

### 3 . 馬にみられる病気

## 競走馬の腱・靭帯と腱・靭帯疾患 その2

軽種馬育成調教センター 調査役 吉原 豊彦

前号では速く走るために大きな役割を果たしている腱や靭帯の構造および機能などを中心に解説しました。競走馬はしばしば屈腱炎を発症しますが、今号では育成後期の馬の運動負荷によってみられる屈腱の変化や特性および屈腱炎との関連性などについて説明します。

#### 運動負荷が腱に与える影響 ~ 調教で腱が太くなるのは病的か生理的变化か？

競走馬の屈腱炎は、解剖学的にいうと浅指屈筋腱（前肢の管部後面の最表層部を走行している腱で、以下は浅指屈腱と呼びます）に発症することが多く、しかも走能力の高い馬に発生し易いといわれています。これまで騎乗馴致からレース出走前の育成後期の軽種馬は、競走馬に比べ運動強度が低いいため、浅指屈腱炎の発生率は低いと考えられてきました。近年、育成施設においてもトレーニングセンターや競馬場に近い強度の運動が求められるようになり、その発生傾向に変化がみられるようになってきました。このような背景の中で、盛んに調教運動を行っている育成期の馬にみられる浅指屈腱の肥大は、屈腱部の帯熱や違和感を伴い、超音波検査において浅指屈腱断面積の全体的な増大を認め、トレーニングを進める上で問題となっています。しかし、この浅指屈腱の肥大が競走馬としての将来に与える影響に関する報告は海外でも少なく、国内では皆無に等しい状況です。

軽種馬育成調教センター（BTC）軽種馬診療所では、育成後期の育成調教場利用馬に対する臨床検査で、浅指屈腱全域が肥大していると診断されたサラブレッド種の馬について調査しました。その結果、浅指屈腱に肥大を認めた馬は、両前肢が約40%で、左右肢にはほとんど差はなく、全体の約9割の馬が、中央または地方競馬に出走しました。初出走は2歳時での出走率が低く、初出走時期が遅れる傾向にありましたが、その後の競走馬として活躍の可能性は十分に期待できることが示唆されました。

これまでにBTCで行ってきた調査研究から、育成後期の軽種馬に比較的強い運動強度のトレーニングを継続して行くと、浅指屈腱に生理的肥大と同時に屈腱炎の発症に結びつくような前駆的变化とも考えられる現象が生じているように思われます。

一方、前記の調査以外にも約1年半にわたる長期間、トレッドミルによる運動を継続して実施した実験的研究によれば、屈腱炎の発症はみられなかったものの、通常は太い腱のコラーゲン線維の多くが細くなってしまいう現象が起きていました。そこで、さらに強度を上げて約5か月間運動を継続した屈腱についても調べました。しかし、異常はみられず、結果的に運動強度が屈腱炎の直接的な原因ではなく、ある程度の強度の運動を長期間続けることが発症につながるということが明らかにされました。

一方、走能力の高い競走馬を生産するためには、育成段階からある程度の強度で調教運動を長期間継続する必要があります。このようなことから、競走馬の屈腱炎の発症予防のためには、大きな矛盾を抱えながら解決法を見つけなければならないという至難の業への挑戦を行っているといえるのではないのでしょうか。

## 運動に伴う腱の力学的特性

腱は元々ほとんど伸縮できない組織ですが、張力が加われば引き伸ばされ、減少あるいは消失すれば元の長さに戻ろうとする性質を持っています。腱は大きな張力に対して強い耐久性をもち、1 cm<sup>2</sup>の断面当たり約 0.5 t の力に耐え得ることができますが、あまり弾力性はないといわれています。

力学的ストレスに対する腱の反応については、持久運動が腱の形態と力学的特性に与える影響に関する実験結果を要約すると、今のところ、力学的ストレスに対する腱の反応は、負荷の量よりも負荷のかかり方に影響を受けると結論づけられています。一方、腱の力学的特性と同様に、トレーニングによって腱の構造が変化する可能性があることが示唆され、トレーニング期間が 12 ヶ月間の場合には腱の断面積が増加し、3 ヶ月間の場合には逆に断面積が減少しているという研究成績もあります。馬の場合は、5 ヶ月間のトレーニングでは腱の断面積に影響はみられませんでした。18 ヶ月間のトレーニングでは腱の断面積が 14% 増加したという報告があります。短期間の腱の断面積の減少は、擬似的な反応であると考えられるため、低強度のトレーニングは腱の形態に影響を与えないが、高強度のトレーニングは腱の形態を変化させると考えられます。

運動負荷が腱の内部構造に与える影響に関しては、いくつかの研究があり、競走馬に 18 ヶ月間のトレーニングを課したが、屈腱線維の直径に変化が無かったという報告があります。しかし、競走馬に関しては長期的な運動を行うことで腱の断面積が増加しているという報告もあれば、コラーゲン線維の数が増加しているという報告もあり、また、トレーニングの結果として、コラーゲン線維の配列や密度が変化すると報告もあって、一定の見解が得られていない現状です。腱の力学的特性の変化は、腱組織の疲労やそれに続く損傷の程度によって色々と変化し得るものといえるのでしょう。

## 腱の力学的ストレスと生化学的応答

腱細胞は他の細胞と同様に、ATP-CP 系、解糖系および酸化的リン酸化の 3 つの方法でエネルギーを産出しており、一般的に腱の代謝は年齢とともに衰えると考えられています。また、腱は他の組織と比べ血管の分布が少なく、腱の血液供給は他の組織と比較して乏しいと考えられますが、生体の運動中の下腿の血流を測定した報告によると、運動時には腱の血流が増加することも分かっています。

腱複合体に力学的ストレスが加わると、遺伝子発現から始まる一連の反応が起こり、細胞外マトリックスにおいて蛋白質の合成が開始されます。このような機械的刺激に伴う形質導入は、細胞の成長や維持、細胞の形態と構造の変化および代謝に関して非常に重要な因子となります。生体の組織は、細胞と細胞外マトリックスと呼ばれる高分子群とで構成されているわけですが、近年、その細胞外マトリックスが細胞の本来持つ機能を引き出すために重要な役割を演じていることが明らかになってきました。細胞はそこに存在している細胞外マトリックスを認識し、それに接着することで細胞が本来持つ機能を発現し、成分の異なった細胞外マトリックスの配置が、組織の形成や発生時の形態形成を促していると考えられます。生体中の細胞外マトリックスは水を多く含むゲル状の状態、組織によっては細胞外マトリックス成分がきれいな配列状態にあったり、全くランダムな線維塊のような状態であったりします。そのような物理的環境の相違が、そこにある細胞にどのような影響を与えているのか、また、細胞はどのようにしてそのような環境を作り出しているのかという観点か

ら、組織の再構築メカニズムに着目して研究が進められています。細胞が周囲の細胞外マトリクスに牽引力を加えてそれらをたぐり寄せることによって、自分の周囲の線維を配することによって組織の力学的強度を調整したり、創傷が発生した場合、その傷口をふさいだり、また周囲の細胞外マトリクスゲルの力学的強度を認識して移動方向を決めるなど、細胞と細胞外マトリクス間の力学的相互作用は、組織の形態形成と重要な関わりがあることが多く示唆されています。

### 運動負荷が腱のコラーゲン合成に及ぼす影響

筋や腱に存在するコラーゲンや結合組織の代謝は、運動負荷によって変化することが知られており、それらの細胞外マトリクスは、持久走や激しい運動負荷による代償性肥大が起きた場合には、コラーゲンの代謝活性が増加することが分かっています。すなわち、I型およびIII型コラーゲンの遺伝子は運動後1日以内には増加しますが、一方で激しい運動負荷では筋や腱の損傷が起きることも知られています。ここでのコラーゲン合成は、筋や腱の損傷に対する治癒過程を示唆するものであるという解釈があります。したがって、運動後の筋や腱におけるコラーゲン合成に関しては、馬体の運動に対する生理的適応であるとともに、筋や腱の損傷の治癒をも反映するものとも考えられます。

競走馬にみられる腱障害のうち屈腱炎は難治性で慢性化しやすいといわれています。屈腱炎の発生メカニズムに関しては様々な研究がなされてきましたが、腱への運動負荷に対する生理的反応であるのか、強い強度の負荷に対する適応なのか、それとも変性や障害とそれらに対する修復過程であるのか、あるいはその両方の要素を含んだものであるかということは現状では明確ではなく、これから解明する必要がある課題が数多くあります。