

3 馬にみられる病気

競走馬の筋組織と筋疾患 その1

軽種馬育成調教センター 調査役 吉原 豊彦

競走馬は速く走ることが求められるため、それに伴い発生しやすいスポーツ障害の中でも発生が多いと考えられる骨疾患について連載してきました。一方、走能力を高めるためには、筋の発達が不可欠です。そこで、今号から競走馬の筋に関する基礎的なことや筋疲労および筋疾患など筋に関して取り上げます。

1. はじめに

馬が走るために欠くことのできない筋は、その機能として生体を動かしたり、体の姿勢を保つだけでなく、体温を一定に保つために必要な熱産生を行っています。筋は形態学的あるいは機能的に分類することができます。また、筋の形状は様々でそれによる名称があり、腱や腱膜などとの結合状態により色々な筋に区別されます。馬のように速く走ることのできる動物は、非常に発達した筋を備えています。特に、サラブレッドは速く走るために上体に分布する筋が非常に発達しており、皮膚が薄いため筋の盛り上がった姿を観察することができます。

以下、筋の形態や機能に関すること、筋疲労および筋に起こる障害あるいは筋疾患などについて説明します。

2. 筋肉にはどのような種類があるのでしょうか？

筋(muscle)は、**骨格筋**(skeletal muscle)、**心筋**(cardiac muscle)および**平滑筋**(smooth muscle)の3種類に分類することができます。また、筋は組織学的分類によれば、横紋筋、平滑筋および心筋に分けることができます。**骨格筋**は、四肢や馬体を動かすときに用いる筋を構成し、平滑筋には無い規則正しい縞模様(横紋構造)がみられるので、別名で横紋筋とも呼ばれます。**骨格筋**は主に横紋筋線維と結合組織からできています。馬や人の体には大小約 200 対の骨格筋があり、それらは体重の約半分を占めているといわれています(図1)。

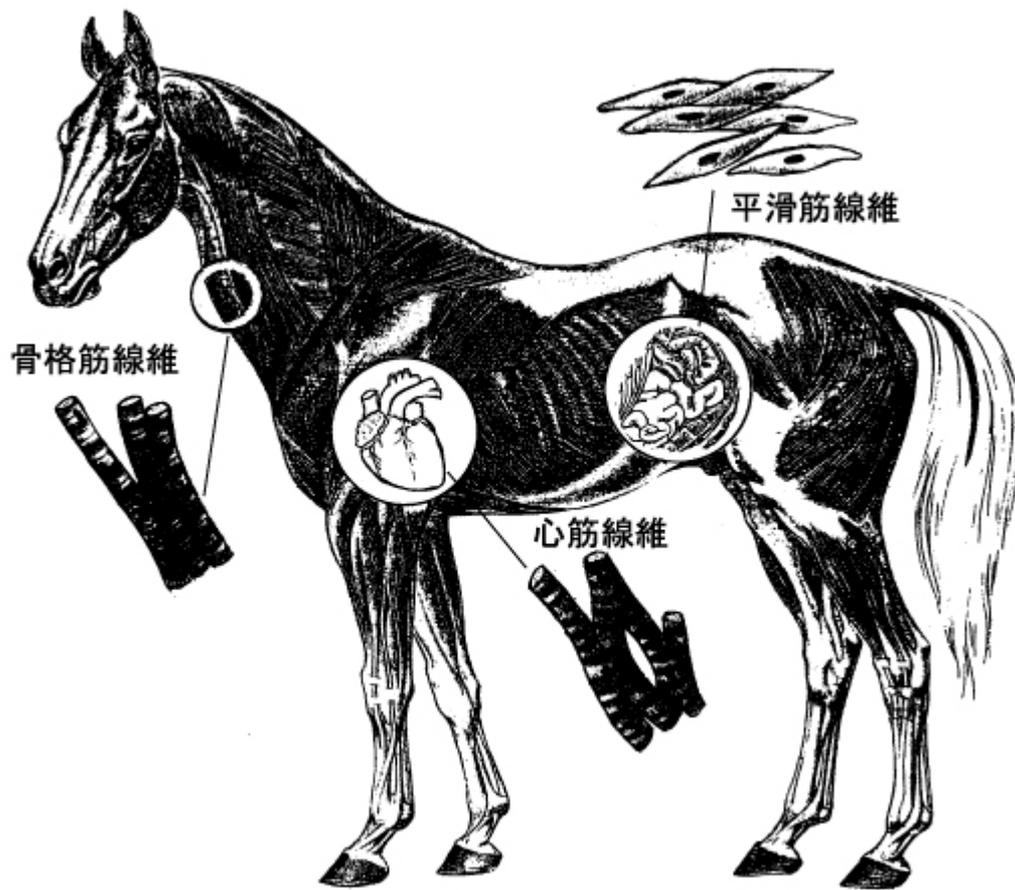


図1 馬体と筋組織の分類
骨格筋、心筋および平滑筋(Hultgren K. 1951 一部改図)

筋は生体が意識的に動かすことができるかどうかという点から、**随意筋**および**不随意筋**に分けられます。**骨格筋**は動物の意志により動かすことのできる**随意筋**であり、**心筋**や**平滑筋**は意志とは関係なく収縮や弛緩する**不随意筋**です。

筋の形態と機能による分類

形態学的分類	機能的分類
骨格筋	随意筋
横紋筋 { 心筋 }	不随意筋
平滑筋(内臓筋)	

心筋は心臓を形成している筋で、その筋細胞は円筒形ですが、しばしば枝分かれしており、枝同士が再融合して連続的な組織を形成しています。心筋細胞の連結構築は、心臓が1つのユニットとして収縮するのに適し、心筋の血液の排出の効率を高めています。

平滑筋は、両端が細長くなった紡錘形細胞で単核を有し、骨格筋にみられる横縞はありません。**平滑筋**は血管壁や腸など内臓の重要な部分を形成し、別名では**内臓筋**とも呼ばれます。

3 . 筋の形状や動きに由来する名称

筋は様々な形状をしており、その形から長筋、最長筋、短筋、広筋、円筋、輪筋、三角筋、菱形筋、梨状筋、僧帽筋などの名称で呼ばれています。また、筋は腱や腱膜と結合していることが多く、結合の状態で、紡錘状筋、羽状筋、多羽状筋、二腹筋、多腹筋、二頭筋、三頭筋、四頭筋、鋸筋、多裂筋などに区別されます。一方、馬体の動きはその動きにかかわる骨の形状や関節の種類に依存しています。関節が多方向に自由に動くことができる構造のものや、限られた方向にしか動かないものにより動きは様々です。筋には、体を伸ばす伸筋や、縮める屈筋があります。馬体の動きを表す用語には、屈曲、伸展、外転、内転、回旋、回外、回内などがあり、回転の様子により外転筋、内転筋、回旋筋などにも区別されます。

4 . 体は関節があるから動くことができるのです

筋は骨や腱・靭帯および関節など他の器官が筋とともに動くことによって初めて機能するという性質があり、単独では機能しません。馬体が正常に動くのは、骨格系、筋、神経、呼吸器および循環器系などが全てそれぞれ必要な役割を果たしているからです。

骨格筋の重要な機能は馬体を動かすことです。筋の動作をみると、筋は骨を引っ張ることにより骨を動かします。そのとき筋線維は収縮し筋の長さは短くなるので、筋が付着している骨はお互いに近づこうとします。運動するときには2つの骨のうちどちらか片方が支点となって動きません。この動かない骨に対する筋の付着部を**起始**といい、もう一方の動く方の筋の付着部を**停止**と呼びます(図2)。すなわち、筋の**起始部**の骨は固定され、**停止部**の骨が起始部の骨に向かって引き上げられることから馬体が動くわけです。

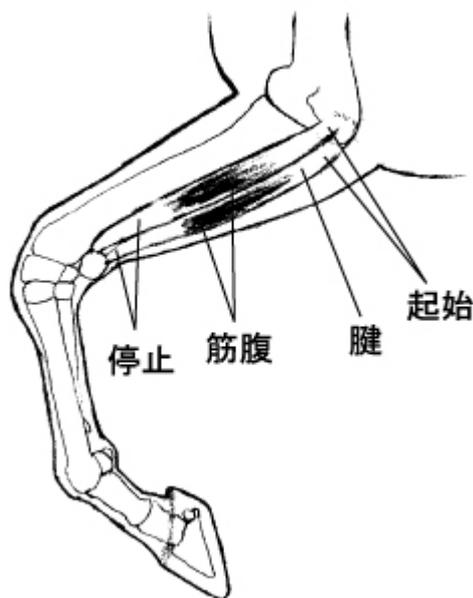


図2 骨格筋の付着

筋は相対的に静止している骨から起こり(起始)、筋収縮のときに可動する骨で停止する(停止)

骨格筋は滑らかに動きますが、これは単独の筋が動くのではなく、多くの筋からなる一

連の筋群全体が調和して動くためです。仮にある筋群が収縮すれば、別の筋群は弛緩します。同時に収縮する筋群の中で、その動きを主に担っている筋を**主動筋**といいます。また、その動きを手助けしている残りの筋を**協力筋**と呼んでいます。主動筋と協力筋が収縮すると、他の筋群は弛緩しますが、この筋群を**拮抗筋**といいます。拮抗筋が収縮すると、逆に主動筋および協力筋は弛緩することになります。

関節の周囲にある関節包は強い線維性結合組織でできており、その内側は滑らかな**滑膜**により裏打ちされ、2つの骨の両端をスッポリと包んでいます。**関節包**は頑強に付着し、骨膜で骨を覆っているため、骨同士を強くつなぎ止めますが、関節の動きを妨げません。関節包と同じように強い線維性結合組織からなる**靭帯**も骨に付着し、2つの骨間をつないでいます。骨端を覆う**関節軟骨**は、ゴムのような弾力性があり、衝撃を吸収する役割を果たしています。関節腔のスペースを覆う**滑膜**は結合組織性の膜からなり、スベスベして滑らかです。

筋を補助するものとして**腱**があります。**腱**は線維性結合組織からなるロープ状のもので、非常に丈夫な構造をしており、簡単に引きちぎれたり剥がれたりしません。

骨格筋は神経からのインパルスを受けて収縮し、骨を動かします。筋線維は**運動ニューロン**という神経線維からのインパルスを受け、そのインパルスにより伝達物質が運動ニューロンから放出されることにより筋が収縮します。1つの運動ニューロンとそのニューロンが支配している筋線維を合わせて**運動単位**と呼びます(図3)。

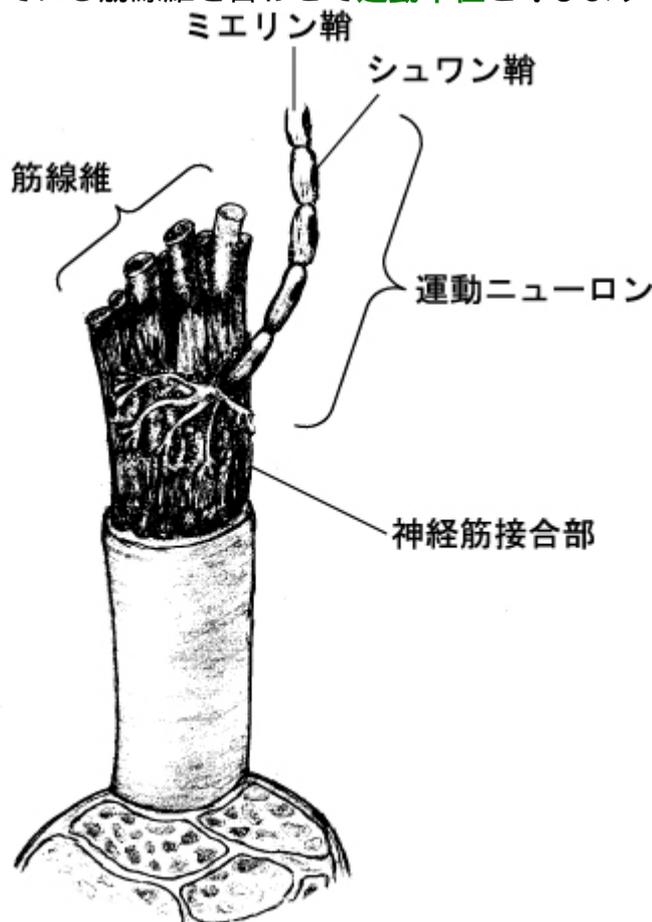


図3 運動ニューロン
運動単位は一つの運動ニューロンとその枝に支配される筋線維からなる

また、ニューロンの終末部と筋線維が接している部分を**神経筋接合部**といいます。もし、

神経系に障害があって筋にインパルスが送れなければ、**麻痺**という症状として現われます。

筋と骨とは密接な関係があり、唯一の例外（舌は頸部にある舌骨に直接ついている）を除き、全ての骨は他の骨と**関節**を形成し、連結しています。関節は骨をつなぎ止めると同時に、骨と骨との間の動きを可能にします。仮に関節が存在しなければ、馬体は木馬のように硬直し、とても動くことはできません。**関節**は可動する度合いにより**不動結合**、**半関節**および**可動関節**の3種類に区別されます。**不動関節**は、線維性結合組織により骨と骨の間がつながった関節です。一例として、頭蓋骨を構成する骨の間隙は不動関節で、別名で**縫合**といわれています。**半関節**は、軟骨が骨の間を繋いでいる関節で、恥骨結合はこれにあたります。**可動関節**は、関節包、関節腔および骨端を覆う関節軟骨からなっています。多くの筋は、**可動関節**からなる2つの骨に付着しています。**可動関節**には、球関節、蝶番関節、車軸関節、鞍関節、滑関節、顆状関節などいくつかのタイプがあり、それぞれ構造が異なるため、可動範囲も様々です。

5 . 筋の構造について

筋組織は収縮性のある**筋線維**からできており、これら筋線維が集合して構築されています。各筋線維は、**太い筋フィラメント**および**細い筋フィラメント**と呼ばれる2種類の大変細かな糸状線維である**筋原線維**からなっています。**太い筋フィラメント**は**ミオシン**と呼ばれ、**細い筋フィラメント**は**アクチン**と呼ばれ、それぞれタンパク質からなっています。基本的な機能単位あるいは収縮単位を**サルコメア(筋節)**といいます。サルコメアは、たくさんのアクチンとミオシンがそれぞれ明調と暗調の横縞をなして構築されています。これらの繰り返し単位すなわち筋節はそれぞれ**Z線**と呼ばれる暗調帯により分けられます。

筋の弛緩した状態では、お互いに平行に配列した**太い筋フィラメント**と**細い筋フィラメント**が重なりあった部分を持ちます（図4）。

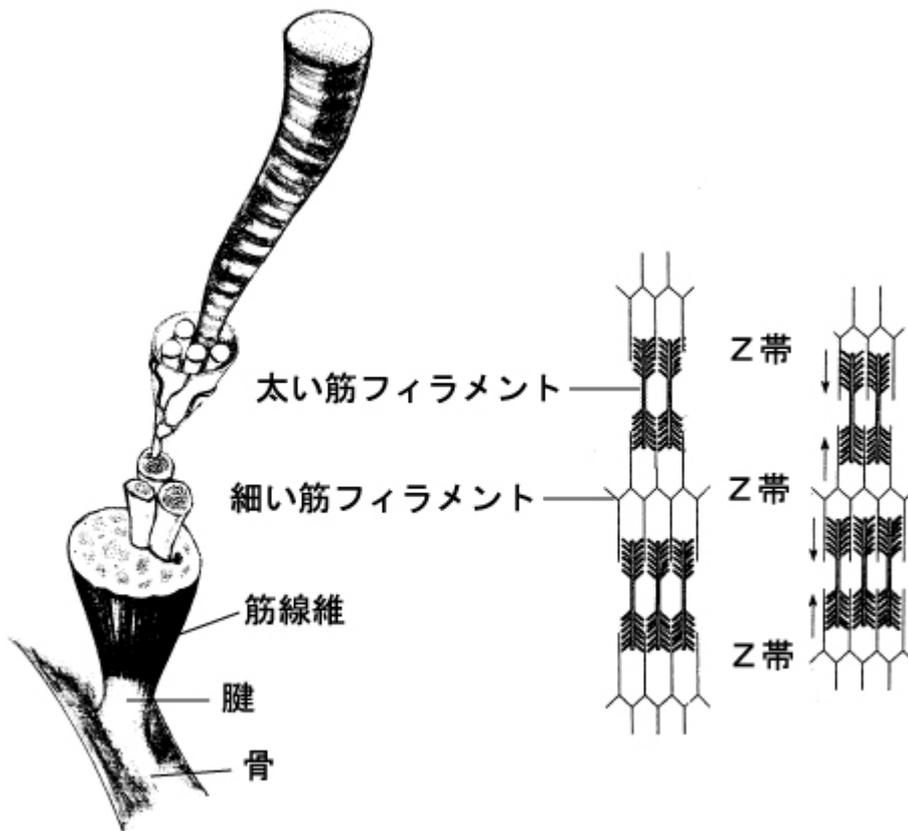


図4 骨格筋の構造

筋の弛緩と収縮は太い筋フィラメントと細い筋フィラメントの重なりの変化により起こる

この場合、サルコメアは休止時の長さに戻り、筋フィラメントも休止位置に戻ります。筋の収縮した状態では、2種類の筋フィラメントが互いに間に滑り込むため、結果的にサルコメアは短くなり、最終的に筋全体が収縮します。

今回は、筋の基本的な事柄について解説しました。次号以降では、速く走る動物に特徴的な骨格筋の組成、筋疲労や筋疾患などについて解説したいと思います。