

生体インピーダンスを用いた乳酸値変化の推定方法に関する研究

長崎県立大学 情報メディア学科 野口亜希

1. まえがき

生活習慣病の予防や治療に運動が効果的であることは広く知られている[1]。運動の強度が上がると筋肉で乳酸が生成され、血中に放出される。運動強度を上げることで生成される乳酸は徐々に増えていき、ある点を境に急増する。この急増点を超えると身体に負荷がかかりすぎていることになるので、乳酸値の変化をモニターすることにより運動処方を作成することができる。しかしながら、乳酸値を測定するためには採血が必要なため、運動中にリアルタイムで乳酸を計測するのは難しい。乳酸は血中で水と二酸化炭素になる。体内で生成された水は電解質を含むため、体水分量の変化がインピーダンスの変化として現れるのではないかと予想される。

本研究では、乳酸の産生に伴う体水分量の増加を生体インピーダンス法を用いて計測できないかを調べた結果、インピーダンスと乳酸値の変化に関係があることがわかった。

2. 生体インピーダンス法

生体インピーダンスとは身体の電気の流れやすさ、電気抵抗値(単位は Ω)である。脂肪は電気抵抗値が高く、ほとんど電気を流さないが、筋肉などの電解質(水に溶けて電気を流す物質)を多く含む組織は電気を流しやすい。生体インピーダンス法とは、身体に微弱な電流を流した際のインピーダンスを利用して体組成を測定する方法である。

3. 実験方法

3.1 被験者

実験は20~30代の健康な男女10名を対象に行った。

3.2 実験試験条件

試験3時間前からの食事は禁止し、それ以降は水のみを摂取するよう指示した。

3.3 測定方法および測定項目

安静時と4分間のトレッドミル走行運動直後の血中乳酸、身体組成の測定を行った。また、乳酸値変化との関連を見るために、大腿部の筋電図、運動終了30秒前の心拍数も同時に測定した。実験は以下の要領で行った。

- (1) 安静時の測定
- (2) 4分間のトレッドミル走行
- (3) トレッドミル走行直後の測定(約4分間)

(2)と(3)を、乳酸値が 3.5mmol/L を超えるまで繰り返した(4~8回)。 3.5mmol/L は身体に負荷がかかりすぎている

基準となる数値である。トレッドミル走行は対象者の体力レベルに合わせて、 80m/min 、 100m/min 、 140m/min のいずれかの速度で開始し、毎回 20m/min ずつ速度を上げていった。図1は実験に使用したトレッドミル(BIOMILL, 4Assist Inc.)である。



図1 トレッドミル。

今回は走行運動を行ったため、脚の筋肉で乳酸が生成されたと考え、生体インピーダンス法によって測定した身体組成(両腕、体幹、両脚)のうち、脚のみに着目し 1kHz 、 5kHz 、 50kHz 、 250kHz 、 500kHz 、 1MHz の電流を流した時のインピーダンスを測定した。また、一般に市販されている体組成計で用いられるインピーダンス測定の代表的な周波数は 6.25kHz と 50kHz である。今回はそれに近い周波数である 5kHz と 50kHz の電流を流した時のインピーダンスの変化と、血中乳酸値の変化を比較した。図2は使用した身体組成計(In Body 720, In Body Japan Inc.)である。



図2 身体組成計。

4. 実験結果

図3に血中乳酸値の変化を示した。また、図4から図7にはそれぞれ、 5kHz (右脚)のインピーダンスの変化、 5kHz (左脚)のインピーダンスの変化、 50kHz (右脚)のインピーダンスの変化、 50kHz (左脚)のインピーダンスの変化を示した。また、他の周波数についても同様の結果であった。

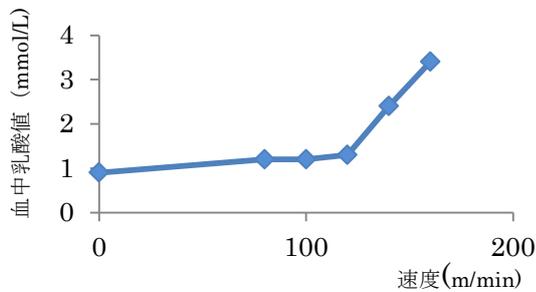


図3 血中乳酸の変化 (被験者6) .

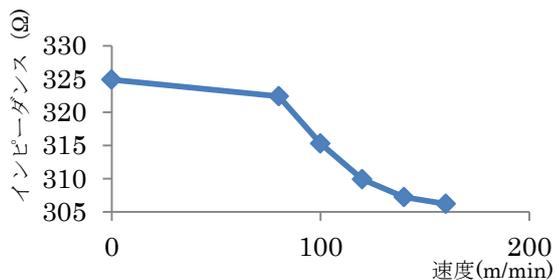


図4 5kHz (右脚) のインピーダンス (被験者6) .

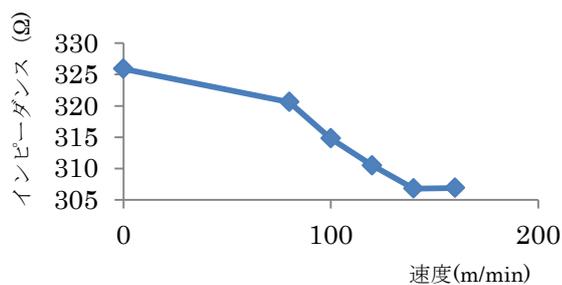


図5 5kHz (左脚) のインピーダンス (被験者6) .

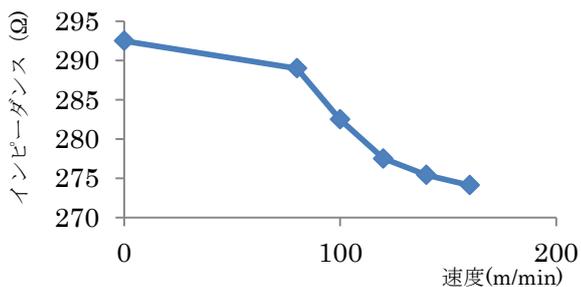


図6 50kHz (右脚) のインピーダンス (被験者6) .

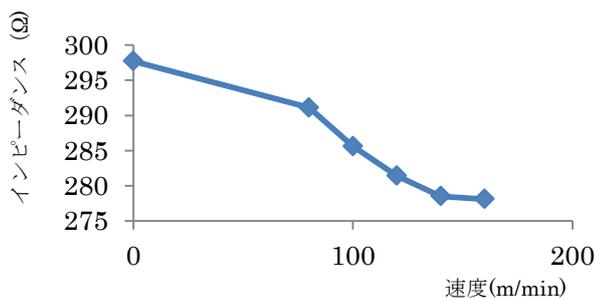


図7 50kHz (左脚) のインピーダンス (被験者6) .

図3と、図4～図7を比較すると、血中乳酸値が3回目の負荷後の測定から急激に上がっているのに対して、インピーダンスは2回目の負荷後の測定から急激に下がっていることが分かった。また、筋電、心拍数においては関連が見られなかった。その他の被験者においても、被験者6と同様の結果が見られた。

5. 考察

血中乳酸値の変化よりも先にインピーダンスが下がったことから、体内での乳酸生成後に体水分量が増え、インピーダンスが下がるわけではないと考えられる。この理由として、インピーダンスは筋肉で乳酸が生成され、水ができた直後のものを測定しているが、乳酸値は筋肉で生成された乳酸が血中に放出されたものを測定しているため、インピーダンスの変化の後に乳酸値が変化したと考えられる。しかし、すべての被験者で乳酸値が上がる前にインピーダンスが下がり始めるという結果が出たことから、インピーダンスと乳酸値の変化に関係があることが分かった。

6. あとがき

本研究では、乳酸ができると体内で二酸化炭素と水ができるという仕組みから、運動の強度を増やしていくと血中乳酸値の上昇に続くようにインピーダンスが低下するのではないかと仮説を立てて、その変化を測定した。この仮説の通り、運動開始後には脚部のインピーダンスは徐々に低下していくことをすべての被験者で確認したが、血中乳酸値よりもインピーダンスの方が先に変化をするという結果になった。血中乳酸の測定では、筋肉で代謝しきれずに血液中に増加した乳酸を検出しているため、脚部のインピーダンスの低下の後に血中乳酸の変化が起こったと考えられる。筋肉内の乳酸濃度を測定するためには、筋肉を採取して分析をする必要があり、その検証は今後の課題としたい。

参考文献

- [1] 厚生労働省. 健康づくりのための身体基準 2013.
<http://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple.html>