観的評価と同様に、測定期間中毎日記入させた（図4）。

### 第3節 統計処理

得られた測定値は、全て平均値±標準偏差（Mean±SD）で表し、統計処理にはIBM社製SPSS Statistics(Version22)を用いた。筋硬度の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用いた。有意差がみられた項目についてBonferroniの多重比較を行った。また筋硬度と主観的疲労感については被験者毎で単回帰分析を用い、その他の主観的評価およびアンケート項目と筋硬度で重回帰分析を用いた。なお、統計処理の有意水準はすべて危険率5%未満とした。



## 第5章 結果

### 第1節 身体特性、既往歴、運動歴および足関節機能的不安定性

各被験者における平均年齢・身長・体重・BMI・競技歴に有意差はみられなかった（表 1）。

足関節の機能的不安定性では、Karlsson らの scoring scale は、右足関節で平均  $90.2 \pm 10.04$ 、左足関節で平均  $90.4 \pm 10.06$  であった。

全身弛緩性テストでは、平均  $2.8 \pm 1.05$  であり、16 名中 2 名が全身弛緩性陽性であった。

### 第2節 筋硬度

#### (1) GM（腓腹筋）

GM の Strain Ration (SR) の測定結果を表 2 に示した。また全被験者の平均値は一般準備期  $5.78 \pm 1.83$ 、移行期  $9.63 \pm 4.28$ 、専門準備期  $7.34 \pm 2.46$ 、試合期  $6.58 \pm 1.62$  であった。分析の結果、期の違いによる筋硬度の変化に有意な差がみられた  $F(1.814, 27.211) = 5.839, p < .05$ 。また多重比較の結果、一般準備期および試合期の平均値が移行期より有意に高く、筋が柔らかいことがわかった（表 3）。

#### (2) TA（前脛骨筋）

TA の SR の測定結果を表 2 に示した。また全被験者の平均値は、一般準備期  $2.22 \pm 0.86$ 、移行期  $3.90 \pm 1.65$ 、専門準備期  $3.09 \pm 2.13$ 、試合期  $2.87 \pm 1.48$  であった。分析の結果、期の違いによる筋硬度の変化に有意な差がみられた ( $F(3, 45) = 3.235, p < .05$ )。また多重比較の結果、一般準備期および試合期の平均値が移行期より有意に高く、筋が柔らかいことがわかった（表 4）。

### 第3節 ROM（関節可動域）

膝関節屈曲および伸展、足関節背屈および底屈の ROM の測定結果と全被験者の平均値を表 5 に示した。

データは、各 ROM は期毎に平均値を算出し分析に使用した。分析の結果、膝関節屈曲、足関節背屈、足関節底屈ではすべての期において有意差はみられなかったが、膝関節伸展のみ有意差がみられた。膝関節伸展についてさらに多重比較

(5%水準)を行った結果、移行期の平均値が専門準備期に比べて有意に高いことがわかった。

#### 第4節 筋硬度と主観的疲労感

##### (1) GM

GMのSRとコンディショニングに関する主観的評価の中でも疲労感との関連を調べるため、重回帰分析を行った。GMのSRを従属変数とし、主観的な疲労感を独立変数とした。解析は、被験者ごとに実施し、結果を表10～表35に示した。

その結果、全被験者でGMのSRと主観的疲労感に有意な相関はみられなかった。

##### (2) TA

TAのSRとコンディショニングに関する主観的評価の中でも疲労感との関連を調べるため、単回帰分析を行った。TAのSRを従属変数とし、主観的な疲労感を独立変数とした。解析は、被験者ごとに実施し、結果を表10～表35に示した。

その結果、GMと同様に全被験者でTAのSRと主観的疲労感に有意な相関はみられなかった。

#### 第5節 コンディショニングに関する主観的評価とアンケート項目

筋疲労の指標として測定したGMおよびTAのSRと、コンディショニングに関する主観的評価およびアンケート項目において、関連を調べるため重回帰分析を行った。各項目の期毎の平均値を表36に示す。解析は、被験者ごとに実施した。

統計は、対象者16名中、コンディショニングに関する主観的評価およびアンケートの結果が得られた13名のデータを用いた。

GMのSRと個々の変数との相関については、全項目において有意な相関がみられなかった。同様にTAのSRとコンディショニングに関する主観的評価およびアンケート項目を用いて重回帰分析を行ったが、全項目において有意な相関はみられなかった。

## 第6章 考察

### 第1節 シーズン間での筋硬度変化

本研究では、大学女子バスケットボール選手を対象に、コンディショニング評価として主観的なコンディショニング評価とアンケート、またコンディショニング評価の1つとして筋疲労の指標である筋硬度の測定を行った。また、本研究では、村木のコンディショニング計画論に基づき、4カ月間のシーズンを4つに分け測定を実施した。

スポーツにおいて、シーズンをいくつかの段階に分けることは、期分け（ピリオダイゼーション）と呼ばれ、コンディショニングの重要な1つの要素とされている<sup>12) 17)25)50)</sup>。この期分けとは、1年間もしくは半年間など、ある一定の期間を異なる段階の期間もしくは周期に分類しトレーニングや練習を計画することである。それぞれの段階には異なる目的があり、典型例として、①一般的な準備期、②試合前の専門的な準備期、③維持期もしくは試合期、④移行期もしくは回復期の4つの段階がある<sup>26)</sup>。本研究では、この一般準備期、専門準備期、試合期、移行期の4つの段階を用い期分けを行った。対象者である大学女子バスケットボール選手については、1年の中でも重要度の高い位置づけであったリーグ戦を試合期とし、その前後の期間をそれぞれ一般準備期、専門準備期、移行期に設定した。

測定の結果、主観的なコンディショニング評価とアンケート、さらに筋硬度変化について、それぞれの項目間で有意な関連はみられなかった。しかしながら、筋硬度変化については測定したGMおよびTAのSRは、移行期と一般準備期、移行期と試合期で有意な差がみられた。

筋硬度の変化について、今回本研究では超音波画像診断装置用いたRTEという技術を使用し測定を行った。近年開発されたこの技術は、骨格筋への使用とその有用性が報告されつつある<sup>3)4)12)45)50)51)</sup>。しかしながら、RTEを用いた骨格筋の筋硬度変化については一過性の変化を追った報告が主であり、継続的な変化を追った報告は十分に行われていない。コンディショニング評価では、選手の継続的な変化と継続的なコンディションの把握が重要であることから<sup>7)17)39)41)53)</sup>、本研究ではコンディショニング評価の1つとして筋硬度変化をRTEを用い測定することとした。筋硬度変化については、GMおよびTA共に、練習量の減少する移行期において筋硬度に有意差がみられた。GMのSRは一般準備期5.739、試合期6.473

であるのに対し、移行期で 9.373 の値を示し、一般準備期で 63.4%、試合期で 44.9%の増加率がみられた。

また TA の SR においても GM と同様に、一般準備期 2.178、試合期 2.879 であるのに対し、移行期で 3.862 の値を示し、一般準備期で 77.3%、試合期で 34.1%の増加率がみられた。この結果より、期の違いによって筋硬度が変化することがわかったが、変化させた要因についてはまだ明らかにされていない。廣野ら<sup>12)</sup>は一過性運動後の GM の SR の上昇は、動脈流入量増大に伴う容積変化や、蓄積された代謝産物による血流障害が筋内外の浸透圧上昇を引き起こし、水分が筋繊維内に蓄積することに伴う筋内圧上昇に起因していると報告している。本研究の対象者は、大学の体育会競技部に所属するバスケットボール選手であった。バスケットボールは、「走る」「跳ぶ」の他、相手と競り合う場面が多く、ルールの上では禁止されているものの激しい接触を伴うスポーツである<sup>19)</sup>。このことから、バスケットボールの運動強度は非常に高く、対象者の GM および TA に対しても、高い運動負荷を与えたと考えた。したがって、本研究の筋硬度上昇についても、先行研究と同様の現象が筋内に起こっているのではないかと考えた。

また、本研究では、疲労に関連すると考えられる主観的な評価やアンケート項目について回答を得たが、それらの項目と筋硬度変化については関連はみられなかった。塩田<sup>39)</sup>は、陸上競技選手を対象に合宿中のコンディショニング評価を行っており、筋硬度変化と同時に練習内容を含む行動内容を記録し、特に練習量の増加が疲労感や筋硬度の増加をもたらす要因であることを報告している。さらに、新畑ら<sup>32)</sup>も陸上競技選手を対象に、試合前後での筋硬度変化と血漿クレアチニン酸キナーゼ活性値、練習量およびトレーニング量の詳細な内容を記録し、練習量の中でも、走行距離が疲労に及ぼす影響について報告している。このように、練習量や行動内容の変化は、筋疲労の増加および筋硬度の増加に影響することが考えられるが、本研究では練習量やトレーニング量に関して、詳細なデータの取得が困難であった。これは、先行研究の陸上競技に比べ、今回対象としたバスケットボールは、対人競技、団体競技であるため、練習量の数値化が困難であったからだと考える。例えば、1 試合中の出場時間がほぼ同じであった選手でも、ポジションの違いや試合の状況により走行距離、ジャンプの回数などは大きく異なる<sup>19)</sup>ことが要因として挙げられる。したがって、シーズンの違いにより筋硬度は有

意な変化を示すことがわかったが、筋硬度を変化させる要因については測定困難であった。今後は練習量やトレーニング量の詳細な記録が実施可能と考えられる、陸上競技や競泳種目において、練習量、トレーニング量と筋硬度変化の関連について継続的、継続的に調査することが必要だと考えた。

## 第2節 コンディショニングに関する主観的評価とアンケート項目

本研究では主観的な疲労感と筋硬度変化、およびコンディショニングに関する主観的な評価・アンケート項目と筋硬度変化について、対象者 16 名中回答を得られた 13 名について対象者毎に検定をかけ、各項目との関連について調査を行った。その結果、全対象者および全項目で、関連がみられなかった。

主観的なコンディショニング評価では、疲労感、体調、食欲、筋の状態、心のストレス、怪我の状態の 6 つの項目について回答を得た。この 6 項目の中でも、特に主観的な疲労感は、筋硬度と関連があるのではないかと仮説を立てた。しかし、主観的な疲労感だけでなく他の項目においても筋硬度との間に有意な関連はみられなかった。この結果より、選手が日ごろから感じている疲労感や、筋のハリやコリといった情報は、客観的な筋硬度のデータと一致しないことがわかった。また、その他の主観的な評価やアンケート項目である体調や食欲、心のストレスについても、筋の硬さの変化に関わっていないことがわかった。

スポーツの現場において、外傷・傷害の発生要因は様々である。筋疲労の増加や筋硬度の上昇により発生する外傷・傷害では、肉ばなれが代表的な疾患として挙げられる<sup>45)</sup>。肉ばなれは、筋実質に損傷が発生するものであり、発生要因については数多く調査が行われている<sup>45)</sup>。肉ばなれの発生要因については、木村ら<sup>21)</sup>によると、柔軟性の欠如（筋のタイトネス）、筋力または筋持久力の不足、筋疲労、共同筋収縮の同期性の不調、ウォーミングアップ不足などを報告している。しかしながら、本研究の結果からは、期の違いにより変化を示した筋硬度に対し、柔軟性の指標として測定した ROM とでは期の違いにより変化がみられなかったため、筋硬度の変化と ROM の変化が一致しないことがわかった。また、ROM に限らず、他の主観的なコンディショニング評価やアンケート項目においても筋硬度との間に関連がみられなかったことから、筋コンディショニングを行う際、柔軟性や筋力・筋持久力と筋硬度は区別し評価することが必要だと考えた。

本研究では筋実質の硬度変化について、超音波画像診断装置を用いた RTE という技術を使用し測定を行った。今回の結果から、主観的なコンディショニング評価やアンケート項目および ROM の変化との関連はみられなかったが、RTE を用い測定した筋硬度が、期の違いにより変化することがわかった。従来の筋硬度測定は押し込み式組織硬度計を使用した調査が主である。詳細な撮像領域の設定が行えないこと、測定者の感覚や経験に測定結果が左右され客観性に欠けるという問題点<sup>5)</sup>からも、より簡便で客観的な測定方法が求められていた。また、RTE を使用した骨格筋の継時的な筋硬度変化についても、十分な報告がなされておらず、一過性運動後の変化を調査した報告<sup>8) 23) 41) 50)</sup>が主であった。今回の RTE を使用した筋硬度測定では、従来の押し込み式組織硬度計で測定が困難であった対象部位の領域を詳細に区別し、更に音響カプラーを使用したことでより客観的で比較可能なデータが得られた。このことから、筋硬度測定の一方法として、超音波画像診断装置を用いた RTE は有用であり、また筋コンディショニングを行う手段の 1 つとしても有用性があるのではないかと考えた。

## 第7章 結論

大学女子バスケットボール選手に対して、4 ヶ月のシーズンを一般準備期、専門準備期、移行期、試合期の 4 つに期分けしコンディショニング評価を行った。その結果、主観的なコンディショニング評価とアンケート、筋硬度変化、全ての項目間で有意な関連はみられなかった。しかしながら、筋硬度変化では GM および TA の SR は、移行期と一般準備期、移行期と試合期で有意な差がみられ、練習量等の増加する一般準備期、専門準備期に比べ、練習量等の減少する移行期で GM、TA 共に筋硬度は増加（柔らかくなる）することが明らかになった。

また、柔軟性の指標として測定した ROM だけでなく、他の主観的なコンディショニング評価やアンケートと筋硬度との間にも関連がみられなかったことから、筋コンディショニングを行う際、柔軟性や筋力・筋持久力と、筋硬度は区別し評価することが必要であり、筋実質の硬さをより簡便かつ正確に捉える方法として RTE には有用性があるのではないかと考えた。

## 第8章 要約

【目的】本研究は、スポーツ競技におけるコンディショニング評価の1つとして、大学女子バスケットボール選手を対象に、主観的なコンディショニング評価およびその他のアンケートと、超音 Real-time tissue elastography(以下 RTE とする)を用いた筋硬度測定を継続的に実施し、シーズン間でのコンディショニングの把握への有用性を検討することを目的とした。

【方法】大学女子バスケットボール選手 16 名 (平均年齢 :  $19.9 \pm 0.8$  歳、身長 :  $163.1 \pm 5.2$ cm、体重 :  $58.6 \pm 5.4$ kg) に対し、4 ヶ月間、週 1 回の筋硬度および ROM の測定を実施した。また、測定期間中は主観的なコンディショニング評価およびアンケート項目について毎日回答させた。

【結果】 RTE を用い測定した歪み比 (strain ratio : SR) について、腓腹筋 (以下 GM とする) の SR の平均値は一般準備期  $5.78 \pm 1.83$ 、移行期  $9.63 \pm 4.28$ 、専門準備期  $7.34 \pm 2.46$ 、試合期  $6.58 \pm 1.62$  であり、期の違いによる筋硬度の変化に有意な差がみられた  $F(1.814, 27.211) = 5.839, p < .05$ 。また、前脛骨筋 (以下 TA とする) の SR の平均値も、一般準備期  $2.22 \pm 0.86$ 、移行期  $3.90 \pm 1.65$ 、専門準備期  $3.09 \pm 2.13$ 、試合期  $2.87 \pm 1.48$  であり、期の違いによる筋硬度の変化に有意な差がみられた ( $F(3, 45) = 3.235, p < .05$ )。GM、TA の SR は共に、一般準備期および試合期の平均値は移行期より高い値を示しており、移行期では筋が柔らかいことがわかった。また、対象者 16 名中、主観的なコンディショニング評価、アンケート項目の結果が得られた 13 名のデータを用い、主観的なコンディショニング評価とアンケート項目、および筋硬度それぞれの関連について検討を行った。しかし、全ての項目間で相関は見られなかった。

【結論】大学女子バスケットボール選手に対して、4 ヶ月のシーズンを一般準備期、専門準備期、移行期、試合期の 4 つに期分けしコンディショニング評価を行った。その結果、主観的なコンディショニング評価とアンケート、さらに筋硬度変化について、全項目間で有意な関連はみられなかった。しかしながら、筋硬度変化について GM および TA の SR は、移行期と一般準備期、移行期と試合期で有意な差がみられ、練習量やトレーニング量の増加する一般準備期、専門準備期に比べ練習、トレーニング量の減少する移行期では下腿筋群の筋硬度は増加 (柔らかくなる) することが明らかになった。また、期の違いにより変化を示した筋硬度に対



し、柔軟性の指標として測定した ROM では期の違いにより変化がみられなかったことから、筋硬度の変化と ROM の変化が一致しないことがわかった。さらには ROM に限らず、他のコンディショニング評価やアンケートにおいても筋硬度との間に関連がみられなかったことから、筋コンディショニングを行う際、柔軟性や筋力・筋持久力と、筋硬度は区別し評価することが必要であり、筋実質の硬さをより簡便かつ正確に捉える方法として RTE には有用性があるのではないかと考えた。

引用文献一覧

- 1) Ashina M, Bendtsen L, Jensen R, Sakai F, Olesen J. Measurement of muscle hardness : a methodological study. *Cephalalgia* 18 : 106-111, 1998.
- 2) Akagi R, Chino K, Dohi M, Takahashi H. Relationships between muscle size and stiffness of the medial gastrocnemius at different ankle joint angles in young men. *Acta Radiol.* 53: 307-311, 2012.
- 3) Akagi R, Takahashi H. Acute effect of static stretching on hardness of the gastrocnemius muscle. *Med Sci Sports Exerc.* 45: 1348-1354, 2013.
- 4) Akagi R, Takahashi H. Effect of a 5-week static stretching program on hardness of the gastrocnemius muscle. *Scand J Med Sci Sports* 2013; Epub a head of print.
- 5) Arokoski JP, Surakka J, Ojala T, Kolari P, Jurvelin JS. Feasibility of the use of a novel soft tissue stiffness meter. *Physiol Meas.* 26: 215-228, 2005.
- 6) Chino K, Akagi R, Dohi M, Fukashiro S, Takahashi H. Reliability and validity of quantifying absolute muscle hardness using ultrasound elastography. *PLoS ONE.* 7: e45764, 2012.
- 7) 土居陽治郎, 小林一敏 : 筋肉の硬さ測定に関する研究. 筑波大学体育科学系紀要. 11: 265-274, 1988.
- 8) Drakonaki EE, Allen GM, Wilson DJ. Ultrasound elastography for musculoskeletal applications. *Br J Radiol.* 85: 1435-1445, 2012.
- 9) Drakonaki EE, Allen GM. Magnetic resonance imaging, ultrasound and real-time ultrasound elastography of the thigh muscles in congenital muscle dystrophy. *Skeletal Radiol.* Apr ; 39 : 391-396, 2010.
- 10) Friedrich-Rust M, Schwarz A, Ong M, Dries V, Schirmacher P, Herrmann E, Samaras P, Bojunga J, Bohle RM, Zeuzem S, Sarrazin C. Real-time tissue elastography versus FibroScan for noninvasive assessment of liver fibrosis in chronic liver disease. *Ultraschall Med* 30 : 478-484, 2009.
- 11) 藤原洋子, 松村毅, 村山直之, 元木満, 三竹毅 : エラストグラフィ用音響カプラーの開発. *MEDIX.* 55 : 40-44, 2013.

- 12) 廣野準一, 向井直樹, 高柳尚司, 宮川俊平: 一過性運動が腓腹筋およびアキレス腱の硬度に及ぼす影響—超音波 Real-time Tissue Elastography を用いた検討—: 体力科学. 62(3): 199-205, 2013.
- 13) Horikawa M, Ebihara S, Sakai F, Akiyama M. Non-invasive measurement method for hardness in muscular tissues. Med Biol Eng Comput 1993; 31: 623-627, 1993.
- 14) 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: 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: 573-578, 1997.
- 15) 池野晋: 筋肉損傷に対する超音波診断法. 臨床整形外科, 26(8): 985-911, 1991.
- 16) 稲見崇孝, 清水卓也, 三木貴弘. : ヒト骨格筋における超音波エラストグラフィの基礎理論と臨床応用. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌, in press, 2014.
- 17) 板倉尚子: スポーツ理学療法におけるコンディショニングとケア. 理学療法科学. 23(3): 363-367, 2008.
- 18) Itoh A, Ueno E, Tohno E, Kamma H, Takahashi H, Shiina T, Yamakawa M, Matsumura T. Breast disease: clinical application of US elastography for diagnosis. Radiology 239: 341-350, 2006.
- 19) 加賀谷善教, 中條智志: 女子バスケットボール選手の年代による身体機能の差—中学生と高校生に対するメディカルチェック結果から—. 体力科学. 62(3): 207-213, 2013.
- 20) 片山憲史, 田中忠蔵, 西川弘恭, 平澤泰介: 筋疲労. 体力科学. 43: 309-317, 1994.
- 21) 木村護郎, 今野宏亮, 徳元仁美, 杉原由未子, 栗井瞳, 佐々木誠. : 大腿四頭筋ならびに内・外側ハムストリングの筋力比と大腿部肉離れの発生との関係. 理学療法科学, 19(4): 323-329, 2004.
- 22) 木下裕光ほか: 成長期男子サッカー選手における膝伸展機構の筋硬度の検討. 整スポ会誌 25 (4): 399-402, 2006.
- 23) 小宮秀明, 手塚博之, 鈴木正寛: 筋硬度からみた局所筋運動後の疲労軽減

- に及ぼすマッサージの効果. 臨床スポーツ医学. 29(4) : 447-451, 2012.
- 24) 三竹毅, 松村剛, 脇康治, 村山直之, 山本佳子 : Real-time Tissue Elastography 技術の開発, 医用画像情報学会雑誌, 23 : 70-74, 2006.
- 25) 宮川俊平ほか : 筑波大学におけるスポーツ選手のメディカルチェックシステムの構築—女子バスケットボール部のメディカルチェックを中心に, 筑波大学体育科学系紀要 28 : 57-66,
- 26) 村木征人 : スポーツトレーニング理論. ブックハウス・エイチディ, 1994.
- 27) Murayama M, Nosaka K, Yoneda T, Minamitani K. Changes in hardness of the human elbow flexor muscles after eccentric exercise. Eur J Appl Physiol. 82: 361-367, 2000.
- 28) Murayama M, Watanabe K, Kato R, Uchiyama T, Yoneda T. Association of muscle hardness with muscle tension dynamics: a physiological property. Eur J Appl Physiol . 112: 105-112, 2012.
- 29) 村山光義, 米田継武, 河合祥雄 : 一過性疲労運動後の筋硬度と血流量の関係, 体力科学, 53 : 669, 2004.
- 30) 内藤寛 : 運動選手の筋硬度に関する研究. 体力科学, 7(1) : 1-13, 1958.
- 31) 内藤寛 : 運動選手の筋硬度に関する実験的研究. 体力科学, 3 : 15, 1951.
- 32) 新畑茂充, 和田正信, 金丸キミエ, 宮広重夫, 三宅勝次, 川村毅 : 陸上競技選手のコンディショニングに関する研究—主に血漿 CKP 活性値の変動から— . 臨床スポーツ医学. 13(10) : 1179-1185.
- 33) Niitsu M, Michizaki A, Endo A, Takei H, Yanagisawa O. Muscle hardness measurement by using ultrasound elastography : a feasibility study. Acta Radiol 52 : 99- 105, 2011.
- 34) 大鶴直史, 奥野史也, 野島一平, 松原貴子, 安藤啓司 : 遅発性筋痛における筋スティフネス上昇と機械的痛覚低下に関連性はあるか? . 日本理学療法学会大会, 2006(0) : A0489-A0489, 2007.
- 35) Ritchie BB., Woods JJ. Changes in muscle contractile properties and neural control during human muscular fatigue. Muscle Nerve. 7:691-699, 1984.
- 36) Săftoiu A, Vilmann P, Hassan H, Gorunescu F. Analysis of endoscopic

- ultrasound elastography used for characterisation and differentiation of benign and malignant lymph nodes. *Ultraschall Med* 27 : 535-542, 2006.
- 37) 酒井吉仁, 梅野克身, 荻島久裕, 辻政彦, 上條正義: 静的ストレッチングにおけるリラクゼーションをもたらす伸張感性と筋スティフネスの関係. *理学区療法科学*. 29(3) : 399-403, 2014.
- 38) 関川景子, 山崎美帆, 鈴木克彦: 等速性膝屈伸運動後における介入方法の違いが筋力と筋硬度に及ぼす影響—スタティックストレッチングと低負荷抵抗運動による検討—: *東北理学療法学*. 21 : 91-97, 2009.
- 39) 塩田徹: 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. *スポーツ健康科学紀要*, (11), 29-38, 2014-03.
- 40) 曾我部晋哉ほか: 内反膝がレッグプレス後の下肢筋硬度変化に及ぼす影響について. *日本臨床スポーツ医学会誌* 11 : 518-525, 2003.
- 41) 孫崗, 宮川俊平, 木下祐光, 竹村雅祐, 向井直樹: 成長期女子サッカー選手における大腿四頭筋の筋硬度の試合前後の変化. *日本臨床スポーツ医学会誌*. 16(1) : 68-71, 2008.
- 42) 須藤一: 材料試験法, 内田老鶴園新社. 95, 1976.
- 43) 鈴木恒: 成長期サッカー選手に対するストレッチングの効果. 順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科修士論文. 2014.
- 44) 寺沢正男: 硬さのおはなし. 日本規格協会. 29-51, 1968.
- 45) 辻村亨: 肉離れ後の組織の硬さと競技復帰—超音波のエラストグラフィと音響カプラーを用いた外傷の評価—. *Sportsmedicine*. 166: 29-32, 2014.
- 46) Ueno E, Tohno E, Soeda S, Asaoka Y, Itoh K, Bamber JC, Blaszczyk M, Davey J, Mckinna JA. Dynamic tests in real-time breast echography. *Ultrasound Med Biol* 14 : 53-57, 1988.
- 47) Wang HK, Wu YK, Lin KH, Shiang TY. Noninvasive analysis of fascicle curvature and mechanical hardness in calf muscle during contraction and relaxation. *Man Ther* . 14:264-269, 2008.
- 48) Yanagisawa O, Niitsu M, Kurihara T, Fukubayashi T. Evaluation of human muscle hardness after dynamic exercise with ultrasound real-time tissue elastography : A feasibility study. *Clin Radiol* 66 : 815-819, 2011.

- 49) Yanagisawa O, Niitsu M, Kurihara T, Fukubayashi T. Evaluation of human muscle stiffness after dynamic exercise with ultrasound real-time tissue elastography: A feasibility study. Clin Radiol. 66: 815-819, 2011.
- 50) 柳澤修, 新津守, 栗原俊之, 福林通: 超音波 Real-time tissue elastography による運動後の骨格筋硬度の評価. 日本臨床スポーツ医学会誌. 19(1):132-136, 2011.
- 51) 米津貴久, 稲見崇孝, 広瀬統一, 福林徹: 筋の硬さに関する研究小史. Sportsmedicine. 166:4-7, 2014.
- 52) 吉沢武男: 硬さ試験法とその応用. 裳華房. 1-6, 1967.
- 53) 財団法人日本体育協会: アスレティックトレーナーテキスト 6-アスレティックトレーナー養成講習教本一. (財)日本体育協会, 東京, 2-5, 2007.

## Abstract

[Purpose] The purpose of this study was to investigate the usefulness of repeated measurements of surveys including subjective conditioning evaluation and muscle hardness throughout a season for better understanding of conditioning in college female basketball players.

[Method] Sixteen college female basketball players (age:  $19.9 \pm 0.8$  y/o, height:  $163.1 \pm 5.2$  cm, weight:  $58.6 \pm 5.4$  kg) participated in this study. Muscle hardness of the medial head of gastrocnemius (GM) and tibialis anterior (TA) was measured using the Real-time Tissue Elastography. The muscle hardness was estimated as Strain Ratio (SR) by comparing the strain of the targeted region and that of an acoustic coupler. In this fashion, the lower the SR is, the harder the muscle is. The muscle hardness and Range of Motion (ROM) of lower extremity were measured once a week for four months. Also surveys including subjective conditioning evaluation were answered every day in the same period of time.

[Result] The average SRs of GM in different periods were following; general preparation period:  $5.78 \pm 1.83$ , transition period:  $9.63 \pm 4.28$ , special preparation period:  $7.34 \pm 2.46$ , competition period:  $6.58 \pm 1.62$ , and there were significant differences between the periods ( $F(3,45) = 3.235$ ,  $P < .05$ ). SRs of GM and TA in general preparation period were significantly higher than those in transition period, which means muscles are softer in transition period. There was no correlation between each item of surveys including subjective conditioning evaluation and muscle hardness.

[Conclusion] We carried out a repeated conditioning evaluation throughout 4-month season by dividing it into general preparation, transition, special preparation, and competition periods. There was no significant relationship between the survey items including subjective conditioning evaluation and muscle hardness. On the other hand, it was found that muscle hardness in transition period, when training load decreased, got softer than that in general and special preparation periods, when training load increased. It was also

found that the change of muscle hardness and the change of ROM did not match from the fact that ROM did not change throughout the season compared to the change of muscle hardness between periods. Moreover, it was suggested that muscle hardness need to be distinguished from muscle flexibility, strength, and endurance when evaluating muscle condition. There is a possibility of the Real-time Tissue Elastography as a easy and accurate method to evaluate the substantial hardness of muscles.



## 謝辞

本論文作成にあたり、多大なるご指導および御校閲を賜りました櫻庭景植教授には心より感謝申し上げます。また窪田敦史助教授におかれましても大変お忙しい中、ご指導頂き誠にありがとうございます。櫻庭研究室の皆様におかれましてもミーティングでのご指導を頂き、ありがとうございました。

本論文の作成に際しまして、測定にご協力頂いた順天堂大学女子バスケットボール部の選手と中嶽誠監督、相澤義政ヘッドコーチには大変感謝致します。また、測定にあたり多大なるご協力頂きました櫻庭研究室の大学院生の皆様には誠に深く御礼申し上げます。

本研究がスポーツの現場における、コンディショニング評価の1つ、さらにスポーツ障害・外傷予防に少しでも寄与するものとなれば幸いです。

最後に、大学院進学に当たり理解を示してくださった川本整形外科の皆様、また家族に感謝致します。

図表一覧

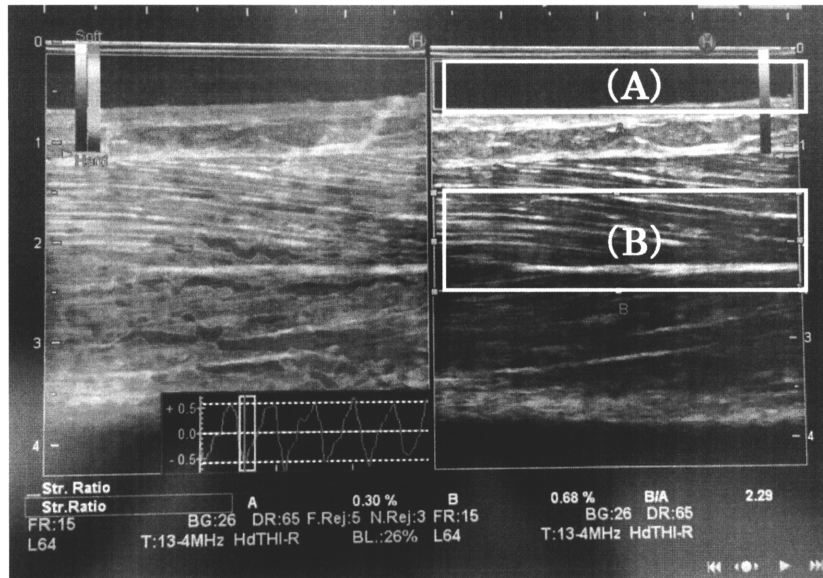


図 1 超音波 Real-time Tissue Elastography 画像 (基準部位 (A)、対象部位 (B))

機能的不安定性 Karlssonスコアリングシート				
記入日:		名前		
		項目	左	右
1	疼痛	特にない	20	20
		練習中または試合中	15	15
		悪路を歩いている時	10	10
		平地を歩いている時	5	5
		常に痛い	0	0
2	腫脹	特にない	10	10
		練習後	5	5
		いつも	0	0
3	不安定感	特にない	25	25
		1年に1~2回程度	20	20
		月に1~2回程度	15	15
		悪路を歩いている時	10	10
		平地を歩いている時	5	5
		いつも	0	0
4	動きづらさ	特にない	5	5
		練習中または起床時	2	2
		いつも	0	0
5	階段	問題ない	10	10
		不安感がある	5	5
		困難	0	0
6	走行	問題ない	10	10
		不安定感がある	5	5
		困難	0	0
7	日常生活	問題ない	15	15
		スポーツ活動を除けば問題ない	10	10
		時折スポーツ活動が難しい	5	5
		日常生活に支障がある	0	0
8	装具(サポーター)・テーピング	必要でない	5	5
		スポーツ時に必要	2	2
		日常生活に必要	0	0
		合計		

図 2 機能的不安定性 Karlsson スコアリングシート

「大学女子バスケットボール選手におけるコンディショニング把握としての筋適応評価」  
に関するアンケート

氏名(コートネーム)： \_\_\_\_\_ 身長： \_\_\_\_\_  
 学年(年齢)： \_\_\_\_\_ 体重： \_\_\_\_\_

◇足関節捻挫の既往：右(有/無) ⇒有の場合、1回・5回未満・10回以上  
 左(有/無) ⇒有の場合、1回・5回未満・10回以上

◇足関節捻挫以外の既往：

◇運動歴(バスケットボール)： \_\_\_\_\_ 年

◇バスケットボール以外の運動歴(解ればやっていた時期)：

例：水泳(小1～小6)

全身筋線性		左		右	
		出来る	出来ない	出来る	出来ない
1	親指が前腕につく	0.5	0	0.5	0
2	肘が15°以上過伸展する	0.5	0	0.5	0
3	背中で指が握れる	0.5	0	0.5	0
4	膝が10°以上過伸展する	0.5	0	0.5	0
5	足関節が45°以上背屈する	0.5	0	0.5	0
		出来る	出来ない	/	
6	手掌が床につく	1	0		
7	足首が190°以上開く	1	0		
合計					

図 3 研究実施前アンケート

### Condition check sheet

氏名(コトネーム) \_\_\_\_\_

期間: 月 日 ~ 月 日まで

<p><b>体調</b></p> <p>良 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 悪</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100px;"> <tr><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> <p>日付</p>	/	/	/	/	/	/	/	/									<p><b>疲労度</b></p> <p>多 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 少</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100px;"> <tr><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> <p>日付</p>	/	/	/	/	/	/	/	/																																																																								
/	/	/	/	/	/	/	/																																																																																										
/	/	/	/	/	/	/	/																																																																																										
<p><b>睡眠時間</b></p> <p>12h 11 10 9 8 7 6 5 4 3 h</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100px;"> <tr><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> <p>日付</p>	/	/	/	/	/	/	/	/									<p><b>食欲</b></p> <p>良 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 悪</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100px;"> <tr><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> <p>日付</p>	/	/	/	/	/	/	/	/																																																																								
/	/	/	/	/	/	/	/																																																																																										
/	/	/	/	/	/	/	/																																																																																										
<p><b>体重</b></p> <p>2.5 2 1.5 1 0.5 0 -0.5 -1 -1.5 -2 -2.5</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100px;"> <tr><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> <p>kg kg kg kg kg kg kg</p>	/	/	/	/	/	/	/	/									<p><b>筋肉の状態(ハリ感・柔軟性・凝り感)</b></p> <p>良 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 悪</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100px;"> <tr><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> <p>部位</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <tr><td>頸部</td><td>頸部</td><td>頸部</td><td>頸部</td><td>頸部</td><td>頸部</td><td>頸部</td><td>頸部</td></tr> <tr><td>上肢</td><td>上肢</td><td>上肢</td><td>上肢</td><td>上肢</td><td>上肢</td><td>上肢</td><td>上肢</td></tr> <tr><td>臀部</td><td>臀部</td><td>臀部</td><td>臀部</td><td>臀部</td><td>臀部</td><td>臀部</td><td>臀部</td></tr> <tr><td>大腿後面</td><td>大腿後面</td><td>大腿後面</td><td>大腿後面</td><td>大腿後面</td><td>大腿後面</td><td>大腿後面</td><td>大腿後面</td></tr> <tr><td>大腿前面</td><td>大腿前面</td><td>大腿前面</td><td>大腿前面</td><td>大腿前面</td><td>大腿前面</td><td>大腿前面</td><td>大腿前面</td></tr> <tr><td>下腿後面</td><td>下腿後面</td><td>下腿後面</td><td>下腿後面</td><td>下腿後面</td><td>下腿後面</td><td>下腿後面</td><td>下腿後面</td></tr> <tr><td>下腿前面</td><td>下腿前面</td><td>下腿前面</td><td>下腿前面</td><td>下腿前面</td><td>下腿前面</td><td>下腿前面</td><td>下腿前面</td></tr> <tr><td>その他</td><td>その他</td><td>その他</td><td>その他</td><td>その他</td><td>その他</td><td>その他</td><td>その他</td></tr> </table>	/	/	/	/	/	/	/	/									頸部	頸部	頸部	頸部	頸部	頸部	頸部	頸部	上肢	上肢	上肢	上肢	上肢	上肢	上肢	上肢	臀部	臀部	臀部	臀部	臀部	臀部	臀部	臀部	大腿後面	大腿後面	大腿後面	大腿後面	大腿後面	大腿後面	大腿後面	大腿後面	大腿前面	大腿前面	大腿前面	大腿前面	大腿前面	大腿前面	大腿前面	大腿前面	下腿後面	下腿後面	下腿後面	下腿後面	下腿後面	下腿後面	下腿後面	下腿後面	下腿前面	下腿前面	下腿前面	下腿前面	下腿前面	下腿前面	下腿前面	下腿前面	その他	その他	その他	その他	その他	その他	その他	その他
/	/	/	/	/	/	/	/																																																																																										
/	/	/	/	/	/	/	/																																																																																										
頸部	頸部	頸部	頸部	頸部	頸部	頸部	頸部																																																																																										
上肢	上肢	上肢	上肢	上肢	上肢	上肢	上肢																																																																																										
臀部	臀部	臀部	臀部	臀部	臀部	臀部	臀部																																																																																										
大腿後面	大腿後面	大腿後面	大腿後面	大腿後面	大腿後面	大腿後面	大腿後面																																																																																										
大腿前面	大腿前面	大腿前面	大腿前面	大腿前面	大腿前面	大腿前面	大腿前面																																																																																										
下腿後面	下腿後面	下腿後面	下腿後面	下腿後面	下腿後面	下腿後面	下腿後面																																																																																										
下腿前面	下腿前面	下腿前面	下腿前面	下腿前面	下腿前面	下腿前面	下腿前面																																																																																										
その他	その他	その他	その他	その他	その他	その他	その他																																																																																										
<p><b>生理</b></p> <p>※生理は、1日目の場合空欄に【1】と記入してください。</p>	<p>※部位に○を付けてください。複数選択可。</p>																																																																																																
<p><b>心の状態(ストレス・ゆとり)</b></p> <p>多 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 少</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100px;"> <tr><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> <p>日付</p>	/	/	/	/	/	/	/	/									<p><b>怪我・病気の状態</b></p> <p>良 10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 悪</p> <table border="1" style="width: 100%; height: 100px;"> <tr><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td><td>/</td></tr> <tr><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td><td> </td></tr> </table> <p>日付</p>	/	/	/	/	/	/	/	/																																																																								
/	/	/	/	/	/	/	/																																																																																										
/	/	/	/	/	/	/	/																																																																																										

図 4 コンディショニングチェックシート①

## Condition check sheet ②

氏名(コトネーム)

期間: 月 日 ~ 月 日まで

トレーニング内容		3w							
		ex	day1	day2	day3	day4	day5	day6	day7
時間	1h								
①練習前後以外のストレッチ	○								
②マッサージ(部位)	下肢								
③入浴	○								

トレーニング内容		4w							
		ex	day1	day2	day3	day4	day5	day6	day7
時間	1h								
①練習前後以外のストレッチ	○								
②マッサージ(部位)	下肢								
③入浴	○								

トレーニング内容		1w						
		ex	day1	day2	day3	day4	day5	day6
時間	40分							
①練習前後以外のストレッチ	○							
②マッサージ(部位)	下肢							
③入浴	○							

トレーニング内容		2w						
		ex	day1	day2	day3	day4	day5	day6
時間	1h							
①練習前後以外のストレッチ	○							
②マッサージ(部位)	下肢							
③入浴	○							

トレーニングは所要時間を記入。10分単位で可。トレーニング内容はやった部位に○をつける。

①・②・③: ストレッチをした場合、湯船に浸かった場合○、しなかった場合×

②: マッサージをした場合○、( )内はやった部位を記入

ex: 練習以外でストレッチした⇒○、マッサージはふくらはぎをやった⇒下肢、湯船に浸かった⇒○

図 5 ロンディショニングチェックシート②

表 1 対象者基礎データ

平均年齢	平均身長	平均体重	平均競技経験	平均全身弛緩性
19.9±0.8 歳	163.1±5.2cm	58.6±5.4kg	11 年	2.75±1.05

表 2 GM および RM の筋硬度平均値

	一般準備期	移行期	専門準備期	試合期
GM 平均	5.78±1.83	9.63±4.28	7.34±2.46	6.58±1.62
TA 平均	2.22±0.86	3.90±1.65	3.09±2.13	2.87±1.48

表 3 期の違いによる筋硬度変化 (GM)

期	期	平均値の差	標準偏差	有意確率	95%平均差信頼区間	
					下限	上限
一般準備期	移行期	-3.638*	.942	.002	-5.645	-1.630
	専門準備期	-1.368	.710	.073	-2.881	.144
	試合期	-.734	.482	.148	-1.760	.293
移行期	一般準備期	3.638*	.942	.002	1.630	5.645
	専門準備期	2.269	1.228	.084	-.347	4.886
	試合期	2.904*	1.186	.027	.376	5.432
専門準備期	一般準備期	1.368	.710	.073	-.144	2.881
	移行期	-2.269	1.228	.084	-4.886	.347
	試合期	.634	.734	.401	-.929	2.198
試合期	一般準備期	.734	.482	.148	-.293	1.760
	移行期	-2.904*	1.186	.027	-5.432	-.376
	専門準備期	-.634	.734	.401	-2.198	.929

推定周辺平均に基づいた

\*.平均値の差は.05 水準で有意とした。



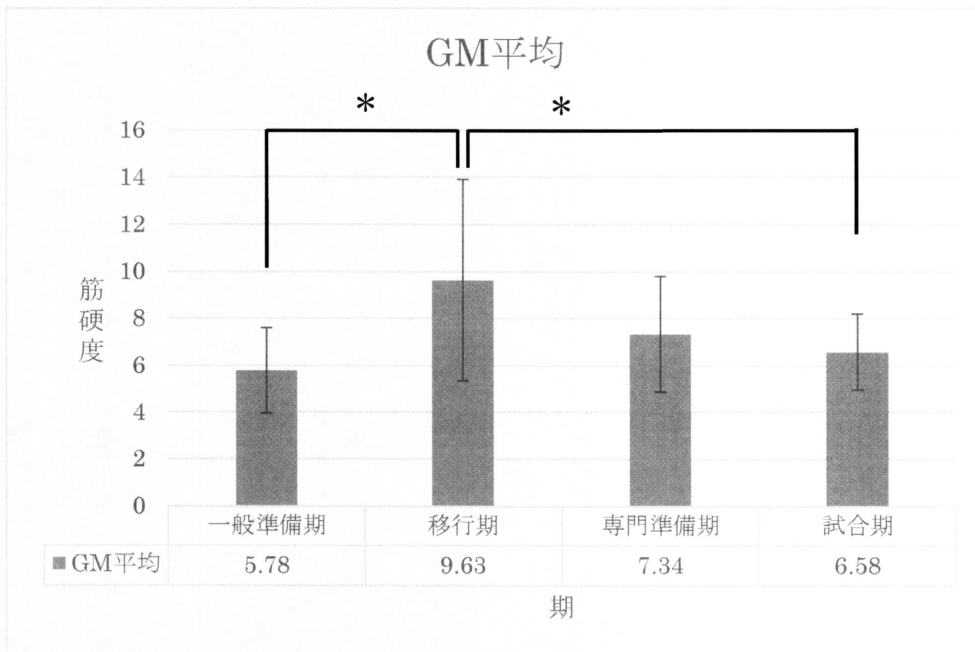


図 6 期の違いによる筋硬度変化 (GM)

表 4 期の違いによる筋硬度変化 (TA)

期	期	平均値の差	標準偏差	有意確率	95%平均差信頼区間	
					下限	上限
一般準備期	移行期	-1.684*	.542	.007	-2.839	-.529
	専門準備期	-.978	.609	.129	-2.277	.321
	試合期	-.701	.375	.081	-1.501	.099
移行期	一般準備期	1.684*	.542	.007	.529	2.83
	専門準備期	.706	.623	.275	-.621	2.034
	試合期	.983*	.428	.037	.070	1.896
専門準備期	一般準備期	.978	.609	.129	-.321	2.277
	移行期	-.706	.623	.275	-2.034	.621
	試合期	.277	.651	.677	-1.111	1.665
試合期	一般準備期	.701	.375	.081	-.099	1.501
	移行期	-.983*	.428	.037	-1.896	-.070
	専門準備期	-2.77	.651	.677	-1.665	1.111

推定周辺平均に基づいた

\*.平均値の差は.05水準で有意とした。

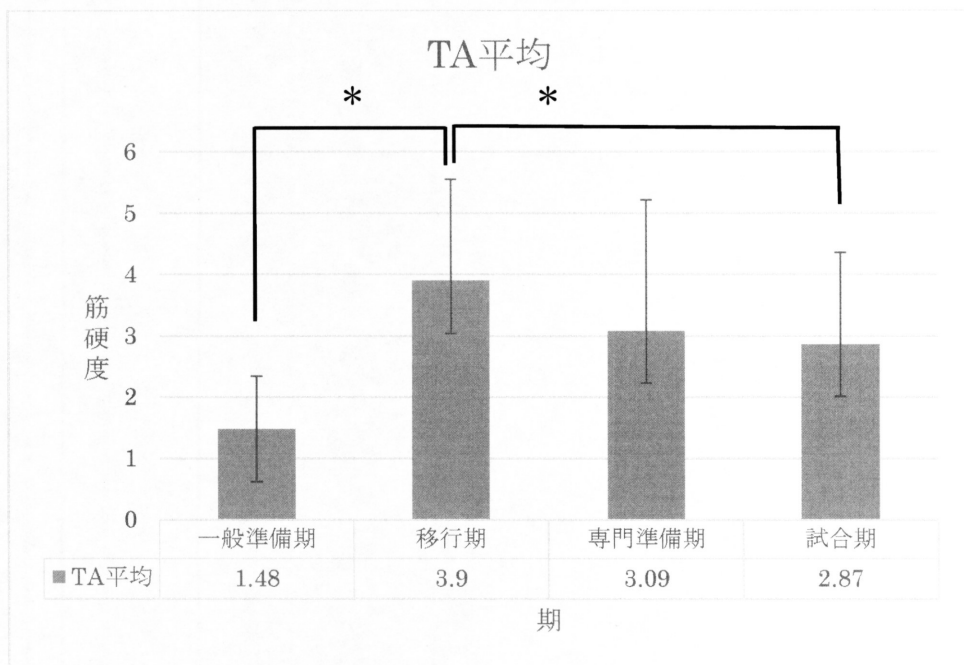


図 7 期の違いによる筋硬度変化 (TA)

表 5 ROM 平均値

	一般準備期	移行期	専門準備期	試合期
膝伸展	1.19±2.6	0.83±2.4	1.80±2.9	1.09±2.7
膝屈曲	136.38±3.4	136.04±3.6	136.72±3.9	136.33±4.2
足関節背屈	15.75±4.2	15.52±4.4	16.41±4.7	15.94±4.3
足関節底屈	48.94±6.5	47.81±7.1	48.75±6.1	49.22±7.1

表 6 筋力 (膝関節屈曲)

変動要因	変動	自由度	平均平方	F	p-値
グループ間	755.950	15	50.397		
グループ内	3.670	3	1.232	0.330	0.804
誤差	167.910	45	3.731		
合計	927.555	63			

+ p<.10, \* p<.05, \*\* p<.01, \*\*\* p<.005, \*\*\*\* p<.001

表 7 筋力 (膝関節伸展)

変動要因	変動	自由度	平均平方	F	p-値
グループ間	411.861	15	27.457		
グループ内	7.987	3	2.662	2.956	0.0424 *
誤差	40.527	45	0.901		
合計	460.375	63			

+ p<.10, \* p<.05, \*\* p<.01, \*\*\* p<.005, \*\*\*\* p<.001

表 8 筋力 (足関節背屈)

変動要因	変動	自由度	平均平方	F	p-値
グループ間	1153.611	15	76.907		
グループ内	6.785	3	2.262	1.411	0.252
誤差	72.124	45	0.901		
合計	460.375	63			

+ p<.10, \* p<.05, \*\* p<.01, \*\*\* p<.005, \*\*\*\* p<.001

表 9 筋力 (足関節底屈)

変動要因	変動	自由度	平均平方	F	p-値
グループ間	2737.605	15	182.507		
グループ内	17.807	3	5.936	1.697	0.181
誤差	157.398	45	3.497		
合計	2912.810	63			

+ p<.10, \* p<.05, \*\* p<.01, \*\*\* p<.005, \*\*\*\* p<.001

表 10 筋硬度 (GM) と疲労感①

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	64.253	1	64.253	12.130	.004 <sup>b</sup>
残差	68.864	13	5.297		
合計	133.117	14			

a. 従属変数 筋硬度 GM

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 11 筋硬度 (TA) と疲労感①

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	.022	1	.022	.015	.904 <sup>b</sup>
残差	18.729	13	1.441		
合計	18.751	14			

a. 従属変数 筋硬度 TA

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 12 筋硬度 (GM) と疲労感②

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	.000	1	.000	.000	.997 <sup>b</sup>
残差	141.739	13	10.903		
合計	141.739	14			

a. 従属変数 筋硬度 GM

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 13 筋硬度 (TA) と疲労感②

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	.074	1	.074	.057	.816 <sup>b</sup>
残差	16.934	13	1.303		
合計	17.007	14			

a. 従属変数 筋硬度 TA

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 14 筋硬度 (GM) と疲労感③

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	7.588	1	7.588	1.148	.303 <sup>b</sup>
残差	85.926	13	6.610		
合計	93.514	14			

a. 従属変数 筋硬度 GM

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 15 筋硬度 (TA) と疲労感③

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	.592	1	.592	.309	.588 <sup>b</sup>
残差	24.935	13	1.918		
合計	25.527	14			

a. 従属変数 筋硬度 TA

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 16 筋硬度 (GM) と疲労感④

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	8.083	1	8.038	2.029	.176 <sup>b</sup>
残差	55.454	13	3.961		
合計	63.492	14			

a. 従属変数 筋硬度 GM

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 17 筋硬度 (TA) と疲労感④

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	.024	1	.042	.053	.822 <sup>b</sup>
残差	11.047	13	.789		
合計	11.089	14			

a. 従属変数 筋硬度 TA

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 18 筋硬度 (GM) と疲労感⑤

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	.502	1	.502	.023	.881 <sup>b</sup>
残差	304.229	13	21.731		
合計	304.731	14			

a. 従属変数 筋硬度 GM

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 19 筋硬度 (TA) と疲労感⑤

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	4.202	1	4.202	.198	.663 <sup>b</sup>
残差	296.730	13	21.195		
合計	300.932	14			

a. 従属変数 筋硬度 TA

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 20 筋硬度 (GM) と疲労感⑥

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	5.712	1	5.712	.743	.403 <sup>b</sup>
残差	107.638	13	7.688		
合計	113.350	14			

a. 従属変数 筋硬度 GM

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 21 筋硬度 (TA) と疲労感⑥

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	3.686	1	3.686	1.185	.295 <sup>b</sup>
残差	43.541	13	3.110		
合計	47.227	14			

a. 従属変数 筋硬度 TA

b. 予測値: (定数)、疲労感



表 22 筋硬度 (GM) と疲労感⑦

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	17.411	1	17.411	1.587	.228 <sup>b</sup>
残差	153.624	13	10.973		
合計	171.035	14			

a. 従属変数 筋硬度 GM

b. 予測値:(定数)、疲労感

表 23 筋硬度 (TA) と疲労感⑦

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	.516	1	.516	.498	.492 <sup>b</sup>
残差	14.513	13	1.037		
合計	15.030	14			

a. 従属変数 筋硬度 TA

b. 予測値:(定数)、疲労感

表 24 筋硬度 (GM) と疲労感⑧

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	50.811	1	50.811	2.167	.163 <sup>b</sup>
残差	328.329	13	23.542		
合計	379.140	14			

a. 従属変数 筋硬度 GM

b. 予測値:(定数)、疲労感

表 25 筋硬度 (TA) と疲労感⑧

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	1.011	1	1.011	1.222	.288 <sup>b</sup>
残差	11.575	13	.827		
合計	12.586	14			

a. 従属変数 筋硬度 TA

b. 予測値:(定数)、疲労感

表 26 筋硬度 (GM) と疲労感⑨

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	4.755	1	4.755	.591	.455 <sup>b</sup>
残差	112.729	13	8.052		
合計	117.484	14			

a. 従属変数 筋硬度 GM

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 27 筋硬度 (TA) と疲労感⑨

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	.000	1	.000	.000	.995 <sup>b</sup>
残差	23.849	13	1.703		
合計	23.849	14			

a. 従属変数 筋硬度 TA

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 28 筋硬度 (GM) と疲労感⑩

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	23.472	1	23.472	.608	.448 <sup>b</sup>
残差	540.216	13	38.587		
合計	563.688	14			

a. 従属変数 筋硬度 GM

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 29 筋硬度 (TA) と疲労感⑩

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	57.416	1	57.416	4.642	.049 <sup>b</sup>
残差	173.152	13	12.368		
合計	230.568	14			

a. 従属変数 筋硬度 TA

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 30 筋硬度 (GM) と疲労感⑩

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	29.675	1	29.675	3.061	.106 <sup>b</sup>
残差	116.344	13	9.695		
合計	146.020	14			

a. 従属変数 筋硬度 GM

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 31 筋硬度 (TA) と疲労感⑩

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	.073	1	.073	.318	.583 <sup>b</sup>
残差	2.760	13	.230		
合計	2.833	14			

a. 従属変数 筋硬度 TA

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 32 筋硬度 (GM) と疲労感⑫

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	171.050	1	171.050	.383	.548 <sup>b</sup>
残差	5365.178	13	447.098		
合計	5536.228	14			

a. 従属変数 筋硬度 GM

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 33 筋硬度 (TA) と疲労感⑫

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	29.831	1	29.831	12.040	.083 <sup>b</sup>
残差	29.732	13	2.478		
合計	59.564	14			

a. 従属変数 筋硬度 TA

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 34 筋硬度 (GM) と疲労感⑬

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	8.839	1	8.839	3.309	.094 <sup>b</sup>
残差	32.057	13	2.671		
合計	40.895	14			

a. 従属変数 筋硬度 GM

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 35 筋硬度 (TA) と疲労感⑬

モデル	平方和	df	平均平方	F	有意確率
1 回帰	.690	1	.690	.740	.407 <sup>b</sup>
残差	11.195	13	.933		
合計	11.885	14			

a. 従属変数 筋硬度 TA

b. 予測値: (定数)、疲労感

表 36 主観的コンディショニング評価およびアンケート項目 平均値

	一般準備期	移行期	専門準備期	試合期
主観的疲労感	6.60±1.06	6.60±1.19	6.97±1.12	7.19±1.33
体調	6.94±1.13	7.32±1.36	6.98±1.48	7.20±1.48
食欲	7.44±1.50	7.53±1.15	7.13±1.37	7.33±1.55
筋の状態	9.59±14.41	10.57±14.83	10.22±14.60	10.41±14.52
怪我の状態	4.84±2.96	4.77±2.86	4.85±2.77	4.92±2.81
心の状態	5.33±2.73	5.05±2.91	5.40±3.13	5.31±3.15
睡眠時間	7.03±0.81	6.38±0.90	7.11±1.20	7.07±1.23
体重	55.42±15.04	55.41±15.06	55.06±15.34	55.18±14.80
ストレッチの有無	1.55±1.50	1.58±1.77	1.40±1.16	1.51±1.32
マッサージの有無	0.90±0.71	0.92±0.76	0.99±0.76	1.05±0.81
入浴の有無	1.00±0.53	0.92±0.43	1.01±0.53	1.01±0.53