

2. サイエンティストからの提言

乳酸ばかりが疲労の原因ではない

東京大学大学院 総合文化研究科 身体運動科学研究室

助教授 **八田 秀雄**

疲労の原因は1つではない

競馬に限らず、多くの運動において、疲労というと乳酸が原因と信じて疑ったことのない方が多いと思います。ひどい場合には日常生活の疲労も乳酸で説明されている場合もあります。しかし実際には運動時の疲労は必ずしも乳酸ばかりが原因ではありません。まして日常生活では乳酸が多くできることはありませんから、日常生活の疲労に乳酸は関係ありません。これまであまりにも極端に、疲労というと乳酸のせいとされてきてしまっているのです。ここで運動の疲労といっても、短距離走のような疲労とマラソンの疲労は違います。また、運動直後の疲労と運動翌日の疲労も違います。疲労というのは様々な場面で、様々なことが関係している非常に複雑な現象であって、1つのことだけで説明できるようなものではないのです。本稿では本当に疲労は乳酸が原因なのかについてお話しします。

乳酸は糖が分解されてできる

まず乳酸ができるとはどういうことを考えてみましょう。乳酸は、糖（血液中のグルコースと筋肉や肝臓のグリコーゲン）からできます。生きているエネルギーは、主として糖と脂肪から得られます。乳酸は糖を分解する途中でできる物質で、脂肪からはできません。乳酸＝糖です。そしてエネルギーはミトコンドリアという細胞内の小器官が、糖や脂肪を分解して作ってATPという形にして生み出しています。ミトコンドリアがATPを糖や脂肪から生み出す反応の最後に酸素が必要になります。糖を利用する途中でできるのが乳酸なのです。乳酸ができるのは糖が使われているからです。

酸素があっても糖の分解が高まれば乳酸ができる

乳酸がなぜできるかという、酸素がなくてミトコンドリアの反応が進まない、分解された糖が乳酸になるというように習った方が多いと思います。ところが生きている身体の中で酸素がないといった状況が実際にありうるでしょうか。どんな時も生きていれば心臓が動き、肺から酸素が取り入れられていますから、体内に必ず酸素はあるのです。よく考えてみれば当たり前のことです。ですから無酸素運動というのはいりません。乳酸ができるのは酸素がないからではなく、糖の分解量がミトコンドリアでの処理量よりも多いからです。そして糖の分解が高まるのは運動強度が急に上がった時などです。ダッシュする時もそうです。そうした時にもミトコンドリアの処理量はコントロールされていますから、糖分解量が多いと糖があふれます。その分が一時的に乳酸になるのです(図1)。そして乳酸は酸ですから、多くできれば確かに体内が少し酸性にはなりますが、実際には弱酸性といった程度にしかありません。この弱酸性程度のことと過大評価されて、疲労の説明がされてきたのです。そして乳酸は糖を利用する途中でできたものですから、いずれは他の糖と同様にミトコンドリアで利用されます。つまり乳酸は老廃物ではなく、使えるエネルギー源なのです。スポーツドリンクや点滴用の輸液などにも乳酸は入っています。

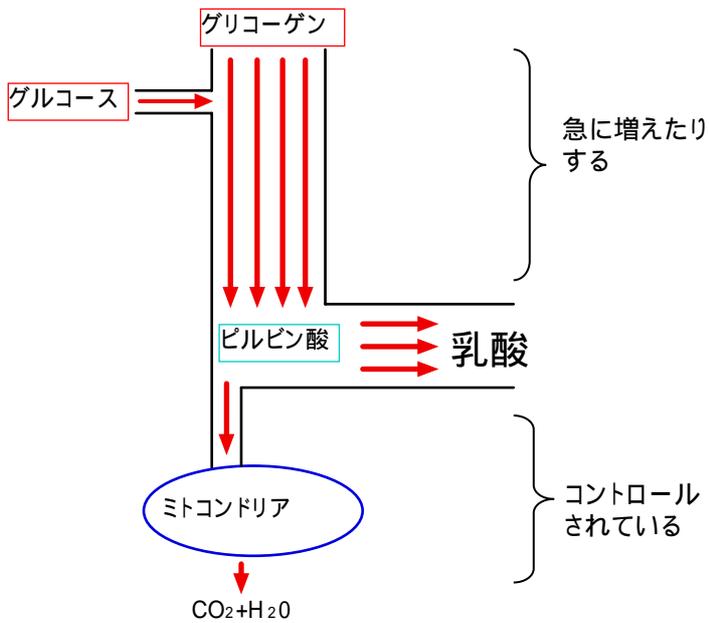


図1 糖分解が増えれば、あふれた分が一時的に乳酸になる。

乳酸が疲労を起こしているのだろうか

乳酸が多く出るようなきつい運動をします。そうすると運動前のレベルにまで乳酸がなくなるのに30分はかかりますし、乳酸が出て体内が弱酸性になったとして、それが元に戻るのに10分はかかります。ところがきつい運動の2分後には、少しであればまた走れます。つまりきつい運動が終わって数分たてば、乳酸を中心とする体内の状況が大して変わっていないのに、また少しは走れるのです。持続的なトレーニングをすると、同じ運動をしていて血中乳酸濃度がより低くなります。そして前よりも血中乳酸濃度がより低いレベルで疲労困憊してしまうことがよく起こります(図2)。より乳酸は少ないのに疲労するわけです。高い所へ行くと運動はよりきつくなります。ところが必ずしも乳酸は標高の高い場所の方で多く出るようにはなりません。高い所では糖の分解に抑制がかかるのです。これらのことは、乳酸があっても走れることや、より乳酸が出なくても疲労することを示していますから、乳酸が疲労の原因とは言い切れないのです。

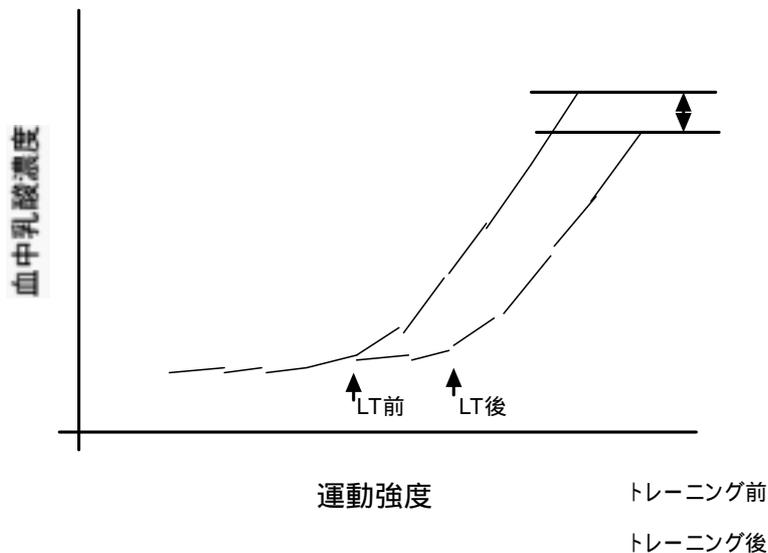


図2 トレーニングすると、より血中乳酸濃度が低いレベルで疲労してしまうことがある。

リン酸が重要ではないか

では疲労を乳酸よりも説明できるものが何かあるのでしょうか。その1つにリン酸があります。リン酸はATPや、ATPの備蓄であるクレアチンリン酸が分解されるとできるものです。きつい運動時にはリン酸が多くできます。そしてリン酸はカルシウムとくっつきやすい性質があるので、筋が収縮するのに不可欠なカルシウムの働きが悪くなって疲労することが最近言われています(図3)。もちろんリン酸だけで疲労が説明できることではありませんが、乳酸以外の多くのことが疲労に関係しているのです。この他、例えばカリウム等のイオンや、グリコーゲン等のエネルギー源も関係します。

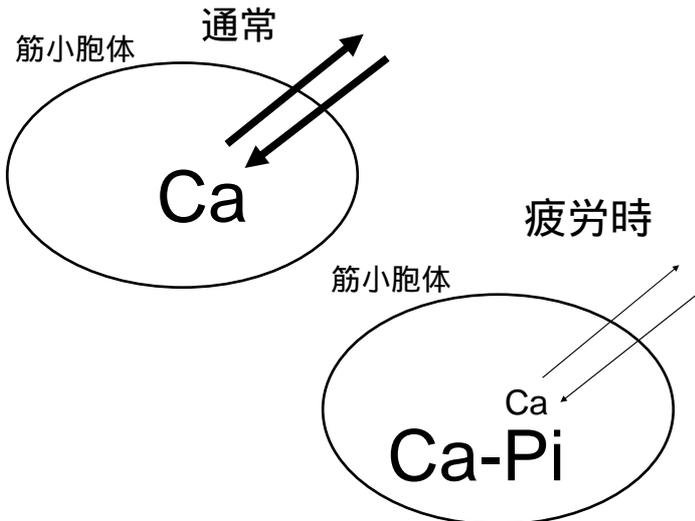


図3 リン酸がカルシウムにくっついてしまい、カルシウムの働きが悪くなることも疲労の原因ではないか。

乳酸は疲労の原因ではなく結果と考える

ところがこうした疲労の原因になるものは、筋の中で濃度が変わるものが多く、また多くは運動後数分で元に戻ります。そこでそれらを測定するのは簡単ではありません。一方乳酸は筋でできても、血液に多く出てきますし、運動後もなくなるまでに比較的時間がかかりますから、非常に測定しやすいのです。そこで血中乳酸濃度がよく測られるのです。そして平地で運動している多くの場合には、運動中により疲労している時ほど血中乳酸濃度が高くなっています。つまり乳酸は必ずしも疲労の直接の原因ではありませんが、乳酸は非常に測りやすく、また結果として血中乳酸濃度が高い場合は疲労していることが多いので、目安として使いやすいのです。乳酸を、運動時の疲労の「原因」ではなく「結果」として考えるのが適当なのです。

運動翌日の疲労や筋肉痛は、乳酸とは無関係

ここまでお話ししてきたのは、運動時の疲労に関することです。しかし、運動翌日の疲労感や、筋肉痛までもが乳酸のせいとされることもあり、それも誤りです。

筋肉痛が乳酸によるならば、運動直後の乳酸が多くある時に一番起きて、乳酸がなくなれば治っていなければおかしくなります。実際には乳酸は運動後30分くらいでなくなり、筋肉痛は運動の翌日以降に起こります。筋肉痛は乳酸が溜まっているから起こるわけではなく、おそらく筋に小さな傷がつくことによると考えられます。運動翌日の疲労も、同じことで乳酸が溜まっているからではありません。ましてや日常生活では乳酸が多くできることはないのです。日常の疲労は乳酸が原因ではありません。こうした乳酸の特徴を理解し、あくまでも運動時の疲労の間接的な指標として血中乳酸濃度を測定することは、選手のコンディションチェックなどに非常に有効で

す。血中乳酸測定は競泳やスピードスケートを筆頭に多くの競技で導入されていて、役立てられています。競馬の世界でも乳酸測定は有効な手段となると思われます。

参考文献

八田秀雄、エネルギー代謝を活かしたスポーツトレーニング、講談社、2004年

八田秀雄、乳酸を活かしたスポーツトレーニング、講談社、2001年