

△スポーツを解析する・その二△

スポーツの生理学

盛田 常夫

スポーツ種目を大きく分けると、瞬間的なエネルギー消費を要求されるものと、比較的長時間のエネルギー消費を要求されるものに区別できる。相撲、重量挙げ、短距離の陸上競技や水泳など秒単位で測定できる時間の中で競われる競技が前者の例で、長距離走、遠泳、自転車などは、一分や一時間の時間単位で競われる競技が後者の例である。

この二つのタイプのスポーツ種目では、エネルギーの生産や消費の代謝が基本的に異なっている。たとえば、短距離の走者や泳者の場合、ほとんど無呼吸で一気に運動を終える。このような運動は無酸素運動と呼ばれる。もちろん、無酸素運動を長く持続することはできない。これにたいして、長距離走のような時間の長い競技では、一定のリズムで酸素を取り入れ、この酸素を使ってエネルギーを生産し、それを消費するというサイクルが働く。このような酸素を媒介とするエネルギー代謝は、有酸素運動と呼ばれる。

もちろん、すべてのスポーツがこの二種類に分類される訳ではな

く、たとえばテニスとかサッカーのように、短距離的な瞬発力と長距離的な耐久力の双方が要求されるものがある。しかし、エネルギーをどう作ってどう利用するかという視点から見ると、有酸素運動と無酸素運動の二つに区分でき、この二つの運動では鍛錬の仕方、体の作り方も、栄養の取り方もまったく異なっている。エネルギーの生産と消費については、分子細胞学的分析からかなりのことが明らかになっている。ところが、こうしたミクロの分析から人体組織のマクロの生理を統合的に解明することは簡単でなく、依然として未解明のことが多い。

ランナースハイとフロー

娯楽性もなく苦しさが伴うランニングや水泳をどうして好むのだろうかと疑問を呈する人は多い。この疑問は無酸素運動と有酸素運動を混同した誤解にもとづいている。長距離走は無酸素運動である短距離走の延長ではないし、水泳が苦しいと感じるのは、呼吸のリズムがとれなく無酸素運動に陥っているからである。有酸素運動でエネルギーの生産と消費が釣り合っていれば、誰も苦しさは感じない。もちろん、鍛錬によって、その平衡状態がどの水準にあるかは異なるが、苦しくないから長時間の運動が続けられる。

この有酸素運動がもたらす「快い状態」、つまり苦しさを感じなく

て逆に気持ちよさすら感じられる状態を説明する概念が二つある。

一つは、「ランナーズハイ」であり、もう一つは「フロー」である。

最近では、「ランナーズハイ」を「科学的」に分析すると称して、この現象を脳の内分泌物質と結びつける「理論」が発表されている。

「苦しい運動が続けられるのは、一定時間の経過に伴い、苦しみが和らぐ安定した時間が到来するからだ。それは脳内分泌分ベータエンドルフィンが麻薬の役割を果たすから」と、ランナーズハイを「脳内分泌物」理論で裏付けようとする説明がある。

もう一つの「フロー」概念は、ランナーズハイの状態を心理学的概念で捉えるもので、ハンガリー人でカリフォルニア大学教授のチクセントミハイが提唱している（チクセントミハイ『フロー体験：喜びの現象学』世界思想社、一九九六年）。長距離走だけでなく、多くのスポーツ競技にはランナーズハイと似た快楽的状态に到達する時間があり、それは「フロー」（流れるような気持ちよさ）と表現するのが良いというのである。

これら二つの説明は経験的にも科学的にも間違っている。水泳でもランニングでも人が長い時間走ったり泳ぎ続けられたりできるのは、それが苦しくない状態が持続されるからだ。この状態への到達は、各個人の肉体的な状態、日頃の鍛錬、スピード（走るあるいは泳ぐ）に依存する。たとえば、五百を一目一杯頑張って二分（百

米平均二四秒）で走れる人の場合、百米の平均スピードを二二三割ほど落とすと（百米平均二八〜三〇秒）、一目一杯に走る時の苦しさを感じずに、楽に五百を走ることができる。これは脳分泌物で苦痛が緩和されるからではない。痛みが感じられなくなるからではなく、エネルギーの生産と消費の平衡が保たれ、呼吸器への無理な負担がないからである。

短距離・中距離走の場合は最初から加速運動を続け、一目一杯の力を振り絞るので、血圧も脈拍も急上昇する。一目一杯の運動を続ける限り、血圧も脈拍も最大限に近いところまで上昇する。この時の脈拍は、通常、平常脈拍の二〜二・五倍以上になり、最高血圧も軽く二 mmHg を超える。瞬間的な力仕事の場合も、血圧・脈拍ともに急上昇する。重量挙げの場合には、選手でも素人でも、瞬間的に血圧は三 mmHg を超える。踏ん張ったり、加速したりしている時はほとんど無酸素運動が、エネルギーの生産が間に合わない状態だから、かなり早く肉体的な限界にぶつかる。だから、この運動の持続には限界がある。ここを無理すると心筋の痙攣や脳溢血などを引き起こす。このような運動ではけっして「ランナーズハイ」や「フロー」状態に到達することはない。

長距離走の場合、スピードをセーブして走り始めるから、初期の血圧や脈拍の上昇は緩やかである。そしてスピードが一定して定速

運動に入ると、逆に血圧も脈拍も下がりはじめ、平常よりやや高い状態（平常値の四〜五割高）で安定する。このような状態に達すると息苦しさを感ずることはないし、楽に走っている感じがする。有酸素運動が効率的に行われる、つまりエネルギーの生産と消費が平衡状態に達し、血圧と脈拍の安定化が達成されるからである。苦痛を緩和する脳内分泌物の存在とは関係がない。呼吸の苦しさは、神経を圧迫する筋肉の苦痛ではなく、酸素摂取にかかわる呼吸器への負担による。

さらに重要なことは、呼吸機能の安定化と、脚の筋肉疲労は相対的に独立しており、呼吸が安定して楽に感じる場合でも、脚力の鍛錬と筋肉疲労度によって、筋肉痛を感じたり、疲労の進行の早い遅いを感じられたりする。脚の筋肉疲労にかんしても、ベータエンドルフィンの効果など存在しない。内分泌とランナーズハイを結びつける「理論」は、関係のない二つの現象をアイディアだけで結びつけた机上の空論である。

また、呼吸機能の安定状況を心理学的に説明しようという「フロア」理論も学者の研究室から生まれた空理空論だ。安定状態から加速すれば、すぐに答えが出る。即座に苦しくなる。ランナーズハイに見られる「フロア現象」は、決して心理学的な現象ではなく、なによりもまず有酸素運動でエネルギーの生産と消費が平衡状態に

ある安定的な呼吸状態なのだ。

無酸素運動と有酸素運動

無酸素運動では前もって生産され筋肉に蓄えられたエネルギーが使われ、有酸素運動ではエネルギーの生成と消費が即時的に行われる。したがって、前者の運動にはエネルギーを蓄える筋肉の鍛錬と栄養補給が必要で、後者の場合にはエネルギー代謝を効率的に促進する鍛錬と栄養補給が必要になる。陸上短距離の選手は筋肉マンの体で爆発的な力を出すのが長い時間にわたってエネルギーを消費するのは不得手だ。これにたいして、マラソン選手は痩せた体で長い距離を走れるエネルギーの使い方ができるが、爆発的な瞬発力に欠ける。エネルギー源とエネルギーの使い方が違うのである。相撲の力士が短距離走に強いのは意外なことではなく、瞬間的なエネルギーを爆発的に支出できる筋肉があるからである。しかし、距離が長くなるにつれ、その肥大化した筋肉は逆に負荷に転じる。

もう少し詳しくエネルギーの生産と消費のプロセスを分析してみよう。酸素によって糖質（あるいはタンパク質や脂肪）を分解してエネルギーに代え、このエネルギーで筋細胞を動かすことで、生体は運動をおこなう。このプロセスは、呼吸によって酸素を吸引し細胞まで運ぶプロセス、その酸素を媒介に糖質が細胞内（ミトコンド

リア)で分解されエネルギーが生産されるプロセス、生産されたエネルギーが筋細胞(筋繊維)を動かすプロセスの二つから構成されている。エネルギーは蓄積可能な形態をとるので、第二と第三のプロセスは相互に独立している。この二つのプロセスは、呼吸器機能、糖質分解機能、筋力機能にそれぞれ対応する。だから、これらのそれぞれの機能を最大限に働かせるためには、それぞれ異なる鍛錬や栄養補給が必要になる。

無酸素運動した後は、酸欠状態になるので、呼吸が乱れ、酸素を懸命に体に吸引しようとする生体機能が働く。相撲の力士のインタビューで、取り組みが終わって何分も経っているのに、呼吸がかなり乱れている。三秒にも満たない相撲でも、かなり長い間、呼吸が乱れたままになっているが、マラソン選手は長時間走っても呼吸が乱れない。明らかに、運動の生理がまったく異なるのである。そのことはエネルギー代謝、つまりエネルギーの生産と消費のプロセスから科学的に解明できることなのだ。

エネルギーはどう作られる

生体は、栄養として摂取した糖質($C_6H_{12}O_6$)を酸素で分解して、ATP(アデノシン三リン酸)という化学化合物を生成し、これを分解する時に発生する化学エネルギーで筋細胞を動かすという仕組みを

もっている。有酸素運動が平衡状態を保っているとは、ATPの生産と消費が釣り合っていることにほかならない。消費されるだけ、生産されている。

それでは、無酸素運動の場合はどうなるのか。激しい運動では、ATPの生産が消費に追いつかない。そのために、生体はATPをクレアチンリン酸に変えて筋肉中に蓄えておき、必要に応じてこれからATPを取り出して消費する。もちろん、その消費量にも限度があるから、長時間の運動には役立たないが、短時間の激しい運動に使うことができる。

瞬間的に非常に大きなエネルギーを必要とする運動をおこなう選手は、日頃から、クレアチンリン酸を蓄えるための筋肉を作っていると考えられる。だから、短距離の選手は筋肉隆々なのである。他方、長距離の選手にとって、余分の筋肉は負荷になるので、無駄な筋肉を落とし、有酸素運動が効率的に行える体を作れば良いことになる。

ATPの分解から生じるエネルギーがどうやって筋細胞を動かすかは、分子細胞学の領域になる。このミクロンの世界の機能はかなりのことまで解明されているが、どのようなプロセスが介在して個体ごとの具体的な筋肉運動や疲労の違いとなって現れてくるは、依然として解明されていない。つまり、分子生物学的に裏付けられる一

般的なトレーニングの提言は可能だが、個人の肉体機能メカニズムにまで具体的にアドヴァイスできるほど、未だ人体の運動の生理は解明されていない。

細胞からみた鍛錬と怠惰

生体の細胞はいわば何億年もかかって、地球の環境に適応してきた歴史をもつ。なかでも、人体の細胞は最高の適応によって、ここまで発展してきた。細胞のキーワードは、「環境への適応」である。環境条件に柔軟に適応することで、人間は生きながらえてきた。ここには正反対の細胞機能を見ることが出来る。

一つは、環境の変化への対応である。細胞が環境要因の変化に対応して自らの機能を変化させる。環境が厳しさを増し、それが長期にわたって続く場合、生体細胞は新しい環境に適応するように代謝を活性化する、あるいは新しい機能を生み出すことで生体の死を防ごうとする。

今一つは、環境に変化がなければ、細胞はミニマムの機能を果たすだけで、エネルギーの無駄を省こうとする。限りなく保守化する。無駄を省くことは、緊急時の細胞の活性化へのエネルギー保存だと考えることもできるが、とくに変化がない場合には限りなく省エネ状態を保とうとする。

これらの二つの機能は矛盾するように見えるが、ともに環境への適応という点では同じことである。変化への適応が、それとモルティンへの適応かの違いである。

これを運動の生理からみるとどうなるか。鍛錬するということは、新しい環境条件へ体を適応させることにほかならない。負荷を漸次に引き上げていくことで、細胞がより厳しい条件へ適応し、体力が増していく。他方、怠惰になり、体を動かすことを止めると、最低の機能を維持した状態で細胞は働きを休止する。新しい条件への適応が強制されなければ、細胞は現存の条件への適応状態から動くことはない。エリクソンで、負荷のかからないフィットネス器具を購入しても、気休めに過ぎない。

要するに、人は勤勉にも怠惰にもなれるが、勤勉であるためには常に勤勉でなければならず、怠惰であるためには何もしなくても良い。その両方の可能性をもつことが細胞のレベルで説明される。人間はすぐに楽な環境に慣れてしまうので、怠惰になりやすい。しかし、この怠惰は定常状態ではなく、変化しない環境条件の中で生体が次第に退化しているのである。退化への変化が微小なために日常的に感じることはないが、一定の時間を経た段階で、誰しもが感じるのだ。

細胞を誤魔化そうとして、少しだけ体を動かしてみる。しかし、

三日坊主に細胞は騙されない。ここまで生きながらえてきた細胞はかなりしたたかである。ATPの生産が加速されるのは、ややきつい運動を始めてから一分以上経過してからだと言われる。この運動状態がさらに持続すると、筋細胞を作り出すアミノ酸を合成してタンパク質を生成するプロセスも活性化し、新しい筋細胞の生成が活性化する。運動することによって、新しい筋繊維が形成される。しかし、そのプロセスが持続して、目に見えるほどの筋肉を付けるためにはかなりの日数を必要とする。

要するに、少しぐらい体を動かした程度では、このプロセスは活性化しないから、細胞の適応能力を高めることなどできない。常に一定の負荷や刺激のもとに細胞を晒すことによって、細胞は環境の変化を感じ始めるが、そこまで到達するにはかなりの鍛錬を継続的にこなう必要がある。そして、いくら鍛錬しても、その後に鍛錬を止めれば、細胞はまた休止した状態へ適応してしまふ。

このように見ると、ゴルフが体の強化にほとんど役立たないことは明瞭だ。散歩と同じ程度の効果しかない。だから、ゴルフはスポーツというより、娯楽に分類される。脈拍が平常の一・五倍程度に上がる運動を、少なくとも一分以上続けなければ、体力を向上させる運動にはならないのだ。

運動に使う筋細胞も、脳細胞も同じだと考えてよい。脳への刺激

がなくなれば、人は限りなく退化していくはずだ。運動能力と同じほどに。しかし、運動能力の低下を嘆く人はいても、脳力の低下に危機感をもっている人は少ない。