第1章

全身の張力ネットワークとしての筋膜：解剖学，生体力学，生理学

Fascia as a body-wide tensional network: Anatomy, biomechanics and physiology

Werner Klinger and Robert Schleip

筋膜　それは忘れられてきた器官

Fascia the forgotten organ

その存在をシンデレラのように無視され続けて数十年，筋膜は生命科学の分野の中で突然脚光を浴び始めました。ほとんどの系統解剖学の解剖において事実上廃棄されていた期間，この無色の線維組織は，大部分がつまらない，自力で運動できない包装容器のように扱われていました。この無視にはいくつかの理由がありました。一つは，深層の艶のある筋肉や臓器と比較して，この組織はどこにでもあるけれども他と区別できる明確な境界がなく，無秩序な組織のようにみえる，というところにあります。科学的に軽視されたもう一つのもっと重要な理由は，適切な測定機器がなかったということです。X線撮影では骨を，筋電図では筋を詳細に研究することができましたが，筋膜の変化は測定が困難でした。例えば，大腿筋膜あるいは腰部の筋膜の厚さは通常２mm未満なので，局所的に20％の厚さの増加があっても超音波画像（または臨床現場では他の手頃な画像技術）では見わけられないほどわずかです。しかし，施術者の手にかかると容易に触診可能かもしれないし，動きの中で自分で感じることができるかもしれません。

この不幸な状況は近年著しく変化しました。超音波測定の進歩，同じく組織学の進歩は，結果的に筋膜に関する研究（Chaitowら， 2012）の劇的な増加をもたらしました。 臨床現場の施術者である手技療法，物理療法，瘢痕治療，腫瘍学（がん細胞の基質依存動態に基づく），外科およびリハビリテーション医学など多くの分野の関係者は非常な関心を抱いて，この流れに乗ってきました。同じように，スポーツ科学もこれらの発展を享受しています。2013年にウルム大学で開催された「スポーツ医学における結合組織」の第1回の会議は，この分野の発展にとって重要な原動力となりました。 今日，筋膜は，スポーツ科学だけでなく，運動指導者らにおいても，もてはやされる新しいテーマとなったのです。

筋膜って何？

What is fascia?

筋膜組織の相互接続性に基づいて，初めての筋膜研究会議で提案された新しい用語集では，筋膜を，身体全体の張力伝達ネットワークの要素とみなすことができる膠原線維性結合組織（コラーゲン性結合組織）全て、と定義しています。 骨や軟骨とは対照的に，これらの線維組織の特殊な形状は，圧縮負荷ではなく張力主導のもとに形作られるのです。筋膜組織の特定の形状は，これらの張力の局所的な過去の状況に依存しています。仮に局所的な緊張力の要求が主に単一方向性であり，高い荷重の負荷がない場合，筋膜は線維性結合組織を腱または靭帯の形で表現します。他の状況では，それらを薄く広がった格子状の膜と表すことができるし，（狭義の）疎性結合組織と表すこともできます（**図1.1**）。「筋膜」という用語は「結合組織*（connective tissue）」という用語の理解と同義語です（しかし，医科学では「結合組織」という用語は骨，軟骨，さらには血液を含んでおり，これらはすべて胎児性間葉組織由来です）。

＊）訳者注：結合組織：日本の解剖学では、本書での広義の結合組織（骨、軟骨、血液を含む）に対して、支持組織（supporting tissue）という言葉があてられています。

SCHLEIP_ch1.indd 3　2018/12/31 16:31

第2章

筋筋膜間の張力伝達

Myofascial force transmission

Stephen　Mutch

筋膜の「連続性」と運動の影響

'Connectivity' and the effect of exercise

筋膜は「人体全体に広がる結合組織システムのうちの軟組織成分」として定義されます。筋膜は，人体全体にかかる張力を伝達するシステムの一部であり，効率的なネットワークとして機能しています（Schleipら，2012）。筋膜は筋骨格力学において重要な役割をもっています。なぜなら，筋膜は変形や引き伸ばしに対して，自発的に順応したり適応したりする能力があるからです。また，その能力によって，人体の安定性や可動性に積極的に貢献することができるからです（第1章）。この筋膜の適応の過程は，刺激応答の一種です。

機械的な荷重刺激を細胞応答に変換するこの過程は，機械的シグナル伝達（メカノトランスダクション，mechanotransduction）と呼ばれています。この変換過程の結果，実際に筋膜に構造的変化が起こるのです。手を使った人体への圧力荷重，動作やストレッチを行うことで，筋膜に構造的変化が実際に生じます（Chaitow，2013）（Khan & Scott，2009）。このような事実が明らかになったとき，運動指導などの実践者に与えた潜在的な衝撃は非常に大きなものでありました。これらの処置や運動方法によって，どのような特異的変化や生理学的な過程が起きるのかについては，理解され始めたに過ぎません。

局所に存在する高密度の結合組織として，靭帯と腱が広く知られています。靭帯と腱のほかに，人体内部に広がる互いに連結した筋膜ネットワークとして，平面上の組織シートがあります。平面上の組織シートには，中隔・狭義の筋膜・関節包・臓器の漿膜・支帯のようなものが分類されます。さらに，体表近くに存在する浅筋膜や，筋の内部に存在する筋上膜・筋周膜・筋内膜もこの筋膜ネットワークに分類されます。これらの構造は，柔らかいコラーゲンでできた網目状の疎性結合組織でできています。これらの組織は非常に多様な細胞を含んでおり，独特の組成や構造をもっています。しかし，基本的には，水和したプロテオグリカンでできた不定形のマトリクスとコラーゲン線維でできています。以上述べたことが，結合組織ネットワークの機械的連結についての基礎的な事柄です（Purslow，2010）。結合組織に見られる線維芽細胞は，メカノトランスダクションに不可欠です。これらの細胞は，互いにギャップ結合（ギャップジャンクション）によって連絡を取りながら，細胞骨格を介して起こる形態変化，それに伴う組織の張力に応答しています（Langevinら，2005）。

筋は単独では機能できないということは自明なことです。筋は，隣接した構造物と機械的に連結されています。これらの構造物は，筋筋膜間の張力の伝達に重要です。これらの構造物は，筋の張力-長さ特性に影響を与えるのです（Yucesoyら，2003b）（Yucesoy，2010）。筋内・筋間・筋外で伝達された張力によって，全て筋線維内の筋節（サルコメア）の長さの分布が変化します。

骨格の動きを制御するには，張力が骨に加えられなければなりません。関節に作用して生体力学的（バイオメカニカル）な動きを作り出すことが必要とされるのです。身体が力学的に安定な状態を維持するには，これらの張力に加えて，別の張力が関節組織に作用し，筋の力学や機能を助ける必要があります（Yucesoyら，2003a）。

筋が機能するとき，筋以外の部分を伝わる筋筋膜

SCHLEIP_ch2.indd　13　　2018/12/31　16:33

第6章

動作中のアナトミー・トレインズ

Anatomy trains in motion

Thomas Myers

Robert Schileipが「神経-筋-筋膜ウェブ（neuro-myo-fascial web）」（Schleip, 2003）と名づけた概念（第１章）に基づいて，この章では筋膜の機能的連携に注目しています。筋膜の機能的連携は「筋筋膜経線（myofascial meridians）」または「アナトミー・トレインズ（Anatomy Trains）」として知られています。身体動作訓練に対して，この観点から分かることを考察してみましょう（Myers, 2001, 2009, 2013）。

「筋学」の限界

‘Muscle’limitations

この400年間，身体動作を理解するときに必要なものは「筋学」の知識でした（Vesalius, 1548）。我々の周囲に広がる宇宙に存在する力と，我々が作り出す力の間の相互作用として，身体動作は理解されてきました。宇宙に存在する力とは，重力，慣性，摩擦，運動量などです。私たちが作り出す力とは，骨の形態と靭帯によって制限を受けながら，約600個の筋が関節をまたいで作用する力です。筋は，時には体肢を体幹から離すように（遠心性収縮），時には体肢を体幹に近づけるように（求心性収縮）作用し，場合によっては動作には直接関係与せず静的に収縮（等尺性収縮）することもあります（Hamilton, 2011）。筋の作用は，基本的に骨への付着部位，すなわち，起始と停止で定義されています（Muscolio, 2002）。

近年の研究成果（Vleeming, 2007）（Barker, 2004）に基づいて身体全体を視野に入れて考えてみると，起始・停止だけに注目して動作を考える「筋学」の概念は少し窮屈であるように思えます。今まで非常に役立ってきた概念ですが，注釈や注意がたくさん必要となり，時代遅れになってきました。一例をあげると，ある骨格筋が別の骨格筋と横方向にも連絡していることが今では明らかになっていますが（Huijing, 2007），このようなケースで，力がどのように伝達されるのか，また，筋の力学的性質はいかなるものなのかについては，研究が始まったばかりです（Maas, 2009）。腱のような巨大な結合組織構造の弾性についての研究が進むにつれて，力の伝達と効率的な身体動作に関する私たちの考え方は変化してきています（Kawakami, 2002）。骨格筋は，周囲に存在する靭帯にも付着していて，力を伝えているのです（Van der Wal, 2009）。筋上膜は神経にも付着しているし，その筋に分布している神経血管束にも付着しているのです（Shacklock, 2005）。

このように，筋の作用に関する起始・停止の標準理論は，少なくとも以下に述べる４つの観点が欠落していると考えられます。この4つの観点はいずれも，今では考慮しなければならないとされていることなのです。

（１）隣接する筋との間に存在する筋膜によって行われる力の伝達
（２）筋の張力によって，隣接する靭帯が補強されること
（３）隣接する神経血管束に作用する張力
（４）関節をまたいで存在する筋膜ウェブ*（fascial web）を介して，体の各部分の間を伝わる力の伝達（この章の主題）（Franklyn-Miller, 2009）（Tietze, 1921）

＊）訳者注：筋膜ウェブ：緩く疎性結合組織中の細く柔らく伸縮性のあるコラーゲン線維の様子が，まるでクモの巣をつくっている糸で編んだように見えるところから，このように表現されています。

SCHLEIP_ch6.indd 47 2019/01/06 18:08

第18章

ランナーの筋膜のための機能的トレーニング法

Functional training runner's fascia

Wilbour Kelsick

ランニングは一大産業となっています。アマチュアおよびプロフェッショナルレベルで，その実践者はこの30年の間で指数関数的に増加しています。ランナーは，週あたり平均的70～80マイル（110～130km）を走っていますが，よく，いろいろな傷害に悩まされています。最初に，ランニング（走ること）は，歩容*機構というヒトを含む動物の移動に関わる仕組みの中の「弾み運動」であると，述べておきます。理想的な弾力性の高い弾んだ走り方に近づいてくると，エネルギー効率が改善する，つまり省エネルギー運動になってきます（第10章）。機能的筋膜トレーニングの利点は，傷害を防ぐだけでなくランニング効率を向上させることです。この章では，機能的筋膜トレーニングがランニングやウォーキング機構に関わる弾性構成要素（第17章）に，どうしたら取り組むことができるのかに焦点をあてていきます。

ランニング傷害は，不十分なランニング技術，最低の，もしくは貧弱な弾性反発力，筋力不足（例えば，股関節外転筋群），走るための構造体（例えば，骨盤の体幹筋群）の筋力の不均衡，バイオメカニクス的な変形（足部の過剰な回内，膝の外反），使い過ぎ（過用/酷使）による組織の微小な外傷，そして不適切な鍛えられ方をした伸縮性素材の筋膜網などと関連しています。上記のランニング傷害すべてはお互いに影響し，そしてランニング傷害の疫学的原因がペタペタ張り付きあった「ランニング傷害のコラージュ」を生み出します。研究結果は，一言でいえば，ランニング傷害の大部分がコラーゲン組織への微小外傷である，ということを示しています（Elliott，1990）（Stanish，1984）。

ランニング愛好家の70%以上が1年以上も傷害を抱えたままである，とよく書かれています。（Caspersen　ら，1984）（Rochcongar ら，1995）（Ferber ら，2009）。例えば，ランニング傷害の80%以上が膝より下であることは，何か共通するメカニズムが原因かも知れないことを示唆しています（Ferber ら，2009）。科学的根拠は，ある特定の部位に原因があるという説ではなく，ランニングに関わる筋骨格系の構造体を含むもっと全身的な関与があるという説を支持しています。過剰使用による傷害では，過回内がよく原因因子として書かれます（Clarke ら，1983）（Messier ら，1991）。また，股関節や骨盤機構の脆弱性と不均衡，あるいは安定性の欠如は，今では，下半身のランニング傷害と大いに関連するものの一つであると信じられています。例えば，腸脛靭帯圧迫症候群（ITBCS）や膝蓋大腿症候群（PFS）などがあります（Fredericson ら，2000）（Horton & Hall，1989）（Livingston，1998）（Mizuno ら，2001）（Witvrouw ら，2000）。前述の研究では，ランニング中の怪我の原因の大部分が，ランニング機構（筋骨格系が構成する）の構造上の問題と結びついているか，あるいははっきりはしないけれども何か関連があることを示しています。したがって，このような傷害の予防，プレハビリテーション*（プレハブ）やリハビリテーション（リハビリ）では，傷害原因に実践的に取り組まなければならないのは明らかです。実践的取り組みを，包括的に見通すことは，ランナーの筋膜を鍛えるための機能的アプローチの提案につながります。

＊）訳者注：歩容（gait）：ヒトを含む動物が四肢を使って移動する様子全体のことを指します。場所を移り動くだけであれば　ロコモーション（locomotion）といいます。移動速度により，歩行と走行に区分されます。四足動物は四肢の全てを使って移動しますが，ヒトは，両下肢のみで移動しています。その際，上肢はバランスをとるために動いています。（ほとんどの人は，歩容とは，歩くヒトの姿のことだけだと思っているようです）

SCHLEIP_ch18.indd　183　　2019/01/06　17:24

第20章

サッカー指導の筋膜トレーニング法

How to train fascia in football coaching

Klaus Eder and Helmut Hoff mann

筋膜系がサッカーに与えるポジティブな影響とネガティブな影響

Positive and negative influences on the myofascial system in football

サッカーを含むどのようなスポーツにおいても他者より秀でるためには，そのスポーツ特有の身体的コンディショニングと，それ相応な技術力を組み合わせ，そのスポーツ固有の動きの様式（型）を確実に習得していることが不可欠です。同時に，競り合いを伴うプレーに必要な戦術的洞察力も要求されます。

サッカーは特に，運動もしくは鍛錬によって習得される「定まったやり方（ステレオタイプ）」の適応の幅が広いという点に特徴があります。もしも，このような動きの形が長期間にわたり，十分な回数で何度も繰り返されたら，サッカー特有の動作による刺激は，特定の生物学的な構造（関節，靭帯，神経髄膜，筋膜構造）に連動した適応反応を引き起こし，そこにかかった応力（緊張）や負荷（第5章）を適切に「処理」しようと促しているものと推測されます。私たちは過去20年間にわたり，アマチュアから自国の代表クラスのプロ選手まで，あらゆるレベルのサッカー選手に医療を施してきましたが，経験的に，サッカー選手は多様な動きの変化に常時対応させられていると断言できます。サッカーでは，蹴り脚と支持脚の優位性に違いが生じるため，特に筋膜系については，変化と適応力が左右非対称であることも特徴的です。

原則として，これらの適応内容は，そのスポーツ特有の動きの様式における質を最大化し，特定の競技の個人の能力を高めることに寄与します。一方，これらの適応は，一つのスポーツをするとき筋に与える緊張の様式を変化させる原因になりがちで，場合によっては，筋骨格や筋膜系に異常な，もしくは過度な負荷をかけることにもなります。サッカー特有の動きの変化が，筋骨格や筋膜構造にどのような影響を与えるかを知ることで，コーチや医療チームはより簡単に構造的かつ機能的な措置を施し，選手たちは構造的かつ適切な準備（運動）や，故障の回復のために決められた一連の方法に取り組むことができます。以下の情報は，サッカー特有の適応の存在に関して，コーチと医療チームの意識を高め，これらの現象に適切な注意が払われることを確かなものにします。

筋骨格系に関連するサッカー特有の変化や適応力

Football-specific changes and adaptations involving the musculoskeletal system

以下の項では，サッカー固有の適応力について概要を述べます。また，怪我の有無に関わらず，実際に連続して何度も起こる筋膜の変化に特別な焦点をあてていきます。高い確率で変化が起こりやすいのは，現役のサッカー選手（さらに数年後も継続してプレーしている可能性のある選手）であり，高いレベルの試合に向けてトレーニングや準備をしている時に筋膜の変化が起こりやすい，ということを念頭に置くことが重要です。以下に述べるサッカー動作は様式の変化が顕著で，注目に値するものです。

ボールコンタクトに伴う蹴り脚の変化

当然のこととして，サッカーの試合ではボールとの接触（ボールコンタクト）回数が状況によっていろいろと変化します。この過程では，機械的応力はボールコンタクトと関連し，十分な数と大きさの機械的な応力が発生すると，生物学的構造に変化を誘

SCHLEIP_ch20.indd 207 2019/01/08 11:47