

## 馬にみられる病気

### 競走馬の筋組織と筋疾患 その5

軽種馬育成調教センター 調査役 吉原 豊彦

競走馬の筋および筋疾患について4回にわたり解説してきましたが、今号では前号に引き続き筋障害について説明します。

#### 5. 白筋症

**白筋症** (White muscle disease) は、馬、牛、豚、羊および家禽で発生がみられ、セレン(元素記号 Se、別名セレンウム Selenium)およびビタミン E の欠乏により筋変性を起こす疾患です。セレンは馬が必要とする微量元素のひとつで、セレン欠乏は特に子馬で問題となります。子馬における重度のセレン欠乏は、白筋症を発症させ、主に2月齢以下の子馬に多く発生がみられます。罹患すると筋は硬直し、跛行や筋痛を伴い死にいたることも少なくありません。分娩前の母馬および出生直後の子馬にセレンとビタミン E を投与することにより予防することができます。馬のセレン要求量は、0.1 mg/kg で許容量は2 mg/kg とされ、許容範囲が狭いため注意が必要です。

**白筋症**では、甚急性の場合には心筋変性により急死することがあり、急性型では運動障害、循環器、呼吸器の機能障害を示します。その病態は、心臓性と骨格性の二つに分類されます。心臓性では、心不全による急性呼吸困難、抑鬱、肺浮腫、起立不能を示し、症状の発現後24時間以内に死亡する例がほとんどであることが報告されています。一方、骨格性では、虚弱、嗜眠、強直歩様、起立不能などの症状を示し、骨格筋の腫脹や圧痛を示す場合があります。筋変性が横隔膜や肋間筋に及ぶ症例では呼吸困難が認められ、舌筋の変性を併発した場合には、嚥下困難を起こすことがあります。治療にはセレンおよびビタミン E を投与しますが、甚急性では治療効果がほとんどありません。

牧草中のセレン含有量の少ない環境は、わが国やアメリカの北西部、北東部、東海岸などの州に多くみられ、酸性土壌および火山性土壌等でセレンの乏しい土質や、硫黄性肥料の使用による植物へのセレン取込やセレンの吸収阻害が要因として挙げられます。ビタミン E 摂取量の減少は、低品質の牧草、藁、根菜、長期保存の古い穀物などが給餌されている馬に起き易いことが明らかになっています。血液検査では、AST(GOT)、ALT(Alanin aminotransferase)、CPK、LDH 活性の上昇が認められます。

**白筋症**の治療は、セレンおよびビタミン E の補給療法が行われ、セレンとビタミン E の混合剤では、ビタミン E の補給が不十分なことがあるため、ビタミン E の飼料補給を併行して実施することが推奨されます。また、起立不能に陥った馬には肺炎および褥瘡の予防のため、NSAID と抗生物質の投与が必要と思われます。

**白筋症**の多発地域における予防では、1歳以下の子馬に対して良質な乾草の給餌やセレンおよびビタミン E の飼料補給が推奨されます。また、分娩後の母馬に対してセレンの飼料添加を行うことで、泌乳期間中の子馬に充分量のセレンを摂取させることも有効です。妊娠馬に対するセレン補給療法も提唱されていますが、胎盤を通過するセレンの濃度はわずかといわれ、その有用性には議論

があります。

### 1) 軽種馬生産地における草地土壌および牧草の微量要素含量の実態調査

馬の飼料は70%以上を牧草が占めることから、牧草の品質および栄養価については特に吟味する必要があります。牧草からはエネルギーやタンパク質以外にも無機物やビタミンを摂取しますが、セレン欠乏による**白筋症**の発生の報告がみられます。そこで、軽種馬生産地である日高管内の採草地の土壌および牧草に含まれるセレンの含有率を馬の飼料として望ましいとされる含有率と比較検討がなされました(平成2~5年)。検査材料は、日高管内(平取、日高、新冠、新ひだか、浦河、様似およびえりも町)の軽種馬生産農家の採草地の土壌および概ねチモシーの出穂期に採取した一番草について分析しました。その結果、牧草のセレン含有率は平均0.017ppmで、馬の飼養標準に示されている要求量(乾物飼料1kgあたり)0.1ppmの5分の1以下の含有率でした。要求量を満たす含有率のチモシーは、調査数の1%に過ぎませんでした。高い含有率のチモシーは沖積土で土壌pHの高い圃場で生産されたものでした。土壌中のセレンは溶解性の低い亜セレン酸鉄として存在しているため、牧草のセレン含有率が低くなっていると考えられました。

### 2) 米国におけるセレン過剰摂取による中毒例

わが国では馬のセレン中毒に関する報告はみられないようですが、海外では土壌に過剰のセレンが集積している場所でセレン中毒が発生しています。ただし、わが国でもウマ用の多くのサプリメントが与えられていますので、同様な事故が起こらないように注意が必要なことから、ここではセレンの過剰摂取による中毒例を紹介します。

米国フロリダ州パームビーチで2009年4月にポロ競技用ポニーが発病し、短時間で全頭が死亡するという出来事がありました。世界最高峰のポロ競技会である全米オープンポロチャンピオンシップに参加予定のポロ競技チームに生じた突然の災難ですが、これはチャンピオンシップに参加予定のポニーに投与されたサプリメントによって発生したものです。製薬会社の不適正なビタミン剤の調合がセレン中毒死を招いたのです。悲惨な事故発生から1月以上経過し、全容がほぼ明らかになりました。以下はその概要です。

第105回全米オープンポロチャンピオンシップに参加するために米国に到着したベネズエラ人所有の21頭のポニーが試合前に虚脱、眩暈、方向感覚の喪失などの症状を呈し、14頭が同日に、7頭が翌朝までに死亡しました。主な症状は沈鬱、運動失調、肺水腫、横臥および虚脱などで、経過が非常に急なことから、薬物中毒が疑われました。検死と原因究明のため、検体はフロリダ大学獣医学部とフロリダ州農務省動物病診断研究所に搬送されました。剖検の結果、死因を特定できる特別な所見は認められず、さらに原因究明が継続されました。病理解剖時の主病変は肺出血、肺水腫で、呼吸不全による死亡が推測され、感染症は否定されました。一方、サプリメントとしてのビタミン配合剤を調合した製薬会社がコメントを発表し、疲労回復または体力向上の目的で調合した配合剤が適正でなかったことを報告しました。配合剤はビタミンB、カリウム、マグネシウム、セレンを調合したもので、投薬後3時間以内に発病、あるいは死亡し始めたことが明らかにされました。最終的にフロリダ州農務省が調査結果を公表し、21頭は配合剤に含まれたセレンの過剰投与による中毒死であることが確定しました。フロリダ大学の獣医病理学および薬学関係者によって行われた検査結果から、今回死亡したポニーから検出されたセレン濃度は血液では正常馬の10~15倍、肝臓では15~20倍あったことが判明しました。

セレンの馬への経口投与による致死量は体重 1kg 当たり 3.3 mg で、非経口投与ではこれ以下です。セレンには 5 種類（セレン酸塩、亜セレン酸塩、金属態セレン、セレン化合物および有機セレン）の化学形状が存在し、それぞれ毒性も異なります。配合剤として投与するときには、調合する薬剤や化合物の種類で吸収される濃度が異なってくるため注意が必要です。セレンが生物にとって有害であると判明したのは、1930 年代に米国西部のサウスダコタで放牧中の家畜に急死、呼吸困難、異常行動、異常姿勢などがみられた事例が最初とされています。この病気はアルカリ病、旋回病と呼ばれ、家畜がセレンを多く含む牧草を食べて急性中毒を起こし、発病することが初めて明らかになりました。滅多に発生することではありませんが、**白筋症**の予防に関連して紹介しました。

## 6．原因不明の急性致死性筋症

最近、臨床的に色々な症状を示し、原因の特定されていない**非定型筋症**（atypical myopathy）が、ヨーロッパや米国で発生し、脅威になっています。**非定型筋症**の症状は、食欲減退、疝痛、嗜眠、しばしば横臥し、筋の硬化や跛行を示します。前日には何の兆候も示さなかったのに、翌朝には牧草地で死亡している姿が発見されることがあるそうです。この疾患は、死亡率が 90% に達する急性致死性筋症です。1995 年にドイツで発症した際に、2 週間で 100 頭以上が死亡しています。2000 年以降、ベルギーおよびフランスで発生しており、最近では 2006 年にオランダで発症し、多数の馬が死亡しました。

アメリカでは春から秋季にかけて放牧中の馬に“すくみ”様の症状を示す原因不明の疾患があり、これを**季節性牧草由来筋症**（seasonal pasture myopathy）と呼んでいます。この病気の一部は、ヨーロッパで脅威となっている**非定型筋症**である可能性が示されました。これは当初ミネソタ州の研究者が、マルバフジバカマ（white snakeroot：北米東部および中部の原産で、牧草地に広く生えている有毒な多年草で、わが国にも昭和の初め帰化し、現在では各地に広がっているといわれています。）の中毒による**季節性牧草由来筋症**と考えられていた症例を再検討した結果、**非定型筋症**である可能性があると診断したものです。すなわち、**季節性牧草由来筋症**の疑いで、1998～2005 年に米国ミネソタ州立大学に運ばれてきた馬のうちの 14 頭が、筋色素尿症、筋収縮、横臥および全身衰弱の症状を示していました。これらの馬は心悸亢進と呼吸速拍がみられ、当初は疝痛と診断されていました。精密検査の結果、筋肉損傷の証拠となるクレアチンキナーゼとアスパラギン酸トランスアミナーゼの血中濃度上昇がみられましたが、筋は“すくみ”を起こしている馬の筋ほど硬くなく、また疼痛がみられませんでした。治療では抗酸化剤と抗炎症剤の投与が行われましたが、回復したのは 14 頭中 2 頭だけでした。

**非定型筋症**については、ヨーロッパではベルギー（Liege 大学）、オランダ（Utrecht 大学）およびフランスで、米国ではミネソタ大学に研究グループがあります。そこで、これまでに得られた成績の概要を以下にまとめてみました。

**非定型筋症**は、米国ではマルバフジバカマが原因であると考えられましたが、その毒素は、死後に剖検された馬の臓器から検出されず、また発症後生存した馬の尿からも検出されず、原因は明らかにされていません。前に述べたミネソタ州の 14 症例は、臨床症状、死亡率、剖検所見、病理学的所見および天候、季節性など疫学的見地から、マルバフジバカマが生育していないヨーロッパ諸国で報告されている**非定型筋症**と酷似していることがわかりました。米国やヨーロッパにおいて、**非定型筋症**は春から秋季の間に湿潤で草があまり生えていない牧草地で草を採食する若馬で多く発症します。体調は普通かまたは悪い若馬は、**非定型筋症**に罹りやすいと思われませんが、成馬でも



発症が確認されています。死亡は、症状の発現後 72 時間以内に起きることが多いようです。非定型筋症および季節性牧草由来筋症にかかっている馬の半数には心衰弱がみられます。

ベルギー（Liege 大学）の研究者は、自然排水の不良な牧草地と栄養価の低い牧草地および濃霧による日照不足と過度な降水や多湿などの天候状態が共に重要な要因であることを突き止めました。非定型筋症の原因はまだ特定されていませんが、原因因子によってもたらされる新陳代謝障害のいくつかが究明され、次は原因を特定することに関心が向けられています。

オランダ（Utrecht 大学）の研究グループは、最近、なんらかの原因による脂肪燃焼プロセスの遮断が非定型筋症の発病機序であることを明らかにしました。すなわち、非定型筋症を引き起こす生化学プロセスである多種アシル CoA 脱水素酵素欠損症（MADD: Multiple acyl-CoA Dehydrogenase Deficiency）と呼ばれる脂肪燃焼プロセスの遮断について究明しました。非定型筋症に罹患した馬で MADD を発見するまで、その治療法は分かりませんでしたので、治療指針につながります。

牧場環境からみた非定型筋症の予防として、水槽または給水器を用い、乾草は乾草給餌器やネットで与え、牧草地から馬糞を除去し、牧草地に馬糞を撒布せず、堆積した枯葉を除去し、有毒植物や真菌を防除し、春と秋季に湿潤で牧草の少ない草地に馬を長期間放置しないことです。特に若馬はこのような環境の牧草地で長時間過ごすことを制限すべきといわれています。

非定型筋症の治療について、ミネソタ州の 2 頭の生存馬のうち、1 頭には最初の臨床的兆候に気付いてから 4 時間以内に NSAID および馬運動ニューロン病の症状緩和に効果のある抗酸化剤であるビタミン E が投与され、もう 1 頭の生存馬には、ビタミン E、セレン、ビタミン C およびジメチルスルホキシド（DMSO）の静脈内投与、NSAID および輸液による治療が行われました。

非定型筋症に罹患した馬において MADD を発見することが出来たことで、最終的には MADD の予防ができるようになることを期待しています。

## まとめ

馬の筋肉および筋障害について 5 回にわたり解説してきました。運動器として大切な働きをしている筋肉は、速く走ることをめざす軽種馬にとって重要な器官です。そのため、筋肉の種類、構造や機能および筋障害などについて十分に理解することは、若馬の運動能力の向上に役立つものと思われれます。そこで、これまでに解説してきた内容を整理してみました。

### 1. 筋の種類と分類および特性

筋は骨格筋、心筋および平滑筋の 3 種類に分類することができ、組織学的には、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、馬体を動かすときに用いる筋を構成し、主に横紋筋線維と結合組織からできています。馬には大小約 200 対余りの骨格筋があり、筋重量は体重の約半分を占めているといわれます。また、筋は生体の意志の観点から随意筋および不随意筋に分けられます。骨格筋は、外観の色調から赤筋と白筋に分けられ、別名としてそれぞれ遅筋線維（Type 線維・ST 線維）および速筋線維（Type 線維・FT 線維）と呼ばれます。遅筋線維は収縮速度が遅いため、スピードに乏しいものの持久力に優れ、速筋線維は収縮速度が速くパワーを発揮しますが持久力に乏しいことが知られています。一般に、馬は速筋線維の比率が高い動物であり、その中でもスピードを要求される品種ほど速筋線維の占める比率が高く、逆に持久力を必要とする品種では遅筋線維の比率が高いことが知られています。

## 2．骨格筋の運動時のエネルギー供給

筋運動で利用されるエネルギーは、運動強度と使われる筋線維の種類によって異なります。短時間に大きなエネルギーを使う短距離走のような強い筋収縮が必要な運動では、無酸素系の速筋線維が使われ、時間の長い長距離走では有酸素系の遅筋線維が使われます。運動時間が短時間の全力運動では大部分が無酸素的エネルギー、ある程度の激しい運動（2分間位）では無酸素と有酸素的エネルギーの供給が半々くらいで、さらに長い運動（10分間程度）では無酸素的エネルギー供給は約15%ですが、もっと運動時間が長くなると有酸素的エネルギーの比率が増え、やがて大部分が有酸素的エネルギー供給になり長時間の運動が可能となります。

## 3．運動による骨格筋の変化と筋疲労

骨格筋は運動に対応して変化します。全く筋肉を使わないでいれば、筋はだんだんと廃用性萎縮に陥り、やせ細ってきます。逆に、運動を続けていくと筋は太くなります。すなわち筋力トレーニングを行えば、筋線維内の筋原線維数が増加し、筋肥大するというわけです。有酸素運動では筋肥大を起こさず、筋肉内の血管数を増加させ、血流量が増大し、筋に酸素とグリコーゲンを効率よく供給します。遅筋線維（Type 線維）と速筋線維（Type 線維）の比率は遺伝で決まっていますが、持続的トレーニングを長期間持続すると速筋線維が遅筋線維に転換することが示されています。

運動時の末梢性筋疲労には、エネルギー産生物質の枯渇、筋線維内におけるエネルギー産生障害、筋収縮力の低下、血流量の減少、筋温の過剰な上昇など多くの因子が関与していると考えられています。

## 4．各種筋疾患の予防

馬には各種筋疾患がありますが、発症要因を十分に理解するとともに日常の飼養管理に気を付けていれば予防が可能なものがあると思われます。一方、競走馬は比較的若い限られた期間に走能力を発揮し、活躍することを余儀なくされるため、運動器に障害が起きると影響が出てきます。より速く走ることを求めて鍛錬される筋肉に障害が起きないように、日常の保健衛生管理には細心の注意が必要です。