

3 科学の箱馬車

心拍数とスピードからわかること・・・馬の有酸素能力について

日本中央競馬会 栗東トレーニング・センター 競走馬診療所 塩瀬 友樹

はじめに

ヒトの世界では、トップアスリートを育成するためのトレーニング法・コーチング法を分析するための、あるいは各個人の体力を評価するための「スポーツ医科学」が一分野として確立されています。わが国においては、スポーツ医学のノウハウを駆使してトップアスリートを育成することを目的とした、国立スポーツ科学センターが2001年に設立されました。その後開催されたアテネオリンピックでは、当時史上最多となる37個のメダルを獲得したことは記憶に新しいところです。オリンピック選手と同様に、競走馬も勝つためにトップアスリートとして資質の向上を求められます。ヒトにおいて実用化されている技術を、サラブレッドの育成や調教に活かすことはできるのでしょうか？近年10年ほどで、競走馬の体力評価についての研究が進められています。ここではこの試みについてご紹介します。

サラブレッドにおける体力測定

最大酸素摂取量

最大酸素摂取量は、動物が体内取り入れることの出来る酸素の量の最大値で、体内における酸素の摂取・運搬および利用効率を反映しています。普通は、体重1kgあたり1分間あたり摂取可能な酸素の量(ml/kg/分)で表されます。動物が運動する際にエネルギーを産生させる方法には、酸素を利用し多くのエネルギーを得る方法(有酸素的)と、酸素を利用せず産生時間は短い、得るエネルギー量が少ない方法(無酸素的)があります。酸素摂取量は、運動強度が強くなるのに比例して増加していき、最後にはその増加が頭打ちになります。このときの値を最大酸素摂取量といいます。つまり、最大酸素摂取量は有酸素的なエネルギー供給の最大値を示し、疲労してきたときにどれくらい有酸素的にエネルギー供給ができるのかということの指標になります。マラソン選手のように持久力(スタミナ)のあるヒトでは、最大酸素摂取量が高い値を示すことが知られています。つまり、最大酸素摂取量が高い値を示す 有酸素能力が高い 全身持久力がある、ということが言えます。

一般成人の最大酸素摂取量は、約40ml/kg/分(体重1kgあたり1分間に40mlの酸素を摂取可能)です(図1)。トップクラスのマラソンランナーともなると、この値は倍の約80ml/kg/分にもなります。走ることに特化して改良されて来たサラブレッドは、未調教の馬でも約130mg/kg/分、トレーニングを積んだ馬では約190ml/kg/分と、ヒトのトップアスリートよりもはるかに高い値を示します。一流の競走馬は簡単に最大酸素摂取量を測定するわけにはいきませんが、200ml/kg/分を超えるのではないかとされています。

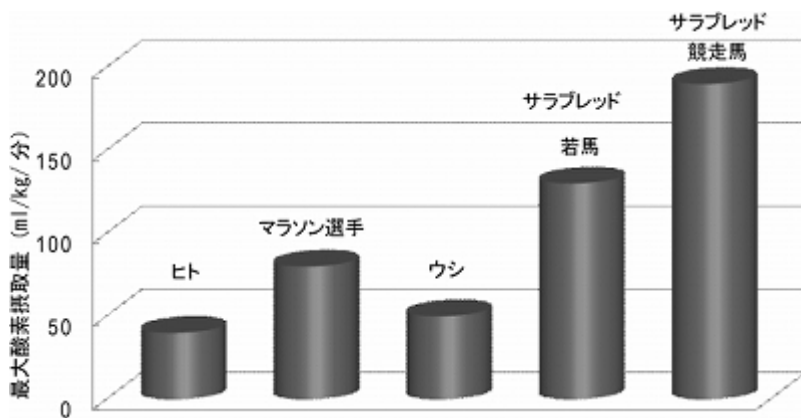


図1 動物種による最大酸素摂取量の差

競走中に利用されるエネルギー

競走中のサラブレッドは、有酸素的なエネルギー供給と無酸素的なエネルギーをどのような割合で使用しているのでしょうか。シドニー大学の Eaton らが調べたところ、図2の様な結果となりました。人間の100m競走では、利用されるエネルギーの約90%が無酸素的につくられたものですが、比較されることの多い競走馬の短距離レース(1,000m)では、利用されるエネルギーの実に70%が有酸素的につくられたものであることがわかりました。有酸素的なエネルギー供給は中距離レース、長距離レースと走距離が延びるにつれ、さらに増えていくことから、有酸素能力が高いことは競馬を有利に運ぶことができるということがわかります。

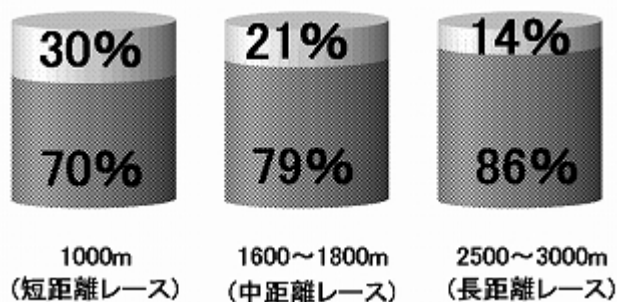


図2 競走馬が距離別に必要とするエネルギーの割合

上段：無酸素的なエネルギー供給

下段：有酸素的なエネルギー供給

有酸素能力の測定

ベルトコンベアの上を走るトレッドミルや、自転車アルゴメーター上でヒトが大型のマスクをつけて全力で運動しているのをご覧になったことはないでしょうか。これは最大酸素摂取量の測定風景です。この様な測定法がサラブレッドでも可能なのですが、トレッドミル、マスクおよび測定装置すべてがヒトと比べてはるかに大がかりな装置が必要となり(写真1)トレセンや牧場での測定は不可能です。



写真1 馬用トレッドミルによる最大酸素摂取量測定風景

それでは、大型の装置を必要とせず、育成期あるいはトレセン入厩後の調教中に計測可能な有酸素能力の測定方法はないのでしょうか。調教中の心拍数とスピードを計測することで、有酸素能力を測定する方法が知られており、その値としてV200あるいはVHRmaxなどが知られています。

一般に、安静時の競走馬の心拍数は1分間に30～40拍/分程度ですが、軽いキャンターでは100拍/分程度に、速めのキャンターでは200拍/分程度に、トレセンでの追い切りでは各馬の最大心拍数（VHRmax）となる210～230拍/分に達します。キャンターを始めた後のスピードは、最大心拍数を迎えるくらいまでは心拍数に比例して上昇していき、最大心拍数を迎えた後は心拍数が上昇せずスピードのみが上昇していきます（図3）。

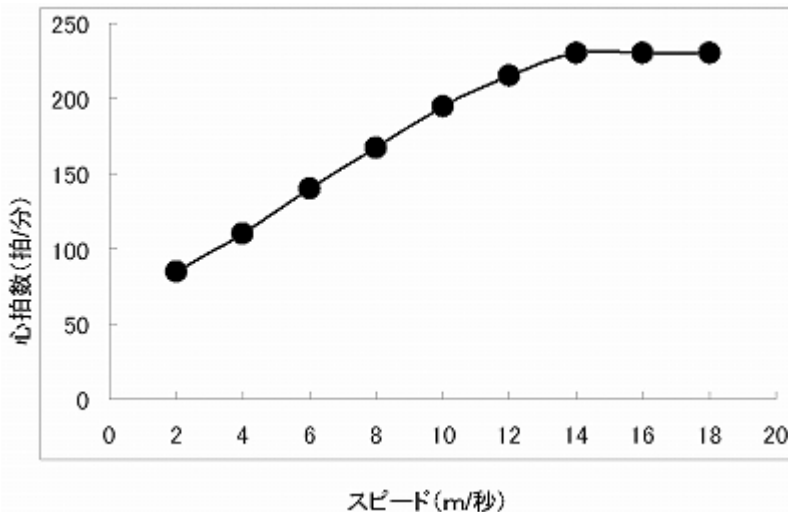


図3 心拍数と走行スピードの関係

この心拍数とスピードが比例関係にある回帰直線上で、心拍数が200拍/分になった時のスピードをV200、最大心拍数になった時のスピードをVHRmaxと言います。育成・調教を続けていく馬を経時的に測定していくと、この回帰直線は馬の有酸素能力の上昇とともに右にシフトして行きます。このことがV200、VHRmaxの値の上昇という形で数値化されます。私達自身がトレーニングを積んだ場合には、トレーニング後に同じ心拍数で走ることで

きるスピードが速くなることでこの変化を実感できます。この V200、VHRmax の値の上昇は、トレーニング後に起こる最大酸素摂取量の上昇と相関していることが知られています。

図 4 は、トレーニング前後の V200 および VHRmax の変化をあらわしています。トレーニング前 (○) は、心拍数が 200 拍/分になった時のスピード (V200) は 10m/秒です。V200 はトレーニングを積むこと (●) によって、12m/秒に上昇しました。この馬の最大心拍数は 230 拍/分です。トレーニング前には 230 拍/分になった時のスピード (VHRmax) は 14m/秒ですが、トレーニング後には 16m/秒に上昇しました。

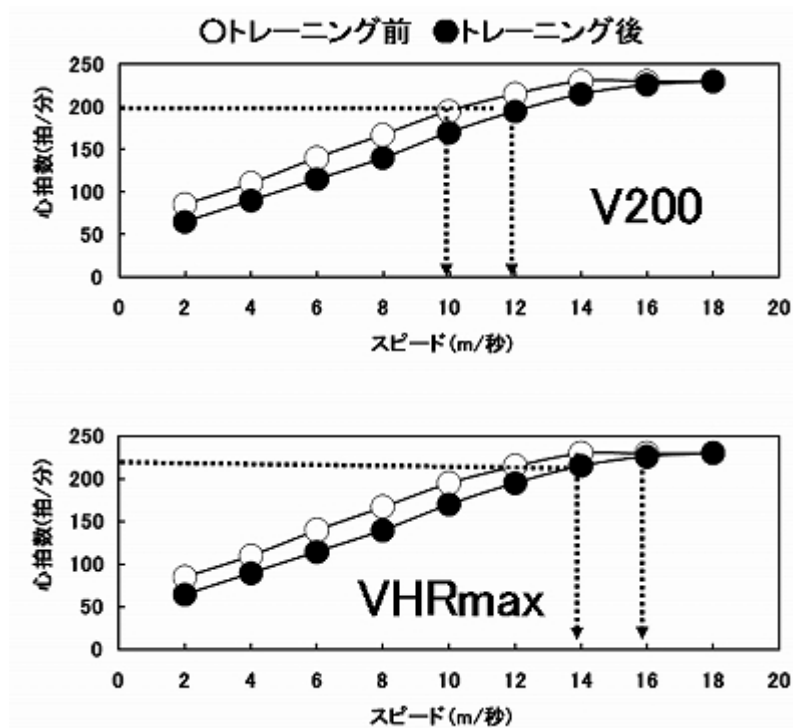


図 4 トレーニング後の V200 および VHRmax の変化

調教中の心拍数とスピードの関係を測定できれば、V200 および VHRmax の変化を測定することができ、競走を有利に運ぶために必要な有酸素能力の変化を知ることができることがわかりました。では、調教の妨げにならず、心拍数とスピードを簡便に計測可能な機器はあるのでしょうか？。

エクイパイロット

V200 や VHRmax を測定する試みが始められた当初は、ヒト用に開発されたハートレートモニターを用いており、調教中の心拍数しか測定できませんでした。一方、走行スピードは、調教中の馬に器械を載せて計測することが不可能であったため、ストップウォッチで計測したハロンタイムから算出していました。このため、V200 および VHRmax を求めるまでの作業は非常に煩雑でした。また、ハロンタイムはハロン棒を通過する際に測定者が双眼鏡を見ながら計測するものであり、必ずしも正確ではないという難点もありました。

GPS (Global Positioning System : 全地球測位システム) は、地球上の現在位置を調べるための衛星測位システムです。身近なものでは、車のカーナビゲーション等の現在位置把握に応用されており、経時的に地球上 (調教馬場) での現在位置が記録されるため、これを計算することで走行スピードを割り出すことができます。エクイパイロットは、従来のハートレートモニターに、GPS 機能が搭載され、調教中の心拍数と位置を同時に記録可

能な優れものです。調教終了後に回収したエクイパイロットをパソコンに接続し、データを専用のソフトで解析すれば、心拍数とスピードの関係を割り出すことができます。

エクイパイロットを用いて心拍数とスピードを測定する際には、エクイパイロット本体の他に、鞍下・腹帯下に装着するハートレートモニター用の2つの電極と、これを固定する為の専用ゼッケンおよびエクイパイロットを入れておくためのポケット付き坂路用バーコードゼッケンが必要です（写真2）。写真3は、実際の競走馬に測定器具を装着したところです。電極やエクイパイロット本体は、注意してみないと何処に装着されているかわからない程で、調教の妨げになることはありません。

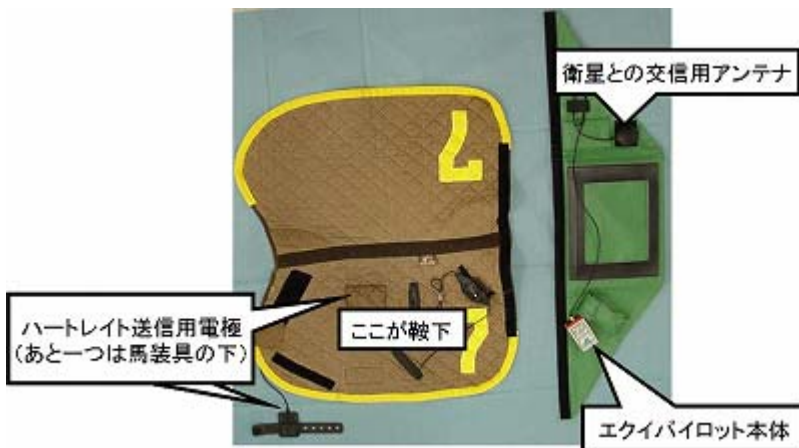


写真2 エクイパイロット測定に使用するゼッケン



写真3 エクイパイロット装着後

調教後は、エクイパイロットを回収し、データを解析します。心拍数とスピードの経時的变化を図5に示しました。この図からは、曳き運動の際は心拍数の上下なく落ち着いて歩いていたのか、馬場入りする前は過度に緊張していなかったのか、あるいはゴール後どの位の時間で心拍数が下がっていったのか（息の入り）等を見ることができます。図6は実際のデータより導き出された心拍数とスピードの関係です。このグラフから、V200およびVHRmaxを算出します。

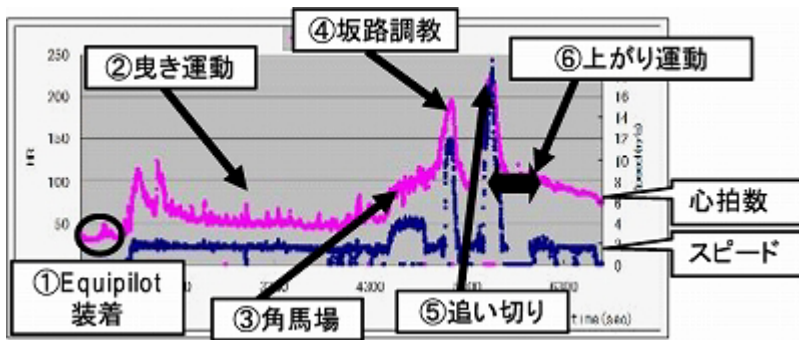


図5 調教中の馬の装鞍から調教終了までの心拍数とスピードの変化

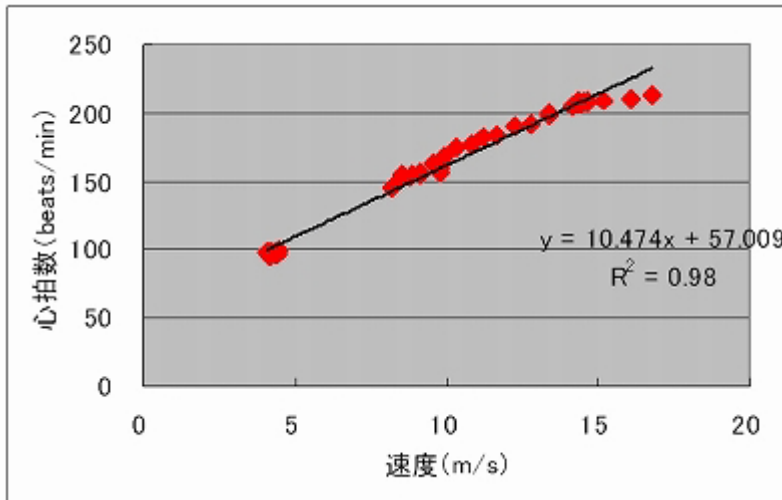


図6 実際に測定した V200 および VHRmax

V200、VHRmax とともに同じ個体を継続的に計測していくことには有用ですが、他の個体と比較する場合には V200 よりも VHRmax の方が適しています。その理由は、馬の最大心拍数には個体差があるためです。たとえば、最大心拍数が 210 拍/分の馬が VHRmax のスピードで走った場合と、最大心拍数が 230 拍/分の馬が VHRmax で走った場合を比べると、それぞれの馬にとっての生体の負担度は相対的に同じになります。一方、最大心拍数が 210 拍/分の馬が心拍数 200 拍/分で走った場合と、最大心拍数が 230 拍/分の馬が心拍数 200 拍/分で走った場合とでは、相対的な負担度は若干異なる状態での比較になります。この様な理由から、V200、VHRmax いずれの場合も、異なる個体間で比較するよりは、同じ馬のトレーニングの前後などを比較するのに適した指標とってよいでしょう。

育成期の調教による変化

JRA の育成牧場では、育成期の競走馬の有酸素能力の変化を知ることがを目的として、継続的に V200 の測定を行っています。トレセン入厩前の育成馬には、その馬の最大心拍数でなければ出せないスピードによる調教は行いませんので、経時的な変化を観知するには V200 による観察が適当です。図 7 に、育成牧場で計測された 1 歳 12 月～2 歳 3 月までの育成後期の競走馬 (24 頭) における V200 の変化を示します。月を経て、調教強度が増えていくにつれて、V200 の値が上昇していく (有酸素能力が向上していく) ことが分かります。

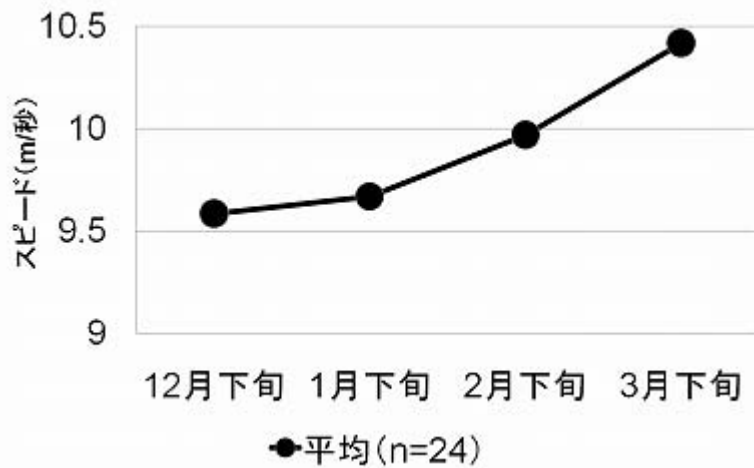


図7 育成後期における V200 の変化 (松本ら 2007 年)

トレセンでの調教による変化

2歳新入厩馬の入厩前後の V200 の変化を見てみましょう。前出の 24 頭のうち、2 頭の育成後期から出走までを追った調教中のデータがあります。このうちの 1 頭 () については、入厩後も順調に V200 の値は向上し、初出走を迎えました。残りの 1 頭 () については、入厩前後に大きな変化を迎えず出走しました。この馬については、V200 の増加 (有酸素能力の向上) を目的として、調教量を増やしたところ 1 か月後には V200 が上昇しました。これらのことから、トレセンにおいても V200 あるいは VHRmax を経時的に測定することで、出走に向けての調教の強弱を決める参考となることが示唆されました (図 8)。

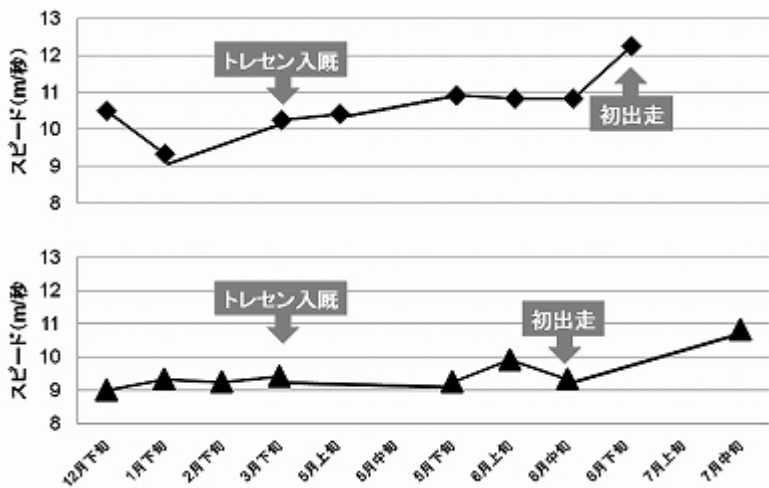


図8 トレセン入厩後の V200 の変化 (松本ら 2007 年)

放牧休養明けの変化

多くの馬では、出走まで有酸素能力が上昇していくことが分かりました。では、上昇した値は放牧・休養することでどの様に変化するのでしょうか？図 9 は、放牧休養を挟んで測定された VHRmax の変化です。放牧前に上昇した値が、帰厩後には下降していることが分かります。帰厩後は、出走前の VHRmax の値を目標とし少しずつ調教量を上げていくのが良いかもしれません。

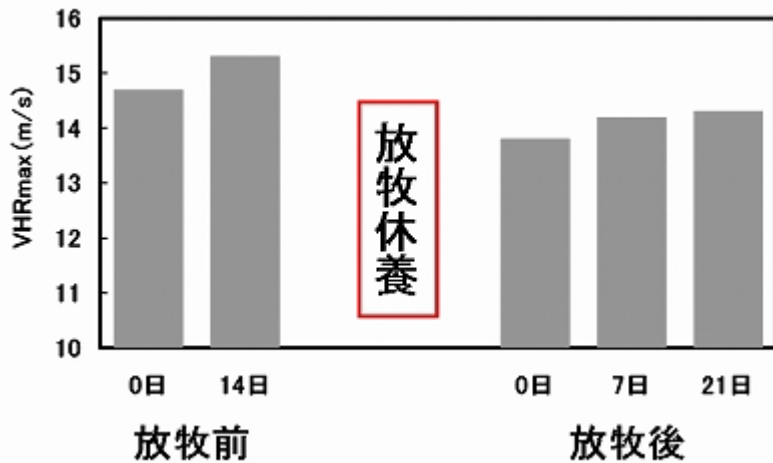


図 9 放牧前後の VHRmax の変化 (間ら 2004 年)

競走条件別の変化

中央競馬の競走条件 (500 万条件、1000 万および 1600 万条件、オープン) 別に V200 および VHRmax の値を調査してみました (図 10)。V200、VHRmax とともに競走条件が上がるにつれて値が上昇していくことがわかります。このことから、有酸素能力が高いことは競馬に有利にはたらくことがわかります。

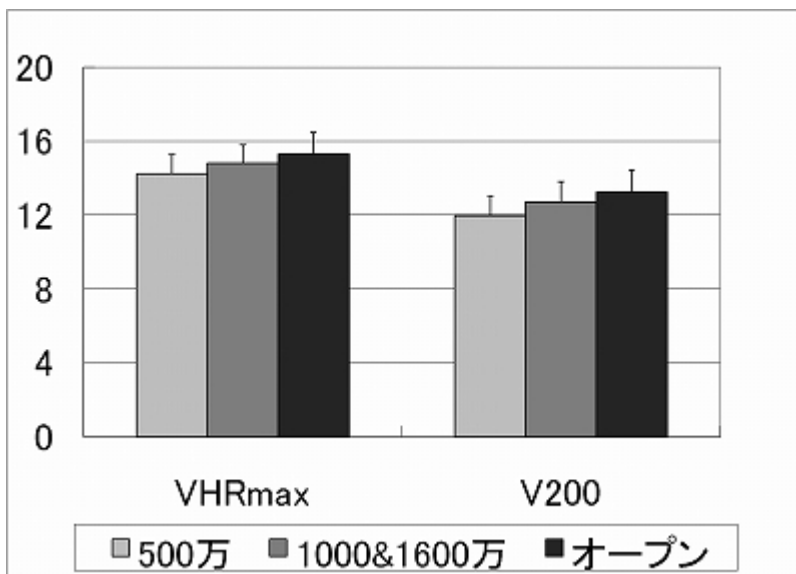


図 10 競走条件別の変化

おわりに

調教中の競走馬の心拍数と走行スピードを測定することが以前と比較して簡便になり、その結果、VHRmax や V200などを指標として競走馬の有酸素能力を解析することが容易になりました。これらの指標を育成期からトレセン入厩後までを継続して測定した結果、あるいは放牧休養前後を測定した結果から考察すると、有酸素能力は、調教を実施することで向上するが、調教の負荷量が足りない場合は平行線を描き、休養すると低下することがわかりました。育成期は継続的にデータを収集することで、馬の体力の向上を知る手掛かりとすることができそうです。また、トレセンに入厩後は、好成績を残した競走の追い切

り調教時のデータを保存しておき、これを放牧休養明けの調教メニューを考える上での参考にすることができそうです。興味を持たれた皆さん、愛馬の体力測定をぜひ実践してみてください。