

第5回 血中乳酸の計測

5.1 概要

- 乳酸とは
- 乳酸計測
- 計測上の諸注意

5.1.1 目的

激しい運動を行うと誰しものが、「ハーハー、ゼーゼー」と息切れして身体が動かなくなることを知っている。このとき、体内には疲労物質である「乳酸」が生成されている。乳酸について知ること、疲労はどこからやってきているのかを理解する。乳酸はどんな状況によってどの程度発生するのかを、実習内容を実践することで理解すると共に、計測によって得られたデータから LT(Lactate Threshold, 乳酸性作業閾値)) と OBRA(Onset of Blood Lactate Accumulation) を自分の手で見つける

5.2 計測の手順

5.2.1 準備するもの

以下に計測器具を挙げる。

1. 簡易血中乳酸測定器 (今回は, ARKLAY 社製ラクテート・プロ LT-1710)
2. 血中乳酸測定用電極
3. 穿刺針
4. 採血用穿刺器具 (ランセット)
5. 消毒用アルコール
6. 脱脂綿
7. 救急絆創膏

このほかに、寒い日や毛細血管が細い被験者、例えばスポーツ経験に比較的乏しい女子や高齢者などの場合には、血管を拡張するためにあらかじめバケツにお湯を張って計測場所に準備しておくとうい。

5.2.2 計測手順

計測プロトコルの決定

血中乳酸の計測において、もっとも重要なことは、どのようなテストを被験者、ここでは生理学的パフォーマンスを同定したいと考えている相手、に施すのか？ということである。すなわち、安静時から始まり、負荷を変えてその応答である血中乳酸値を計測する。適切なプロトコルを選択しなければ被験者の特性はみえてこない。

ここでは、スポーツの現場で行われているような多段階の負荷方式によるプロトコルを採用する。

計測プロトコル

1. 運動種目を決める (ランニング (トラックか、トレッドミルか？も決める)、水泳、自転車エルゴメータ、など)
2. 運動強度を決めるために、全力でのパフォーマンステストを実施する。
 - 800 m 走 (約 2 分前後) や 1500 m 走 (約 5 分前後) の運動でのベストタイムから 100% 努力の走速度 (負荷) を決定し、この 100% 負荷から計算する負荷を与える。
 - 例えば、800 m 走のベストタイムが 2 分 00 秒であったとする。このとき最大努力での走速度は、 $800m \div 120sec = 6.67m/sec$ となる。
 - 水泳では、陸上と同じように 200 m 自由形などをベストパフォーマンスを決定するテスト種目として、事前に実施しておく。
 - 自転車エルゴメータでは、個人のベストパフォーマンスを決定しにくいいため、何も基準がない場合には 80W からはじめ、30W ずつ各段階で負荷を増やしていく
3. ウォーミングアップを行う。低強度での運動を 10 分程度行わせる。
4. ウォーミングアップ後に、第 1 回目の採血を行う。
5. 採血後に数分の休息をおき、第 1 段階の負荷テストを行う。各段階は 3 分から 5 分程度とする。終了直後に、**心拍数 (10 秒間)**、**RPE** を計測する。
6. 運動終了後、3 分経ったら採血を行う。
 - アルコールでの消毒
 - 脱脂綿で拭き取り
 - 指尖部への穿孔
 - 最初に出てきた血液を乾いた脱脂綿でよく拭く
 - 再度、血液を出し測定。このとき指を押さえすぎて血漿成分だけが出ることないように気をつける。
 - LT1710 には、事前 (1 分以内) にセンサを装着しておく。このセンサ端子に出てきた血液を触れさせて毛細管現象で吸い取らせる。
 - センサに血液が到達すれば、「ピッ」と音がするので 1 分間待つ。
 - 1 分後に表示される乳酸値を記録する。

採血の手順

被験者の指先からの採血手順は簡単では、てきぱきと済ませるには熟練が必要である。運動終了後 3 分程度時間をおいてから計測を行うが、採血において血管が見つからない、とか血管が細くて血液量が少ない、といったトラブルはつきものであり、手間取るとせっかく被験者が頑張っている運動でも生成された乳酸が緩衝されてしまうこともありうる。

採血を行う験者や関係する験者はすべて手を清潔にするために、事前に石鹸で手を洗うことはもちろん、採血後の血液に決して触れないように注意する。また採血後には穿孔に用いた針はすべて回収して、怪我をしないように細心の注意を払う。

実際の測定方法



1. アルミバックを開封範囲まで開け、センサーをセンサー挿入口に差し込みます。



2. センサーの差し込みが完了すると、「ピッ」という音が鳴り、続いて「88.8」が液晶パネルに表示されます。



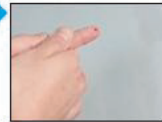
3. 採血部位をアルコール綿で強くゴシゴシ拭いて消毒します。



4. 乾いた滅菌綿で強くゴシゴシ拭いてアルコールを拭き取ります。



5. ランセットを使用して採血します。採血に使用した針は 1 回の使用毎に必ず交換して下さい。



6. 周囲を軽く押さえて血液を出します。



7. 最初に出た血液は測定に使用せず、乾いた滅菌綿で拭き取ります。



8. 軽く指の両端を押さえて、再度血液を出します。測定に必要な血液は 5μl (米粒半分程度の球状) です。



9. 血液を出したら素早く測定します。センサーの先を血液にあてて吸引し、測定を開始します。



10. 60 秒後に血液中の乳酸値を表示します。



11. 乾いたアルミバックをかぶせ、センサーを抜き取ります。



12. 針を下に向けて取りはずしレバーを矢印の向きに押すと針が取りはずせます。

採血器具の準備 ～ナチュラルレットデバイスの場合～



深さ調節ダイヤルを回し、穿刺の深さを調整します。初めての方は 4 に合わせます。(11 段階で選べます。)



針を差し込み、「カチッ」と音がして止まる位置までしっかりと押し込みます。(自動的に穿刺ボタンが上に持ち上がります。)



針の保護キャップを 2 回 1/4 以上まわして、ねじ切ってからはずします。取りはずした保護キャップはそのまま捨てます。

※ラテクト70センサー箱の中の補正チップにて、補正してください。

- ・補正番号(1-0)は箱とセンサーのアルミシートに表記しています。
- ・補正番号はセンサーを機器に挿入した際点滅します。
- ・一度補正しますと、センサーに表記の補正番号が同じであれば 問題ありません。

RPE 主観的運動強度

主観的運動強度 (PRE:Rate of Percieved Exertion) は全身持久系スポーツ運動の強度評価において用いられる。

1. $RPE \times 10 = HR$
2. 慣れてくると、RPE で心拍数もコーチは把握できる

全身持久性運動以外では当てはまらないことが多い。RPE は運動直後に被験者に尋ねる必要があるが、大きな表を作成して実験環境で被験者に即答させるようにしておいたほうがよい。

表 5.1: RPE Table

RPE	主観	RPE	主観
6		13	Somewhat hard(ややきつい)
7	Very very light(非常に楽である)	14	
8		15	Hard(きつい)
9	Very light(かなり楽である)	16	
10		17	Very Hard(かなりきつい)
11	Faily light(楽である)	18	
12		19	Very very hard(非常にきつい)

諸注意

秒単位で時間を計測しなければ、多くの人数を同時並行して血中乳酸計測を行うことはできない。以下は迅速に計測を進めるために必要な作業員である。（ ）内は最低必要人数

1. 採血＋測定要員（2 人）
2. 時間管理要員（1 人）
3. 被験者サポート要員。トレッドミルの場合は通常 2 名（後ろに飛ばされるのを防止）
4. 複数の被験者を同時並行で計測するには、あらかじめ験者の訓練が必要

実際の現場では、血が出てこないとき、どうするか？ といった悩みが生じる。水泳・寒い日の実験では、湯を張ったバケツを用意しておく、といったノウハウとも呼べる技術は日々のテストを繰り返すうちに身についてくる。

5.3 結果

ここでは、例題として仰木研究会の学生がトレッドミルでランニングで走って乳酸測定を行った時のデータを示す。

表 5.2: 被験者 S.W のトレッドミルでのテスト結果

No.	所要時間 (min)	負荷 (Km/h)	乳酸値 (mmol/l)	心拍数 (bpm)	RPE
安静			1.4	60	
1	3	11	1.9	150	11
2	3	13	3.9	144	11
3	3	15	3.7	160	13
4	3	17	4.0	180	15
5	3	19	9.6	186	19
6	3	21	10.3	204	19

5.4 分析方法

得られたデータをまずは、グラフ化して視覚的に眺めることが必要である。各自で得たデータをエクセルや、統計ソフト・数値処理ソフトなどを使って散布図として描け。

LA は血中乳酸濃度が、約 2mmol/l の値とされている (図 5.3)。散布図のデータが、図 5.3 のようであれば問題はないが、通常はこうして LA と OBLA とが明瞭にわかることはない。そこで、初期の負荷段階からの直線と、後半の負荷段階の計測データの説明に用いる直線の 2 つの直線の交点を OBLA などと決定することがある。

乳酸測定器の LT1710 を販売している、Arklay 社の Web サイトからこの血中乳酸測定値の評価を行うものがダウンロードできる。

— MEQNET LT Manager —

<http://www.arkray.co.jp/product/sports.html#lt>

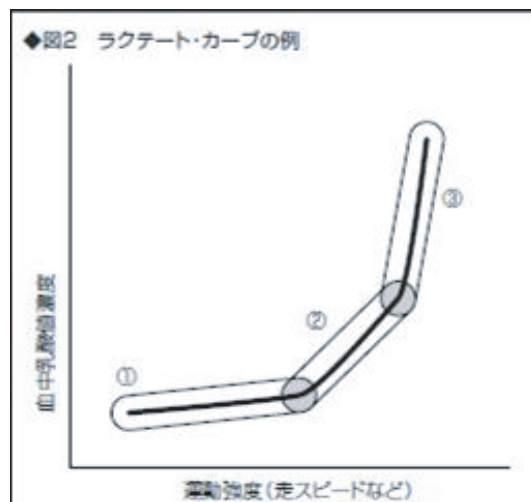


図 5.2: ラクテートカーブの例

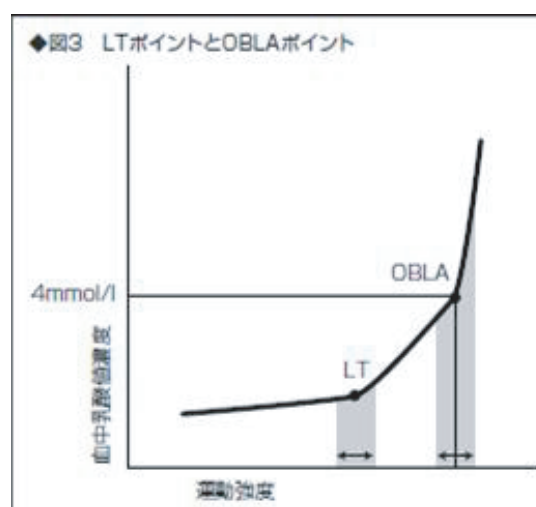


図 5.3: LT と OBLA の理想的な予測値

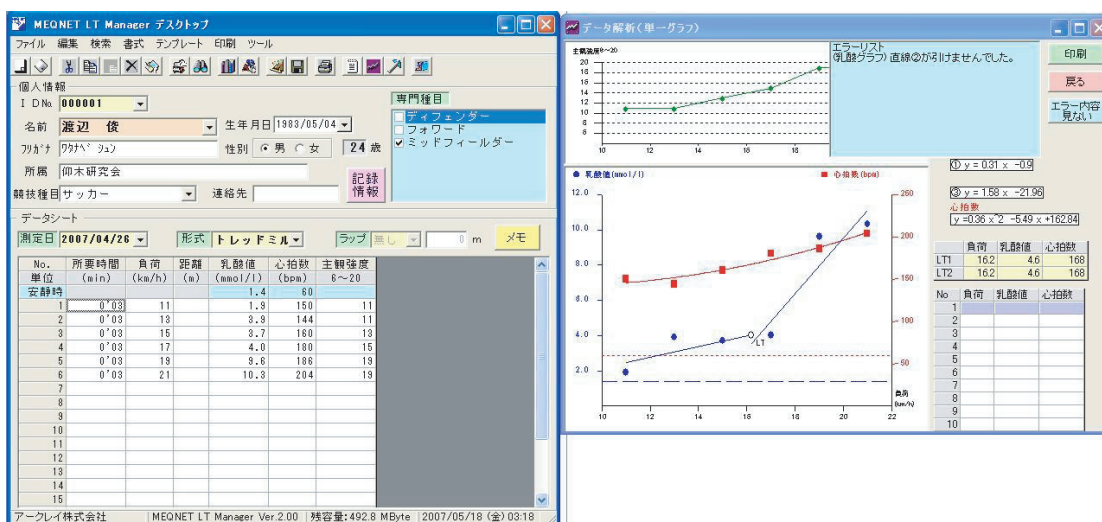


図 5.4: 乳酸計測器における操作法

5.5 考察

5.5.1 乳酸の生成と代謝

運動時における乳酸の生成と緩衝 (除去) については多くの文献や書籍が出版されている。各自でどのようなメカニズムなのか? を調べよ。

1. グリコーゲン→ピルビン酸→乳酸
2. 1分子のグリコーゲンがピルビン酸に分解されると3分子のATP
3. 4つ生成されて1つ利用されるため正味3分子
4. 数秒以内にエネルギーを供給可能 (ただし持続時間は1分以内)
5. 血中に拡散した乳酸は運動を阻害する要因となる
6. 生成後の代謝経路
 - (a) 肝臓で代謝
 - (b) 心筋で直接エネルギー源
 - (c) その他の緩衝経路

5.6 メモ欄