

# スポーツ科学研究

第 1 集

競技スポーツにおけるコンディショニングの再考

小松泰喜・小山裕三  
Taiki Komatsu and Yuzo Koyama

日本大学スポーツ科学部  
College of Sports Sciences, Nihon University

キーワード：コンディショニング，神経生理学，ストレッチング，アキレス腱，ねじれ構造

平成 29 年 3 月  
日本大学スポーツ科学部  
スポーツ科学研究所

# 競技スポーツにおけるコンディショニングの再考

小松泰喜\*・小山裕三\*  
Taiki Komatsu and Yuzo Koyama

日本大学スポーツ科学部  
College of Sports Sciences, Nihon University

キーワード：コンディショニング，神経生理学，ストレッチング，アキレス腱，ねじれ構造

## 要約

コンディショニングとして実践されているストレッチやアイシングの普及だけでなく，これからはスポーツ科学の視点コンディショニングを捉え，競技スポーツの特性に合わせた方法論や個人の身体状況によって必要とされる内容があることを前提に，競技スポーツにおけるコンディショニングの在り方について考えてみた．コンディショニングの再考として，神経生理学的機序によるストレッチングの理解から下腿障害とスポーツ障害発生との因果関係について触れた．本稿ではアキレス腱（Achilles Tendon AT）の線維の特徴や下腿三頭筋の収縮による遠位関節への影響を例として述べ，ピークパフォーマンスの発揮に必要なすべての要因に対し，パフォーマンス要素の中でのどの要因の影響力が大きいのかを競技スポーツから監督，コーチ，医師，アスレチックトレーナー，管理栄養士，家族，心理カウンセラーなどが情報を共有し，適切なコーチングによるコンディショニングとして指導・教育に役立てることが重要であることを示した．

## 1. はじめに

超高齢社会を迎え，激しい社会環境の変化は国民の健康を阻害することも少なくなく，その要因の排除にスポーツが必要であるとされている．さ

らに地域でのスポーツ振興が健康な都市づくりの推進を目的に，その普及促進に関する協議や取り組みが始まっている．スポーツは我々の健康・体力の維持・増進に欠かすことができないばかりでなく，多くの仲間をつくり，日常生活や社会活動に活気を与える等の作用があり，活力ある市民生活に大きな効果をもたらすものである．

その背景にスポーツ科学の発展は必要不可欠であり，性・年代，競技にとどまらず，障がい者スポーツや学童期のスポーツ環境のほか，競技スポーツのための競技力向上から，市民が慣れ親しむこともスポーツの持つ意味を問うことも学問領域とされる．スポーツ指導の多くの専門家や職能がコンディショニングという言葉を使い，障害の予防や競技力の向上を目的にその指導・教育・実践がなされている．しかし，そこには十分な科学的根拠は見渡せず，それまでの経験知に則り，普及してきているのが現実である

スポーツ障害は性・年代によって，また競技特性により身体各所で起こることは言うまでもない．例えば，アキレス腱断裂は，予期しない急激な足関節の背屈の強要による介達外力により発生すると言われている．そのため，関節機能としては，足関節の背屈と同時に距骨下関節の回内が強制的に強制され，それにより大きな張力がアキレス腱に加わり断裂にいたるとされている．また，スポーツ

---

\* 日本大学スポーツ科学部競技スポーツ学科（〒154-8513 東京都世田谷区下馬3-34-1）  
College of sports sciences, Nihon University (3-34-1 Shimouma, Setagaya-ku, Tokyo 154-8513, Japan)

活動の後脚で起こることが多く、スタート、ジャンプ、方向転換などがその動作にあたる。このように発生機序はその障害状況や解剖学的・形態学的特徴から明らかなものの、その予防となるとコンディショニングによる効果検証が十分でなくエビデンスの報告に至っていない。

本稿ではスポーツ障害の発生および原因に対し、スポーツ動作でよく見られるとっさの動作が多く、関節構成体への負担は計り知れないとされ、その予防に対する取り組みが急務とされることから、競技スポーツにおけるコンディショニングの再考についてスポーツ科学の視点で論述する。

## 2. スポーツ選手におけるコンディショニングとは

「コンディショニング」の定義について整理すると、「コンディション」という言葉はスポーツの領域・分野において「ピークパフォーマンスの発揮に必要なすべての要因」と定義されている。この「condition」という単語に進行形を示す「ing」がついた「コンディショニング (conditioning)」の定義は、「ピークパフォーマンスの発揮に必要なすべての要因をある目的に向かって望ましい状態に整えること」とされている(財団法人 日本体育協会, 1998)。特定非営利活動法人 NSCA ジャパン 日本ストレングス&コンディショニング協会では、コンディショニングについて「傷害の予

防とパフォーマンスの向上を目的として身体的な能力の向上をさせていくこととし、競技スポーツでは、目標とする試合などに向けて競技パフォーマンスに関わるすべての体力要素(筋力、パワー、筋持久力、心肺持久力、スピード持久力、柔軟性、敏捷性など)をトレーニングすること」として定義されている(<http://www.nasca-japan.com/top.html>)。

中でも「ピークパフォーマンスの発揮に必要なすべての要因」の一つには、運動技能(スキル)や体力を左右する「トレーニング変数」が挙げられる。このトレーニング変数には、運動技能(スキル)に対する技術トレーニングの方法などの質的要素と、体力そのものに対するトレーニングの強度、時間、頻度などの量的要素、そしてウォーミングアップ、クーリングダウン、ストレッチングなどの自己管理(能力)(=セルフ・コンディショニングとも言われる)が挙げられる。また、競技力向上と運動能力との間に介在するパフォーマンス変数は、生理的因子、心理的因子、環境的因子の3種類がある。そのうち生理的因子は、疲労や睡眠、スポーツ障害や貧血など医学的問題を含むコンディショニングの問題が挙げられ、心理的因子には集中力、プレッシャー、あがり、不安などの心理的な状態の影響とされ、環境的因子としては、気象条件や施設の環境、スポーツ用具の条件

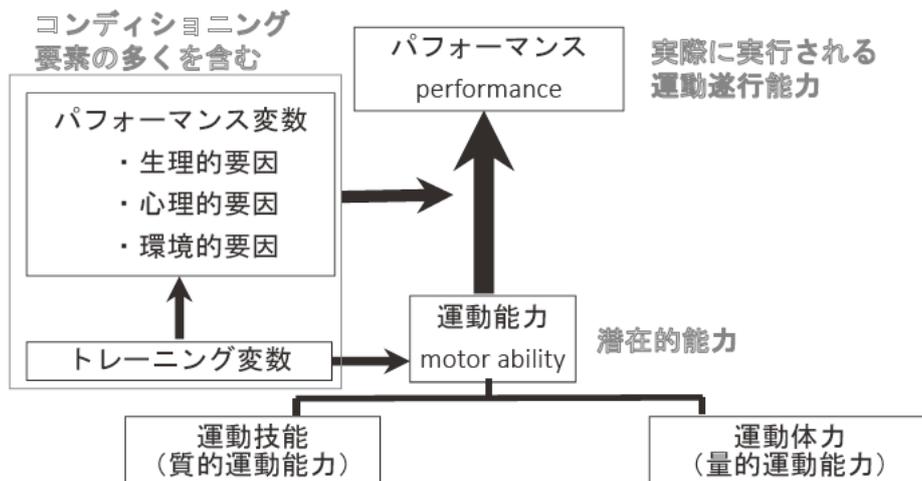


図1 パフォーマンス (performance) の構成要素

競技力向上と運動能力との間に介在するパフォーマンスの構成要素は、生理的因子、心理的因子、環境的因子の3種類がある。

など環境的な要素のことである (図1)。

したがって、スポーツ選手におけるコンディショニングとは、必ずしもその概念ははっきり規定されていないが、アスリートがよりよい状態で競技に望めるようにする意図的な働きかけを指すとされ、広義では日常的なトレーニングならびに試合直前のウォームアップも、コンディショニングといってもよいとするのが一般的なようである (<http://www.joc.or.jp/column/playersupport/conditioning/>)。現在では、ピーキングとも呼ばれる「目的とする試合に向けての期間を限定された中での調整」より、日常的なトレーニングをいかによりよい状態で効果的に継続していくかということへの対応のことをコンディショニングと言い、その時々々の心身の状態に合わせて行うトレーニングの質と量の調整や、栄養、休養などへの配慮をいう。

### 3. コンディショニングに対するこれまでの取り組み

諸外国ではトレーニングや栄養、休養、チームマネジメントなど、様々なコンディショニングのプログラムが考えられている。特に医・科学サポートスタッフが中心となりオリンピックのみならず多くの国際大会や主要な国内大会を中心にコ

ンディショニングの取り組みが実践されている。

我が国のエリート選手のコンディショニングの実態と課題として、国際大会直前のコンディショニングの状況を知るために、第14回アジア競技大会(2002/釜山)に参加した日本代表選手団に対しアンケート調査を実施している。選手509名(男性290名,女性219名)から回答を得て(回収率77%),選手自身が自らのコンディショニングについて、技術、体力、医学、心理、栄養、スケジュール、用具の7つの要因および総合的なコンディショニングから評価を行った。選手自身もしくは指導者からみて、コンディショニングに関して相談した人がいたかという問いに対し、監督、コーチ、医師、アスレチックトレーナー、管理栄養士、家族、心理カウンセラー、いなかった、から回答を選択してもらっている。中でも大きく問題となったものは、「技術面」のコンディショニングにおける指導者と選手の齟齬と言われている(図2・3)。指導者の評価と選手が自分自身を評価した結果に違いが生じており、特に男女とも「技術面」はそのほかと比較しても低く評価され、現地入りしてからのコンディショニングとして大きな課題が残された。この内訳は選手および指導者の両者において、最も相談相手が多かったのは「身

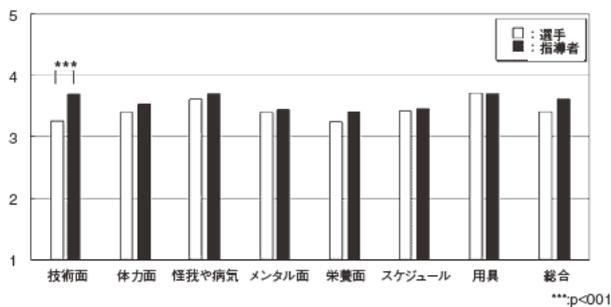


図2-1 指導者および選手の各コンディショニング要因の評点平均値

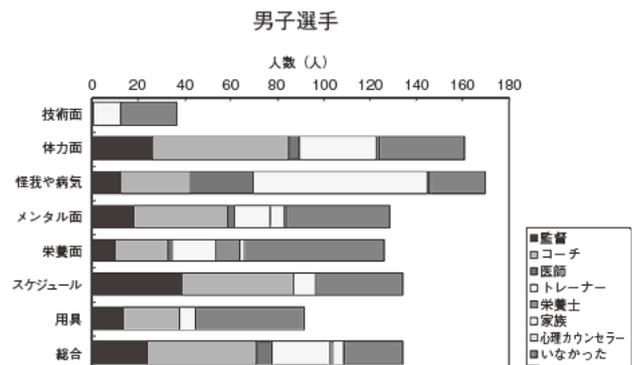


図2-2 男子選手のコンディショニングに関する相談相手

図2 トップアスリートにおけるコンディショニング調査①

<http://www.joc.or.jp/column/playersupport/conditioning/index4.html> より転載 (一部改変)

指導者および選手の各コンディショニング要因の評点平均値 (左図) では技術面において選手と指導者との認識間に齟齬がある ( $p < 0.001$ )。

男子選手のコンディショニングに関する相談相手 (右図) では男性では「技術面」はそのほかと比較しても低く評価されている。また、選手では最も相談相手が多かったのは「身体状況 (ケガ、障害や病気)」に対してであった。

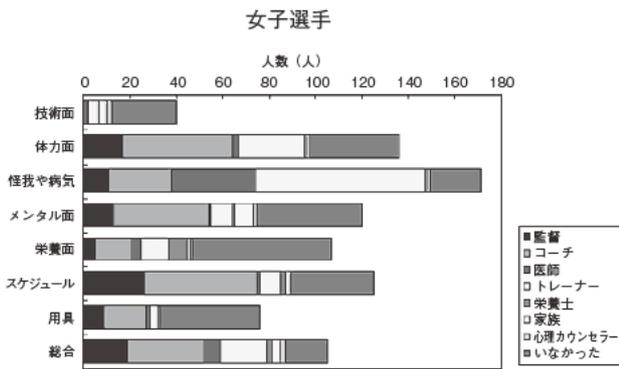


図 3-1 女子選手のコンディショニングに関する相談相手

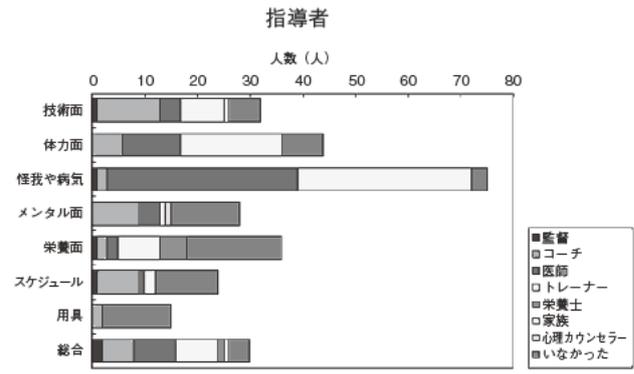


図 3-2 指導者のコンディショニングに関する相談相手

図 3 トップアスリートにおけるコンディショニング調査②

<http://www.joc.or.jp/column/playersupport/conditioning/index4.html> より転載 (一部改変)

女子選手のコンディショニングに関する相談相手 (左図) では女性でも男性同様「技術面」はそのほかと比較しても低く評価されている。また、選手では最も相談相手が多かったのはこちらも男性同様「身体状況 (ケガ, 障害や病気)」に対してである。

指導者のコンディショニングに関する相談相手 (右図) では、指導者も選手同様に「技術面」は低く評価されており、相談相手が「いなかった」と回答した人数がもっとも多かったのは、「栄養面」のコンディショニングについてであった。

体状況 (ケガ, 障害や病気)」に対してである。また、選手と指導者とも現地での相談相手が「いなかった」と回答した人数がもっとも多かったのは、「栄養面」のコンディショニングについてであった。全体を通して2つのポイントが浮き彫りにされた。「技術面」と「栄養面」は、現地入りしてからのコンディショニングの課題として取り上げられた。この2つの要因は、現地の試合会場や選手村の制限された施設の中で調整しなければならない要素が強く、そのため、過去にその試合会場自体を経験したことがある、もしくは、海外での調整に慣れていることが、これらコンディショニングへの対策・対応として考えられている。一方、「技術面」でのコンディショニングは「身体状況 (ケガ, 障害や病気)」に直結するものとして捉え、今後はそのための対応・対策がとれる必要がある。したがってこれらは過去の報告ではあるが、興味深いのはこの時から「疲労をとる」、「疲労をためない」、「睡眠」、などに対し、不安を抱え、生活環境の異なる場所でのベストパフォーマンスにおいて体力・技術の維持が大切であることはもちろん休養や生活リズムも重要な課題であることが示唆されていた。

筆者ら (小松ほか, 2002) は競泳選手の「水泳肩」と呼ばれる肩の痛みに対し、この障害の原因を特定するために、後方視的にエリート競泳選手の肩痛に関連する要因を調査した。対象は、平成8 (1996) 年から平成12 (2000) 年の4年間に日本水泳選手権に参加した選手123人が含まれていた。対象となった競泳選手には、競技会後の健康診断の際に、肩痛の重症度を評価するための質問紙を用い、種目や普段の練習の状況としてパドルとフィンの使用、ウェイトトレーニング、チュービングとスイムベンチを使用した練習の有無を調査し、コンディショニングとして練習前後のストレッチングの実施状況などに関する聞き取りを行った。解析の結果から肩痛の発生率は、パドルとフィンを使用した選手に高く ( $p < 0.01$ )、また普段の練習中、特にウェイトトレーニング中に痛みがより頻繁に発生することが示唆された ( $p < 0.01$ )。一方、ストレッチングの習慣のある競泳選手は肩痛の発生率が低かった ( $p < 0.01$ )。コンディショニングとしてストレッチングを行うことは、競泳による肩痛を予防する可能性のあることが示唆された報告であった。

タイプ	種類	特徴
静的	スタティック・ストレッチング	<ul style="list-style-type: none"> <li>最終域で静止し、数秒から数十秒間ストレッチングする</li> <li>Ib抑制を利用し、筋緊張を低下させる</li> </ul>
動的	パリストティック・ストレッチング	<ul style="list-style-type: none"> <li>反動を利用したストレッチング</li> <li>筋損傷の危険性や筋緊張亢進の可能性はある</li> </ul>
	ダイナミック・ストレッチング	<ul style="list-style-type: none"> <li>瞬発的な動きに対応することを目的の1つとしている</li> <li>拮抗筋の等張性収縮を俊敏に何度も繰り返すことで、目的とする筋の緊張を抑制する</li> </ul>

図4 ストレッチングの種類

伸張速度による分類からスタティック・ストレッチング、パリストティック・ストレッチング、ダイナミック・ストレッチングに分かれる。

スタティック・ストレッチングは、脊髄前角細胞の興奮の抑制が起こる。

パリストティック・ストレッチングは、動的に反動をつけながら筋を伸張する方法である。ダイナミック・ストレッチングは、特定の競技動作に関連した柔軟性を高める方法で、その場で特定に筋群を動的に伸張する方法と軽いランニングの中で伸張する方法とがある。

パリストティック・ストレッチングは、動きながらストレッチングすることにより、実際に行われる特定の競技スポーツ、または動作パターンに準じた動きの中でストレッチングを実施する。

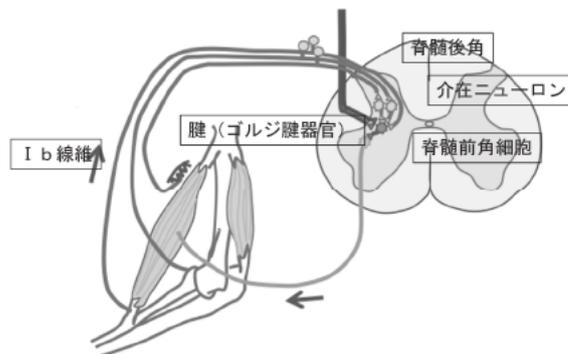


図5 Ib抑制によるストレッチングの神経生理学的機序

Ib抑制の作用機序はゴルジ腱器官がストレッチングにより伸張を感知し、腱紡錘に接続されているIb線維が興奮して刺激を脊髄へ伝える。脊髄内へ入ったIb線維は、介在ニューロンを介して同側の筋（伸張された筋線維）脊髄前角細胞の興奮の抑制が起こる

#### 4. コンディショニングの再考

##### 4.1 神経生理学的機序によるストレッチングの理解

前述のようにパフォーマンスを変動させる要因には運動技能や運動体力があり、それを左右する「トレーニング変数」があげられる。このトレーニング変数には運動技能に対する質的要素と運動体力に対する量的要素、さらにパフォーマンス変数とトレーニング変数によるコンディショニングがある。ストレッチングはトレーニング変数の妥当性によって、潜在的な運動能力自体を左右し、不適切なトレーニングの継続からスポーツ障害の予防につながり、結果としてパフォーマンス変数における生理的要因から競技力を高めることにな

る。ストレッチングは種類（図4）があり、伸張速度による分類からスタティック・ストレッチング、パリストティック・ストレッチング、ダイナミック・ストレッチングに分かれる。スタティック・ストレッチングは、一般的に10秒から30秒くらいかけて、ゆっくりと静的に筋を伸張する方法である。この神経生理学的機序はIb抑制としてゴルジ腱器官が筋のストレッチングにより伸張を感知し、腱紡錘に接続されているIb線維が興奮して刺激を脊髄へ伝える。脊髄内へ入ったIb線維は、介在ニューロンを介して同側の筋（伸張された筋線維）脊髄前角細胞の興奮の抑制が起こる（図5）。

一方、パリスティック・ストレッチングは、動的に反動をつけながら筋を伸張する方法である。この方法を用いると腱反射のように、筋紡錘内の一次終末 (primary ending) が伸張され、I a 線維が求心性にインパルスを上行させて  $\alpha$  運動ニューロンを興奮させることによって、錘外筋が収縮し伸張反射 (stretch reflex) が誘発され、神経・筋系の興奮性が充進する。したがって競技直前に用いてパフォーマンスを高める場合に実施される場合もあるが、筋線維の部分損傷を引き起こす危険性があるため練習前後にはスタティック・ストレッチングが適応となる。また、ダイナミック・ストレッチングは、特定の競技動作に関連した柔軟性を高める方法である。その場で特定筋群を動的に伸張する方法と軽いランニングの中で伸張する方法とがある。パリスティック・ストレッチングと似ているが、動きながらストレッチングすることにより実際に行われる特定の競技スポーツ、または動作パターンに準じた動きの中でストレッチングを実施することとなる (Thomas and Roger 石井直方・総監修, 2004)。このようにストレッチングの種類によって神経生理学機序には若干の違いがあり、後者の動的ストレッチングはその使用にはかなり厳密な適応があることがわか

る。そのため、その競技特性やコンディションによりストレッチングを使い分ける必要がある。

#### 4.2 下腿障害とスポーツ障害発生との因果関係

競技力向上と運動能力との間に介在するパフォーマンス変数である生理的因子には、その障害の発生の観点からコンディショニングの影響が強いと考えられる。下腿障害は、その原因となる筋肉の多くが腓腹筋である。腓腹筋は腓腹筋内側頭 (Gastrocnemius Medial : MG) と外側頭 (Gastrocnemius Lateral : LG) により発達している。また、ヒラメ筋 (Soleus Sol) は外側起始が腓骨頭にあり、斜め下方に走行し内側の脛骨起始の部分と合流し踵骨腱 (アキレス腱) となる。したがって、このアキレス腱の線維は上下に走り、やや斜走に回旋することになる (ねじれ構造) (図 6)。下腿三頭筋の収縮は足関節の底屈と回外に働き、同時に横足根関節を鎖錠することとなり強固な足となる。すなわち、このとき最大回外足となることからアキレス腱内側は最大底屈時により強く緊張することとなる。このねじれの程度に関しては Type I (軽度)、Type II (中等度)、Type III (重度) の 3 つの Type が報告されている (Christensen, 1953 ; Edama et al., 2016 a ;

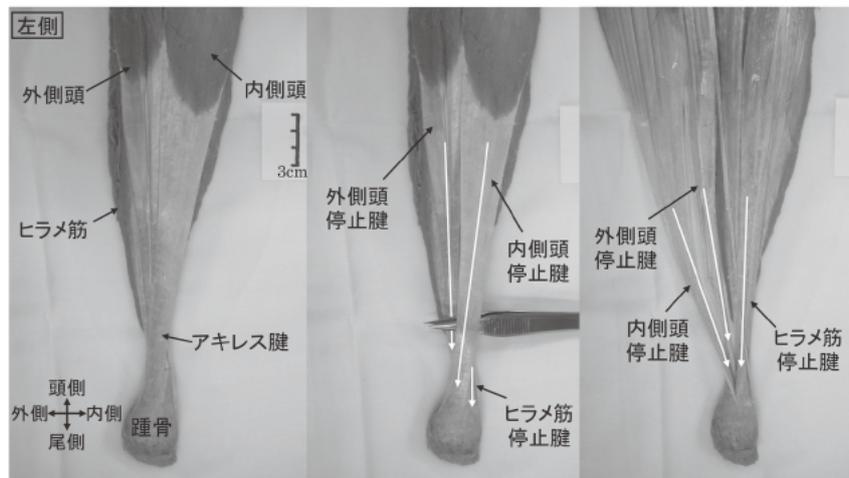


図 6 アキレス腱のねじれ構造

〔江玉睦明 (新潟医療福祉大学運動機能医科学研究所)〕より提供

腓腹筋は腓腹筋内側頭 (Gastrocnemius Medial MG) と外側頭 (Gastrocnemius Lateral LG) により発達している。また、ヒラメ筋 (Soleus Sol) は外側起始が腓骨頭にあり、斜め下方に走行し内側の脛骨起始の部分と合流し踵骨腱 (アキレス腱) となる。したがって、このアキレス腱の線維は上下に走り、やや斜走に回旋することになる (ねじれ構造)

Edama et al., 2015 a; Edama et al., 2015 b). 例えば、多くの陸上選手は下腿内側の疼痛が脛骨に沿って出現することが多い。特に、脛骨の下3分の1のところによくみられるとされる。またこの部位は、筋肉の付着部でもある部分で、この部分で炎症を起こす場合があり、これを「シンスプリント」という。ある一点に集中するような疼痛がある場合、その部分での疲労骨折を疑うこととなる。ただし初発症状がわかりにくく、骨構造からその機序について明らかとなっていない。下腿骨の骨構造を探索的に評価するためのスクリーニング方法の確立が急務とされ、そのことからアキレス腱の障害やシンスプリントなどの予防戦略につながる可能性がある。

これらの解剖学的視点からアキレス腱 (Achilles Tendon : AT) のねじれ構造について、アキレス腱障害の発生機序として Edama ら (Edama et al., 2016 b) はアキレス腱のねじれの程度に着目し、Type III (重度) では踵骨隆起から近位 2-6cm に大きな負担がかかることが障害の発生につながっている可能性があると報告している。これは好発部位が外側よりも内側に多いことから、踵骨が回内すると MG・LG は短縮し Sol はより伸張されることから、他の Type に比べて負荷が大きくなることから、アキレス腱の障害の発生リスクが高まる可能性がある。したがって、遠位にある横足根関節は、特に距骨下関節のような近くの関節での関連した運動なしでは滅多に機能しない特徴があることから、踵骨がしっかりと固定されている状態では回外・回内運動が中足部で起こるとされている。すなわち横足根関節は回転に関する2つの別々の軸があるとされ、縦軸と斜軸により回内と回外が生じることとなる。この回外・回内運動は横足根関節の両方での回転の組み合わせが足部全体の回外と回内の源であると言える。そのためアキレス腱を構成する MG, LG, Sol の伸張度が異なることの認識と、足部全体の関節機能評価を実施することが、その障害の予防のための運動・医学的エビデンスにつながる可能性がある。

## 5. おわりに

スポーツ現場へ医学的知見を活用することは非常に重要である。しかしながらいつの時代も解決に難儀する多くの問題を抱えている。例えばコンディショニングの指導はコーチングとの境界の判別が難しいとされ、場合によってはコーチと信頼関係の中で協同し、適切に役割分担が行えず大きな隔たりを生んでしまうことがある。それには「相手のニーズを知り、医学的知識をどのように生かすか」を考慮し、測定だけでなく何度も現場に通い時間をかけることが重要であるとされる。

また、新たな知見としてコンタクトスポーツでは、それに伴う筋損傷に対するコンディショニングが重要とされ、これまでの研究から筋損傷の抑制には、試合後 48 時間以内に温度 10 ~ 15 度のアイスバスに 5 ~ 15 分間の冷水浴が有効であるとの報告 (Sellwood et al., 2007; Vaile et al., 2007) がある。さらに実践例として各競技種目はコーチらにはフィジカルトレーニングのための時間を毎日 30 分確保することを依頼し、スポーツ医と協力し定期的に医学的所見から器質的に脆弱な時期の確認と発症の危険が高い時期を予測し、本来の運動量の調整や運動前後の患部への確認を行うなど、よりスポーツ科学や医学による科学的根拠の実践もみられるようになってきている。

したがって、ピークパフォーマンスの発揮に必要なすべての要因に対し、スポーツ科学の視点の多くを利用し、医学における科学的根拠を背景に、パフォーマンス要素の中のどの要因の影響力が大きいのかを、選手を中心に競技スポーツにかかわる監督、コーチ、医師、アスレチックトレーナー、管理栄養士、家族、心理カウンセラーなどが情報を共有することが大切である。また、それにより適切なコーチングとしてのコンディショニングを指導・教育することが重要である。

文 献

---

- Christensen I. (1953) Rupture of the Achilles tendon: analysis of 57 cases. *Acta Chir Scand* 106: 50-60.
- Edama M, Onishi H, Kumaki K, Kageyama I, Watanabe H, Nashimoto S. (2015. a) Effective and Selective Stretching of the Medial Head of the Gastrocnemius. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*. 25(2). 242-250.
- Edama M, Kubo M, Onishi H, Takabayashi T, Inai T, Yokoyama E, Watanabe H, Nashimoto S, Kageyama I. (2015.b) The twisted structure of the human Achilles tendon. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 25: 497-503.
- Edama M Onishi H, Kubo M, Takabayashi T, Inai T, Yokoyama E, Watanabe H, Nashimoto S, Kageyama I. (2016.a) Structure of the Achilles tendon at the insertion on the calcaneal tuberosity. *Journal of Anatomy*. 229(5): 610-614.
- Edama M, Kubo M, Onishi H, Takabayashi T, Yokoyama E, Inai T, Watanabe H, Nashimoto S, Kageyama I. (2016.b) Mechanistic investigation of Achilles tendon disorder development using anatomical and biomechanical methods. *Foot and ankle online journal*. 9 (3): 5.  
<http://www.joc.or.jp/column/playersupport/conditioning/>
- 小松泰喜, 石川知志, 片山直樹, 武藤芳照 (2002) 一流競泳選手の肩痛の発生原因と予防 肩関節 Vol. 26, No. 2, 333-336.
- Kylie Louise Sellwood, Peter Brukner, David Williams, Alastair Nicol, and Rana Hinman. (2007) Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomized controlled trial *Br. J. Sports Med.*, Jun.
- Thomas RB, Roger WE (石井直方・総監修) (2004): ストレングストレーニング&コンディショニング. ブックハウス・エイチディ.  
特定非営利活動法人 NSCA ジャパン 日本ストレングス&コンディショニング協会ウェブサイト <http://www.nasca-japan.com/top.html>.
- Vaile JM, Gill ND, Blazevich AJ. (2007) The effect of contrast water therapy on symptoms of delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res.*, Aug;21(3):697-702.
- 財団法人 日本体育協会 (1998) : アスレティックトレーナー専門科目テキスト .