

### 3. 馬にみられる病気

## 競走馬の循環器系(心臓・血管)とその疾患 その2

軽種馬育成調教センター 調査役 吉原 豊彦

前号では心臓および循環器の構造や機能を中心に解説しました。今号ではその続きとして、競走馬の心臓をはじめとする循環器系の機能と役割や特徴および心臓の動きの一指標となる心電図について説明します。

### トレーニングとスポーツ心臓

動物の心臓の大きさは、体の大きさとほぼ比例しており、体の大きな動物ほど心臓も大きくなることは容易に想像できますが、体重当たりの比率で見るとかなり一定しています。一方、激しい運動をする動物種ほど、体の大きさの割に大きな心臓を有していることが知られています。同じ馬族でもサラブレッド種の心臓は大きく、ペルシュロンなどの重種馬をしのいでいることは前号で説明しました。

人のスポーツ医学では、長期にわたり激しい運動をしたスポーツ選手の心臓が肥大するという現象は古くから知られています。この運動の持続により肥大した心臓、すなわちスポーツ心臓は、かつては病的なものであるのかが明確ではありませんでした。しかし、スポーツ心臓は心臓超音波検査(心エコー)というような検査技術の発達により、現在では基本的には病的なものでなく、競技能力を高めるために身体が適応した生理的变化であることが明らかになっています。他の動物と比較して元々大きなサラブレッドの心臓はスポーツ心臓の典型といえます。

トレーニングによって心臓に対する負荷が増加すると、短時間内に蛋白合成が行われ、個々の心筋細胞内で心筋線維が増量して心筋細胞が肥大します。一方、成熟した心筋細胞は核の分裂は起こるものの細胞分裂にはいたらないため、基本的には心筋細胞数は増加しないと考えられています。すなわちスポーツ心臓による心肥大は、個々の心筋線維の肥大によって起こります。

馬ではサラブレッド種競走馬のトレーニングと心臓重量との関係について調べた研究(久保ら 1973 年)があります。そこではサラブレッド種の馬(61 頭)の剖検時の心臓重量が測定され、それらの馬の生前のトレーニング強度との関係が比較検討されました。その結果、心臓重量はトレーニングにより体重比で平均 1.1%まで増加し、しかも短期のトレーニングでも心臓重量は増加しており、トレーニングに対する心肥大の反応は早期から生じるものと考えられました。一方、長期間運動を休むと、せっかく生理的に肥大した心臓も元の大きさに戻ることが分かりました。ちなみに、トレーニングを中止すると 1 年以内に心臓の肥大は元に戻るとされています。かつて強い運動をしていても、運動をやめてから何年も経っているのに心臓が肥大している場合には、スポーツ心臓ではなく何らかの疾病により心臓が肥大したと考えられます。

### 心臓や運動機能を見る目安としての心拍数と V200 値

心臓は自動能によって自発的に興奮を繰り返し拍動しています。心拍数は心臓が一定の時間内に拍動する回数をいいます。通常、1 分間の拍動数で表しており、脈拍数あるいは単に脈拍とも呼んでいます。有酸素運動中の心拍数は運動強度によって増減します。運動を開始すると、運動中の筋肉ではエネルギー産生のため酸素が必要となります。酸素は肺で血液に取り込まれ、心臓のポンプ作用で筋肉に運ばれま

す。心拍数は運動強度が強くなれば、無酸素運動の影響が強くなるまでは直線的に増加します。一方、運動により発達した心臓では、大きな特徴として挙げられるのが心拍数の減少です。これは、心筋が発達した結果、1回の拍動でより多く血液を送り出すことができるようになり、少ない拍動でも全身に十分な酸素を運ぶことができるようになったために起こる現象として理解されます。

育成馬のトレーニングの目的の一つに有酸素運動能力(持久力)の向上があります。育成馬のトレーニングをより科学的に管理するための研究で、人のスポーツ医学を応用したトレーニング効果の測定およびトレーニングによる馬体の生理的反応について、BTCで運営管理している調教場の利用馬を対象にデータ集積が行われました。これでは調教場利用馬の運動中の走速度と心拍数から求められるV200値(心拍数が200拍/分の時の馬の走速度[分速]を示す数値のことで、馬の体力やトレーニング効果の判定に有用とされている指標)の測定を調教責任者自身が行うことができます。しかも、BTCではV200値が簡易に求められるように自動解析ソフトである「天馬くん」を開発するとともに、心拍数を測定するための周辺機器や技術の開発および精度の向上を図り、それらの研究成果の普及を行ってきました。心拍数と走速度はだいたい直線関係にあり、最大心拍数がどの馬もほぼ一定(約230拍/分)と仮定すると、心拍数が200拍/分の時に速い速度で走れる馬ほど体力があるといえます。V200値は、スタンダードブリードを用いた実験で、有酸素能力の有力な指標になることを報告(Perssonら 1983年)、オーストラリアのRoseらはサラブレッドを用いた研究で、トレーニング効果の良い指標であることを報告(1990年)しました。わが国でも、V200値はトレッドミルや走路を用いて測定され、育成馬や競走馬の体力評価に利用されています。ちなみに、V200値は、2歳時3月頃の育成馬ではハロン17~20秒(約700~600m/分)程度になり、さらに7月頃にハロン15秒(約800m/分)と増加し、平均的な競走馬の走速度のレベルまで有酸素運動能力が増強されてきます。

さらに、馬の血中の乳酸値について、近年ヒト用に開発された簡易乳酸測定装置を応用し、馬でも簡単に乳酸値が測定できるようになりました。これにより、従来トレーナーの経験と勘に頼っていたトレーニング効果の評価、運動強度の判定、運動に対する馬体の疲労度などについて客観的評価を行うことが可能となり、トレーニング効果の判定に役立っています。

## 運動テストは競走馬のパフォーマンスの評価に有用

競走馬は高い運動能力を有していますが、その運動能力を評価する方法として、馬用トレッドミルや野外走路で行う運動テストがあります。トレッドミルによる運動テストの特徴は、馬に対する運動負荷を正確に設定できること、および機械の上を走っているため運動中のデータを絶えず得られることです。一方、野外走行は簡便で安価に行うことができますが、得られるデータは限定されます。これらの手法による運動テストは、馬の心肺機能の評価に有用です。簡便な運動テストとしては野外において3段階の速度(ハロン約19~24秒)でそれぞれ3分間走行させる方法があります。この方法は、馬に速度計と心拍計を装着して走行させた後に採血を行い、運動テスト終了後に走速度、心拍数および血中乳酸濃度を計測してV200値(心拍数が200拍/分になるときの速度)とVLA4値(血中乳酸濃度が4mmolになるときの速度)を算出します。V200値およびVLA4値は馬の体調によって変化するため、運動能力やコンディション評価に有効であると考えられていますが、これらを実践するには、スポーツ科学の知識とデータを理解することが必要です。この他にも馬の運動能力の指標として、酸素摂取量や馬の歩様などが利用できると考えられています。

競走馬の運動能力において、持久力の高さはその特徴のひとつです。最大酸素摂取量は持久力の指標の一つであり、馬の運動能力を評価する上で最も優れた指標ですが、馬ではトレッドミル上で専用装置を装着しないと測定できません。トレッドミルあるいは野外走行における運動テストは、馬の運動能力の指標を得ることができることから、馬の体力やトレーニング効果の評価に有用であると考えられます。

## 心臓の電氣的刺激と心電図

心臓には刺激を心筋の各所に伝える仕組みが備わっており、これは刺激伝導系と呼ばれますが、その詳細は前号で説明しました。すなわち、右心房にある洞(房)結節は一定頻度で自動的に興奮し、その電氣的刺激は心房内を伝わって房室結節に至り、ついでヒス束を通り右脚・左脚を經由して心室筋に分布するプルキンエ線維に達し、最終的には心室筋全体に伝わるというものです。この心筋の興奮が心房にある洞(房)結節に始まって心室に伝搬していくときの心筋に起こる興奮の伝搬と、それによって引き起こされる心臓の収縮と弛緩を電氣的にとらえたものが心電図 (electrocardiogram: ECG) です。心臓は最初に心房が興奮・収縮しますが、これを心電図上でみると P 波は心房の興奮として観察されます。その後には心室筋の興奮として一連の QRS 波が続き、さらに心室筋の興奮の回復過程を表わす T 波がみられます (図 1)。正常な心電図において、P 波は心房の脱分極で起こり、QRS 波は心室の脱分極で起き、T 波は心室の再分極で生じた電氣活動に起因します。右心房にある洞(房)結節から始まる電氣的刺激が刺激伝導系を 1 回通ると一心拍になります。

心臓に発生する微弱な電流を観察するためには、体表面に電極を貼って微小な電流を増幅して記録する必要があります。このため、体表面に2個の電極を置き、両者間の電圧を増幅して記録します。心電図を記録する方法(誘導法)には単極誘導および双極誘導があります。前者は一方の電極を心臓の電氣の影響を強く受けるような心臓の近くに配置し、他の電極を心臓から遠い部位(電位が小さく安定している部位)に配置します。後者は2個の電極が同程度に心臓からの電氣の影響を受ける部位に電極を配置して記録するものです。通常、馬の心電図誘導法では、単極誘導により記録しています。

心電図は心疾患を診断する上できわめて有用であり、心電図が細かな揺れのような波形を示す場合は、心房筋が不規則に収縮していると考えられます。この場合、心臓の衰弱、心房中隔欠損症、心筋梗塞等による心不全などが推察されます。他にも波長の異常がみられる病気(不整脈、心不全、心臓弁膜症等)にはそれぞれ特徴のある波形を示します。しかし、心臓に異常があれば必ず心電図に変化が現れるとは限らず、不整脈では発作が起こった時でないとは変化がみられないこともあり、測定時の心電図が正常だから心臓病がないとは必ずしも言い切れません。

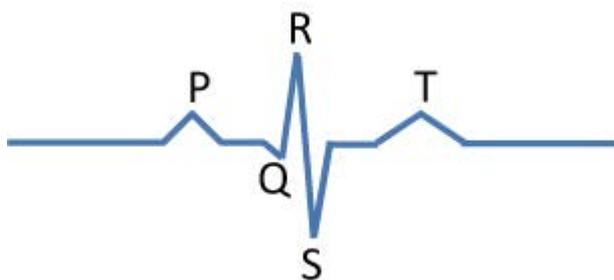


図1 健康な馬の心電図

心電図は心臓の活動電位の経時的变化をグラフに記録したもので、P 波は心房の収縮、QRS 波は心室筋の収縮を、T 波は心室筋の収縮の終了という組合せで表示されます。心拍動が規則的であれば、P 波は常に一定間隔で見られます。ただし、健康な馬でも時に不規則な期外収縮が起こり、QRS 波が乱れることがあります。

## 心拍数と自律神経との関係

動物の心拍数は、動物の種類によってかなり幅があります(表1)。体格が大きいほど少ない傾向があり、年齢が上がれば最大心拍数は減少するようです。心臓は自律神経により調節され、交感神経と副交感神経と呼ばれる2系統の自律神経による支配を受けています。この2種類の自律神経は互いに拮抗的に働き、おおまかには交感神経は心臓に対して促進的に、副交感神経は抑制的に働くことが知られています。心拍数に限れば、交感神経は増加させる方向に、副交感神経は減少させる方向に働きます。サラブレッドをトレーニングすると安静時の心拍数が減少していくことは周知の事実です。2歳馬で通常のトレーニングを実施した馬と放牧のみで全くトレーニングしていない馬を比較すると、十分にトレーニングされた馬では安静時の心拍数が低下しますが、トレーニングしていない馬では安静時心拍数はあまり低下しません。JRA育成馬においても、1歳の年末から2歳の春頃にかけて、V200値が向上した馬すなわちトレーニング効果があった馬たちの場合、安静時の心拍数は明らかに少なくなっていました。一方、V200値があまり変化していない馬すなわちトレーニング効果があまりみられなかった馬の群では、安静時心拍数はほとんど減少していませんでした。そして、これらの変化に呼応して、安静時の心拍数が減少していた馬たちの副交感神経の活動は亢進していたことが明らかとなりました。サラブレッド種の競走馬の安静時心拍数が減少するのは、トレーニングによって副交感神経の活動が亢進するからだろうと古くから推測されていましたが、JRA日高育成牧場での地道な研究により検証されたものといえます。

表1 動物の心拍数

種類	心拍数 (拍/分)
人	60 ~ 80
軽種馬	32 ~ 44
鯨	20
象	30
牛	65
豚	70
犬	75 ~ 100
ウサギ	130 ~ 300
ネズミ	400 ~ 600