

# 器械を知って、 きちんと測定してますか

澤野 博・Unit代表、フィジカルコーチ

乳酸値の測定に当たっては、その測定機器のことを知っておく必要があるという。深い理解によって、出てきた数値をどのように捉えるかについて理解が変わってくるだろう。



## 前回の訂正と補足

前号にて「乳酸自体あまり電離をせず、」と書いてしまいましたが、正しくは「乳酸は血中でほとんど電離しており、」です。訂正してお詫び申し上げます。今後このようなことがないように細心の注意を払いたいと思います。

乳酸はpH3.86でコロイドの乳酸と乳酸イオンが平衡状態になります。pHがこれよりもアルカリ側にあれば、乳酸はpH3.86に下げるように、 $H^+$ を放出します。逆に酸側にあればpHを上げるように、 $H^+$ を取り込みます。水溶液であればこのようにして、pHが変化してゆきますが、血液の場合は事情が違います。

血液中の乳酸は、自分にとって安定になるpH3.86を目指して水素イオンを放出します。しかし血液のpHはさまざまな機構によって7.35~7.45に調整されているため、いくら乳酸が水素イオンを放出したところでpHは下がらず、結果として血中にある乳酸はほとんど電離している状態になるのです。

## 一般的な測定機器について

乳酸測定器の話をする前に一般的な測定機器の話をしたしたいと思います。

まず測定される値は絶対値ではなく、標準値との相対値になります。

長さや重さ、距離はすべて基準値

があるのはご存じだと思います。生化学的な測定も同様です。測定の前に必ず指定の標準値を使い、器械に標準値を認識させるのです。これをキャリブレーション（較正、校正）といいます。このキャリブレーションをしっかり行わないとその後の測定がすべて狂ってしまいます。

また測定値は、理論上の本当の値（真値）からの誤差および変動が必ずあります。この誤差を正確度、変動を精密度として表しています。一般的には精度という言葉でまとめてしまっていますが、測定をするときには常にこの2つを考えて行わなければ行けません。

正確度と精密度のイメージは次のページのようなものです。図1は、正確度は高いが精密度は低い。図2は、正確度は低いが精密度は高い。もちろん正確度が高く精密度も高ければいいことはありません。

これらの原因は器械によるものや、サンプルを採取する人の技術差によるものなど、さまざまなものがあります。そのトータルが測定値に現れるのです。

サンプルを採取する人の技術を測定することは難しいですが、器械の精密度はCVあるいは変動係数という形で表示されています。この数値が低いほうが、精密度が高いということになります。

もし濃度がわかっているコントロール液を測定したときに、設計上のCV、あるいは現行の技術水準による誤差許容限界である平均値 $\pm 2SD$  (95.44%)から外れてしまった場合は原因を究明し、対処をしなければなりません。逆にその範囲で収まっていれば、器械の問題はないことになります。

また器械環境が変化してしまえば測定値も変化する可能性があります。

たとえば電氣的に測定をしている場合、測定中に機械に触れて、器械の電位が変わってしまっただけで測定値も変わってきます。そのようなことを防ぐ意味でも、電氣的に測定をするものはプラスチックで駆体ができているものが多いのです。

そのようにちょっとしたことで測定値が変化してしまっただけで、身体能力が向上したのか判断ができなくなってしまいます。一般的に言われている測定条件を整えるのと同様に、器械を前回測定時とできるだけ同一条件に揃える必要があります。

もちろん器械にはこういった問題を回避できるような設計になっていますが、それでも条件を整えるに越したことはありません。

さらにこれらの器械は電源を入れてすぐに使える状態にはなりません。ウォーミングアップが必要になります。電氣的に安定させたり、温度を

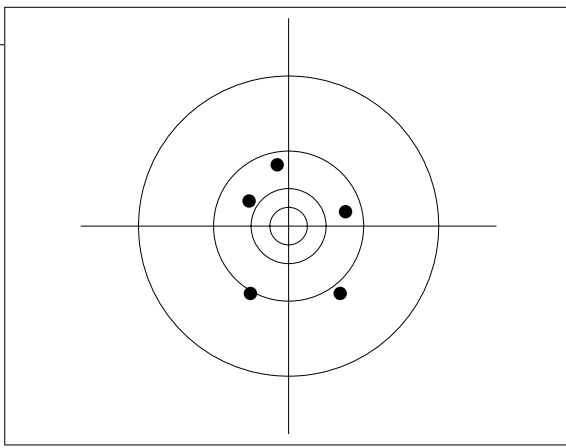


図1 正確度は高いが精密度は低い

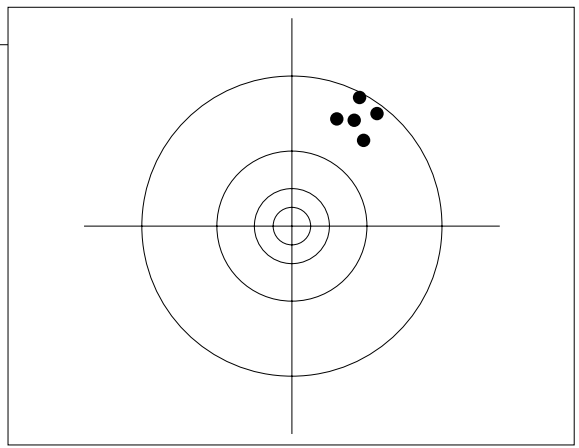


図2 正確度は高いが精密度は低い

一定に保ったりといろいろすることがあります。そのため使用直前ではなく、ある程度前に電源を入れて準備をすることも重要です。以前の器械はこのウォーミングアップに時間がかかり、15～30分ほどかかっていました。

### よくありがちな行動

コントロール液が15.0mmol/lであれば、理論上は15.0mmol/lが表示されるはずです。

しかしこの器械がCV $\leq$ 2%の場合、14.7～15.3mmol/lであれば問題はないことになります。逆にこれ以上の精度はこの器械では無理ということになります。もしかすると15.0mmol/lが表示されるかもしれません。しかしこれは単なる偶然です。

それが14.7mmol/lだったからといって15.0mmol/lに想定してその後の測定値を表計算ソフトで再計算させたり、測定の間でコントロール液を読み込ませて、想定される変動を計算して測定値を変化させたりすることは、残念ながら器械の特性から考えると全く意味のないことです。

その他にも同一サンプルを、キャリブレーションをし直して測定をした場合、これらと比較することは意味をなしません。キャリブレーションをするということは基準値が変わっていることになり、同一検体の真

値を求めようとして平均値を出しても時間の無駄に終わってしまいます。

そもそも厳密に言えば、同一サンプルだったとしても、測定した時刻が異なれば、同一条件での測定ではなくってしまいます。

結局いろいろやってみても、どれが値として妥当かということは結論が出ません。器械の性能を信じるしかないのです。

### まとめテスト

それではここで簡単なまとめテストをしてみましょう。ここに12.0mmol/lとすでに濃度がわかっているサンプルがあります。これをある器械で3回測定すると、どのような結果が出ると思いますか。全部12.0mmol/lになりますか。それともなりませんか。

全部12.0mmol/lが出ると考えた方は、残念ながらまだ一般の方と同じ思考をしてしまっています。

### サンプルには何が使えるか

乳酸を検出できる生体物質は、全血、血清（全血から血球とフィブリノーゲンを取り除いたもの）、唾液、汗、尿などがあります。一般的には全血が利用されています。全血は採血後に放置をすると血餅を形成してしまうので、ヘパリンなどの抗凝固剤が利用されています。

### 採血について

無資格の人が他人に対して採血を行った場合、処罰の対象（医師法違反または傷害罪など）になりますのでご注意ください。

ですから乳酸値を測定する際に採血をする場合は、自己採血が基本になります。自分で採血をする分には法律上問題はありませぬ。糖尿病の人が自己管理のために採血をするのと同様です。

法律によって他人に対して採血が可能な資格は、医師、歯科医師、看護師、臨床検査技師に限定されています。

### 乳酸の測定法

乳酸を測定する方法は、大きく定性法と定量法に分けることができます。定性法とは乳酸がサンプル中に存在するのかわからないのか、存在するのであれば、どのくらいの量なのかということ、－、＋、＋＋、＋＋＋などの記号で表すもので、定量法は、具体的な数値で表すものです。通常乳酸測定では定量法が利用されています。

定性法では、その色調変化で判定をします。しかしこの方法では、乳酸があることはわかって、残念ながら具体的な数値は判りません。それゆえにスポーツの世界ではほとんど使われておりませぬ。

定量法は試薬を利用して、反応を行い、吸光光度計で測定をするものと、バイオセンサーを利用して測定をするものがあります。

試薬を利用する場合は、恒温槽や吸光光度計はもちろん、精製水やマイクロピペット、場合によっては遠心分離器なども必要になってきます。また技術的な操作も加わりますので、トレーニングを積まなければ、正確に測定を行うことは難しいでしょう。

病院などではこのような器材はもちろん、技術的な操作も問題ないので、試薬を利用する場合も多いです。しかし、この文章をお読みのスポーツの現場で指導をされている方には向かない方法です。

ただしこの方法は全血だけではなく、さまざまなサンプルで乳酸を測定することが可能です。

試薬を使わないその他の定量法は、バイオセンサーを使う方法です。バイオセンサーの一種である、酵素電極を用いて、乳酸と酵素を反応させ、そこから出てくる電子の量で間接的に乳酸の量を測定するというものです。

現在国内で流通している乳酸測定器はすべてこの方式で、スポーツの現場で活用できるのはほぼこの方式に限られてしまいます。この後はこの方式について述べていきたいと思えます。

## 測定原理について

上記にあるとおり、乳酸からの化学反応で電子を取り出す方法は、各社で工夫がされています。

たとえばアークレイ社から出ているラクテート・プロでは、ハーゲドルン・イエンセン原法を応用しています。

この測定方法はもともと血糖値を測定する方法で、この器械では乳酸

とフェリシアン化カリウムを乳酸オキシダーゼ（LOD）の力で還元させ、フェロシアン化カリウムとピルビン酸を生成させます。その還元されたフェロシアン化カリウムを電気の力を使ってフェリシアン化カリウムに戻す際に発生する電流量でフェロシアン化カリウム量、ひいては乳酸量を測定することになります。

また卓上型のBiosenの場合は、乳酸と酸素をLODによって反応させ、ピルビン酸と過酸化水素を生成させます。過酸化水素は白金電極によって水素と酸素、電子に分解され、その電子量を測定することにより、乳酸量を測定しています。

## 器械の使い分け

乳酸測定器には卓上型と携帯型の2種類に分かれます。この2つはどのように利用していくのがよいのでしょうか。

まず卓上型ですが、これは体力測定など精度を求める場合に利用します。もちろん普通のトレーニング時に使用しても問題ありません。バッテリーを内蔵しているものもありますが、気軽に持ち歩くというよりも、室内の安定した環境に設置し、測定をする使い方をしているところが多いようです。

イニシャルコストはすこし高くなりますが、ランニングコストは低く抑えることができます。また一度に大量に測定をすることも可能になります。

一方携帯型はトレーニング強度が適切だったかとか、次のトレーニング強度を決定する判断材料にするなど、トレーニングの現場ですぐにフィードバックする場合に利用します。

そのような特性上、卓上型と比較して、精度よりも迅速性や機動性に重視をおいた製品になります。です

から携帯型で体力測定を行うのは正確度や精密度の面から見て、あまりお勧めができません。

イニシャルコストは卓上型に比べて非常に安くはなりますが、ランニングコストは若干高めになります。

それともう1つ携帯型は据置型と比べてスペック上には出てこない大きな違いがあります。それはサンプル量が少ないことによるものです。もちろんサンプル量が少なければ、身体への精神的、肉体的負担は軽減されるメリットはあります。

しかしそれは測定時に少しでも組織液や汗などが混入した場合は、簡単に数値が大きく変わってしまうというデメリットがあることを意味します。

また体力測定をしている際に異常値が出たとしても、同一サンプルはありませんので、やり直しができません。そのようなリスクもあります。

## 注意事項

器械の使い分けは、価格のこともあり、携帯型ですべてをすませている方も多くいらっしゃると思います。

しかし病院内での測定を考えてみて下さい。きちっとしたデータを必要とするのであれば、サンプル量は多くなりますが据置型の器械で測定をします。一方、患者の負担を減らす意味でも、病室内でチェックをするということであれば、多少正確度や精密度が低くても、機動性に優れた携帯型の器械を利用します。

糖尿病の人が、自分で血糖値を管理するために使用している器械をご存じでしょうか。携帯型のその器械はあくまでチェックするための器械で、決して正確な血糖値を知るためのものではないのです。

その他世の中にある一般的な測定器でも、携帯型のものについては、

携帯性を優先させるために、据置型などと比較して何かを犠牲にしているのです。

また据置型の器械は0.01mmol/lまで表示が出ますが、10.00mmol/lが10.02mmol/lに変化したところで、実際にはたいした違いはないのです。

それよりも直射日光に当てたり、長期間使用しなかったりなど、精密器械の基本となる取り扱いに注意することに注意を向けなければなりません。やはり自動車などと同様、普段から使うことが器械のためには、一番よいのです。使わないと器械はすねて言うことを聴かなくなってしまうですよ。

その他にも測定値を狂わせる要素として、汗やアルコールの混入、還元剤として働く物質、たとえばアスコルビン酸（ビタミンC）などの混入は精度低下の原因になります。

それだけサンプル採取時には細心の注意を払わなければいけません。もちろん規定量をきちんと採るということも大切です。

### 器械紹介

ここでは現在国内で主に流通している乳酸測定器を紹介します。器械の詳細については各問い合わせ先に連絡をして下さい。機種選定でお悩みの場合は、私のほうでもご相談に乗ります。

#### • 定性法



商品名：Oh!尿! 運動と肩こり  
 製造会社：株式会社テクノメディカ  
 特徴：尿を試験紙にかけ、その後の色調の変化で尿中の乳酸の存在度がわかる。手軽ではあるが、運動後に利用するのであれば、運動前に排尿をさせることが大切。

問い合わせ先：株式会社テクノメディカ

TEL：0120-418-632

<http://www.oh-nyo.com/>

#### • 定量法（卓上型）



商品名：YSI 1500 SPORT  
 製造会社：YSI（アメリカ）

測定範囲：0~30 mmol/l

サンプル量：25 μl

精密度：CV 2%以内

記憶容量：150

使用周囲温度：15~30℃

特徴：バッテリーを内蔵しており、屋外でも利用可能。温度をリアルタイムで管理しキャリブレーション時より±1℃以上変化したときは再キャリブレーションを指示。ただし1サンプルずつ手作業で行わなければならないため、サンプル数が多くなると手間がかかる。

問い合わせ先：ワイエスアイジャパン株式会社

TEL：03-6222-4360

<http://www.ysijpn.co.jp/>

[requestinfo@ysijpn.co.jp](mailto:requestinfo@ysijpn.co.jp)

#### • 定量法（卓上型）

商品名：Biosen S Line Lab+

製造会社：EKF Diagnostic（ドイツ）



測定範囲：0.5~40 mmol / l

サンプル量：20 μl

精密度：CV1.5%以内

正確度：±3%以内（12mmol/l時）

トレイポジション：63カ所

記憶容量：500

使用周囲温度：15~35℃

特徴：キャピラリーに採取したサンプルを密閉容器に入れて測定をするため、取扱が簡単。スイッチ1つで63検体を自動測定。トレイポジション数により3機種がある。電源がないと使用できない。

問い合わせ先：有限会社エヌ・エス・アイ

TEL：03-3783-9020

<http://www.nsi-inst.com/>

[mail\\_nsi@yahoo.co.jp](mailto:mail_nsi@yahoo.co.jp)

#### • 定量法（携帯型）



商品名：ラクテート・プロ

製造会社：アークレイ株式会社

測定範囲：0.8~23.8mmol/l

測定時間：60秒

サンプル量：5 μl

精密度：CV 2.6~3.2%以内（濃度による）

正確度：±14%以内

記憶容量：20

使用周囲温度：10～40℃

特徴：世界最小サイズの乳酸測定器。携帯型乳酸測定器のパイオニア。日本製だが海外でも数多く利用されている。携帯型乳酸測定器の国内シェアはNo.1

問い合わせ先：アークレイマーケティング株式会社

TEL：050-5527-7700

<http://www.arkray.co.jp/>

• 定量法（携帯型）

商品名：Lactate Scout

製造会社：EKF Diagnostic（ドイツ）

測定範囲：0.5～25mmol/l

測定時間：15秒

サンプル量：0.5μl

精密度：CV 3～8%以内（濃度に



よる)

記憶容量：250

使用周囲温度：5～45℃

長所：15秒で測定ができるので素早いフィードバックが可能。サンプル量が少なくてもすむが、測定者の技術も必要になる。

問い合わせ先：有限会社エヌ・エス・アイ

TEL：03-3783-9020

<http://www.nsi-inst.com/>

[mail\\_nsi@yahoo.co.jp](mailto:mail_nsi@yahoo.co.jp)

まとめ

- 器械は目的に応じて使い分けしよう。
- 器械だけでなく、サンプルを採取する人の正確度や精密度を考えよう。
- 重箱の隅をつつくような細かい数値にこだわらないこと。
- 検定の統計学だけでなく、精度管理も一度見直してみよう。
- 器械が機嫌を損ねてすねないように毎日気にかけてあげましょう。

■メモ

ユニット

Tel.&Fax 0422-34-5055

<http://www.team-unit.com/>

[info@team-unit.com](mailto:info@team-unit.com)