

近赤外線分光法による大腿四頭筋の酸素動態について —中高齢者のステップテスト時における心拍数と SdO₂—

日大生産工 ○坂入保世 河北尚夫 山本昌典 日大・理工 小川貫

I 研究目的

活動筋への酸素供給能力及び活動筋での酸素利用能力は運動の持続性を決定する重要な因子であり、筋組織における酸素動態を知ることは運動能力を測定する上で重要と考えられている。¹⁾そこで本研究グループでは、近赤外分光法を用いて体内における運動中、運動前後の酸素動態を測定し、筋における酸素の供給と消費のバランスを分析し、心肺機能(全身持久性)の優劣の指標について検討する。今回は中高年者を対象に運動後の回復状態を心拍数と SdO₂ の推移から分析した。すなわち無侵襲酸素モニターを用いてステップテスト時における大腿四頭筋の SdO₂ (酸素化率:酸素供給の絶対値と酸素代謝の目安)と心拍数を測定し分析した。

II 実験及び測定方法

1. 対象(被験者)は、中高年者(52歳~62歳)8名
2. 被験者の属性は、表 1 のとおりである。

3. 測定日時は平成 15 年 1 月 31 日~15 年 9 月 22 日の間、
4. 同一運動負荷として全員にステップテスト(文部省)を実施した。結果判定の心拍数は集団測定用ハートベット(ヤガミ社)を使用し耳朶にセンサーを装着し測定を行った。
5. 酸素動態測定は、近赤外光による無侵襲酸素モニター MO-200(島津製作所)を使用した。これまで行なわれてきた類似の研究では一時的動脈血流遮断法による測定が多く行なわれているが動きの中で簡便に測定できることを条件に、被験者の右大腿四頭筋部表皮にセンサーを固定し、運動前、運動中、運動後について継続して測定した。
6. 測定期間中の心拍数はハートレイトを用いて(ポーラル社製)測定した。

表 1 被験者の属性

被験者	年齢	身長	体重	安静脈	体脂肪率	BMI	肥満度	踏み台指数	心的疲労度	喫煙習慣	運動習慣
a	54	162.5	65.2	63	20.5	24.7	12.2	52.3	17	途中禁煙	消極的活動
b	58	172	63.2	78	8	21.4	-2.91	54.5	15	途中禁煙	積極的活動
c	52	177	81.2	71	22.2	25.9	17.8	57.7	13	非喫煙	消極的活動
d	54	164	66.2	70	19.3	24.6	11.9	72.0	11	非喫煙	積極的活動
e	61	163	63.8	65	19.3	24	9.1	73.8	13	非喫煙	消極的活動
f	53	164	74	93	23.5	27.5	25.1	44.6	17	喫煙継続	活動無し
j	59	160	56	82	17.5	21.9	-0.6	53.6	15	非喫煙	活動無し
h	52	173	66.6	82	17.4	22.3	1.1	46.4	17	喫煙継続	活動無し
平均値	55.38	166.94	67.03	75.50	18.46	24.04	9.21	56.86	14.75		
標準偏差	3.24	5.75	7.07	9.45	4.42	1.96	9.02	10.08	2.11		

Oxygen Kinetics Quadriceps Femoris Muscle Using Near-infrared Spectroscopy

—Heart rate and SdO₂ in Middle-aged and Elderly After Step Test—

Hose SAKAIRI, Hisao KAWAKITA, Masao YAMAMOTO and Kan OGAWA

7. 測定は同一被験者に対して2回試行した。実験1回目はステップテスト開始2分前から終了後、25分間、計30分間(その間ステップテスト終了後通常の脈拍測定を座位で3回行い、その後仰臥状態で安静)測定した。以後の記述は実験1回目とする。実験2回目はステップテスト終了時に脈拍数の測定を行わず、動的休息(軽い足踏み)を3分間行い、その後仰臥安静状態で計30分間測定した。以後の記述は実験2回目とする。
8. 分析については紙面の関係から実験1回目のデータのみを用いた。
9. その他の測定と調査

ステップテストの測定前に体脂肪測定(タニタ社製体内脂肪計TBF-310)、安静時心拍数、血圧測定(全自動血圧計UDE X III株式会社ウエダ製作所)、及び質問紙による調査(被験者の睡眠状態、食欲、スポーツの嗜好、スポーツ経験等)を実施した。またステップテストの測定後にステップテストに対する心的疲労度調査(自覚的運動強度)をボルグ指数にて測定した。

III 結果と考察

1. 被験者の心拍数とSdO₂について

図1は実験1回目、2回目のステップテスト時及びその後の心拍数の平均推移である。1回目と2回目の違いはステップテスト終了後座位安静にしていた場合と動的休息をとった場合であるが、実験2回目の動的休息をとった方が仰臥安静に移ってから心拍数はやや少なくなり、速く回復する傾向が見られる。

図2は上記の実験でのSdO₂の推移である。この場合は心拍数と異なり仰臥安静状態に移り

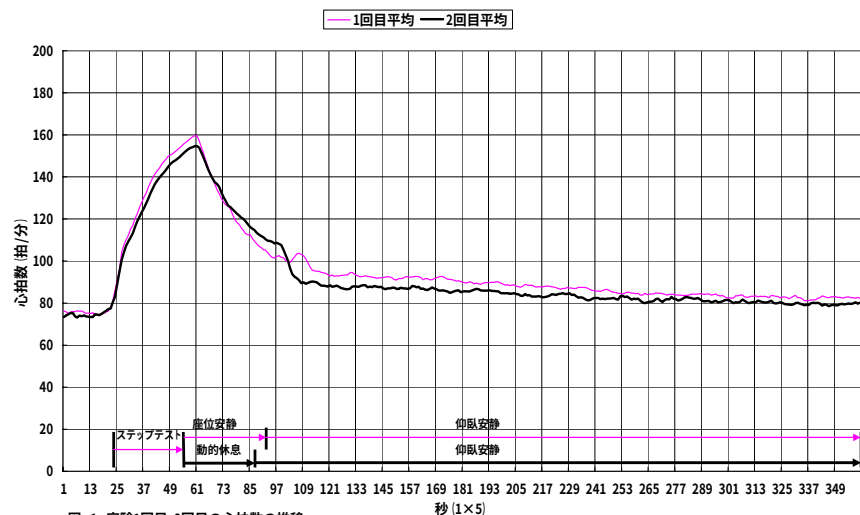


図1 実験1回目・2回目の心拍数の推移

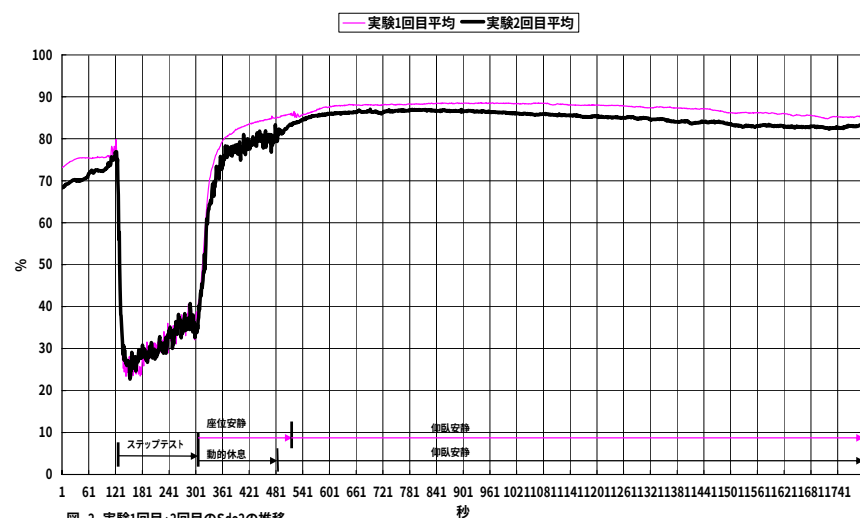


図2 実験1回目・2回目のSdO₂の推移

時間が経過するにしたがって、やや差が大きくなっている。心拍数及びSdO₂の推移から運動終了後に動的休息を導入した場合は回復力が良いということが推測できる。ただし、今回の動的休息は被験者個人に個々の体力に合わせて、その場足踏みをしていただいたものであり、どの程度の負荷、どのような形態の動的休息が回復に最も適合するかを検討していきたい。

2. 喫煙習慣からみた心拍数とSdO₂の推移について

被験者の喫煙習慣の内訳は、喫煙群(2名)は30年以上喫煙習慣のあるもの、非喫煙群(4名)は過去に喫煙習慣が無かったものに分類できた。図3では喫煙群と非喫煙群の心拍数を見たものであるが、ステップテスト直前で両群に約10拍程度の差が見られ、ステップテスト中では非喫煙群の心拍数は喫煙群に比べ上昇率が高い。しかし非喫煙群は喫煙群に比べステップテスト終了後の座位安静時で心拍数の下降率が急激である。

仰臥安静に移ってからは
同じような傾向である。

図 4 は喫煙習慣における実験1回目のSdO₂の推移を示したものである。ステップテスト直前のSdO₂の数値をみると喫煙群は非喫煙群と較べるとやや高い値である。ステップテスト中のSdO₂推移は初期においては喫煙群が約25%、非喫煙群が約20%の下降で、その後両群とも右肩上がりを示しているが、非喫煙群の方が上昇率が高い。またステップテスト終了後すなわち座位安静では喫煙群は非喫煙群に比べ上昇率が高い。仰臥安静状態では喫煙群が初期においては85%ぐらいであったが仰臥安静状態後14分後に90%とピークに達し、22分後には88%にもどっている。非喫煙群は初期においては喫煙群と同様85%を示しているが7分後より減少傾向に入り実験終了時には84%と最も低い値を示した。

図から推論できることは、ステップテスト時のSdO₂をみると非喫煙群は喫煙群に較べ初期において数値が小さい、しかし時間がたつにつれ右肩上がりで数値が大きくなっている。それに対し喫煙群は右肩上がりではあるが、非喫煙群と比較し緩やかである。このことから喫煙群は非喫煙群に比べ運動中の代謝機能がスムーズに行えていないのではないかと推察できる。仰臥安静状態での約21分間を見てみると後半に進むにつれ非喫煙群と喫煙群に開きが見られる。この結果からも喫煙者と非喫煙者では非喫煙者は運動中では酸素を効率的に運用し、また回復過程でも同様な傾向が見られる。

3、運動習慣からみたSdO₂の推移について

日常生活における運動習慣からSdO₂推移について比較したものである。運動を取り入れていたものは2名で(1名は毎日ジョギング5km、他の1名は週2回の卓球トレーニング)、不定期にスポーツを取り入れているもの3名、全く運動をしていないもの3名に分類できた。ここでは運動を取り入れていたもの(以後運動継続群と記述)

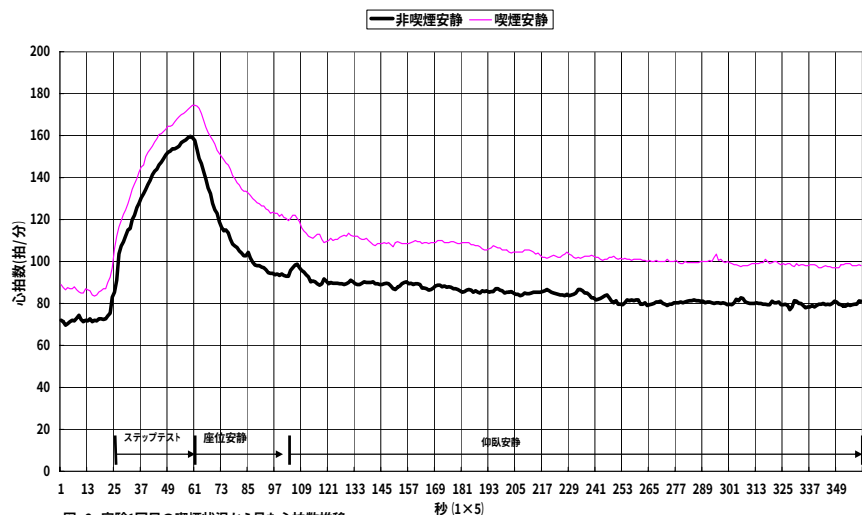


図 3 実験1回目の喫煙状況から見た心拍数推移

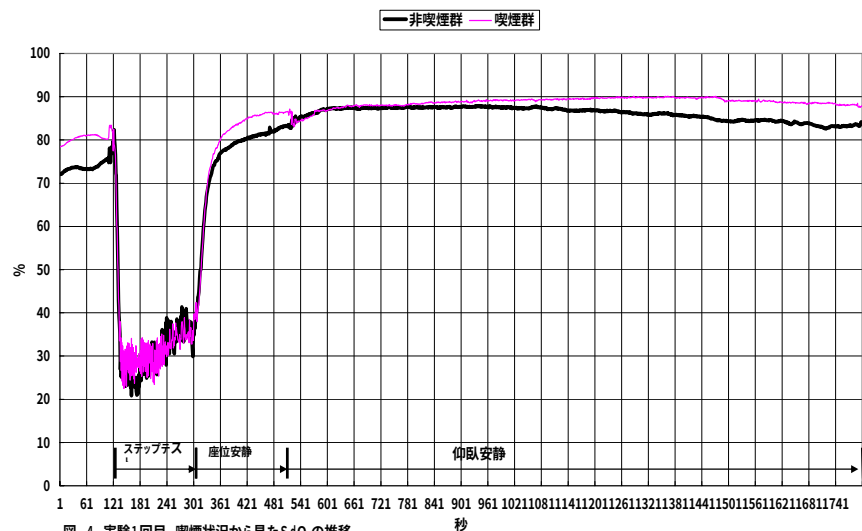


図 4 実験1回目 喫煙状況から見たSdO₂の推移

と運動を取り入れていないもの(以後非運動群と記述)を比較してみた。図 5 は運動習慣からみたSdO₂の推移である。ステップテスト直前のSdO₂で両群間に約10%の違いが見られた。非運動群はステップテストが開始されると約80%から25%まで急減少しその差は55%であるが、運動継続群は69%から22%まで減少しその差は47%と、両群に差が見られた。ステップテスト終了後の回復過程(座位状態)を見るとSdO₂の増加度に大きな差がみられる。また仰臥安静状態においても運動継続群は右肩下がりが見られ、非運動群は右肩上がりの傾向が見られた。よって運動継続群はステップテスト中及びその後の回復過程においてにおいても代謝がスムーズに働いていると考えられる。

4、BMIからみたSdO₂の推移について

図 6 はBMIの数値から見た実験1回目のSdO₂の推移である。BMI (Body mass index) については、被験者8名中BMIの指数の高いもの2名(以後H群と記述)(平均26.7)と数値の低いもの2名(以後L群と記述)(平均21.65)

の 2 群をグラフ化したものである。

ステップテスト中の SdO_2 を見るとステップテスト開始直後では両群とも 20%前後まで減少しているが、その後の推移を見ると両群とも右肩上がりを示しているが、そのあがり方を見ると H 群と L 群に若干の相違が見られる。座位安静においてはほぼ同様なパターンが見られ、両群において差が見られなかった。しかし仰臥安静状態に入ってから H 群は僅かであるが右肩あがりの傾向を示し、15 分過ぎから減少傾向が見られた。それに対し L 群は仰臥安静状態に入り 6 分までは同じ数値で移行するがその後減少傾向がみられた。 SdO_2 の推移を見る限り BMI の H 群と L 群において回復過程に差が見られた。梅田等は²⁾ Harris の文献を引用し「肥瘦度を評価する Body mass index が高すぎることや低すぎることによって、日常生活に深くかかわっている歩

行能力や筋力などに影響を及ぼす可能性も示唆されている」と指摘している。今回は全身持久力を評価するステップテストを用いての実験であるが、その示唆が示す結果となった。また今回の BMI の L 群は平均値が 21.65 で理想体重に近いこともあり、もっと高い数値や低い数値レベルでの実験を試行し分析をしていきたい。

IV 結論

ステップテストを実験として中高年者の SdO_2 の推移を属性から分析したものである。被験者が少なく検定までに至らないが、次のような傾向がみられた。

- 1) 喫煙者と非喫煙者では回復過程に差が見られ、非喫煙者の回復力が良かったと示唆できる。
- 2) 運動継続群と非運動群では心拍数のステップテスト時及び回復時で差が見られなかったが、 SdO_2 では差が見られた。
- 3) BMI での L 群と H 群の SdO_2 では特に回復時に両群で差が見られた。

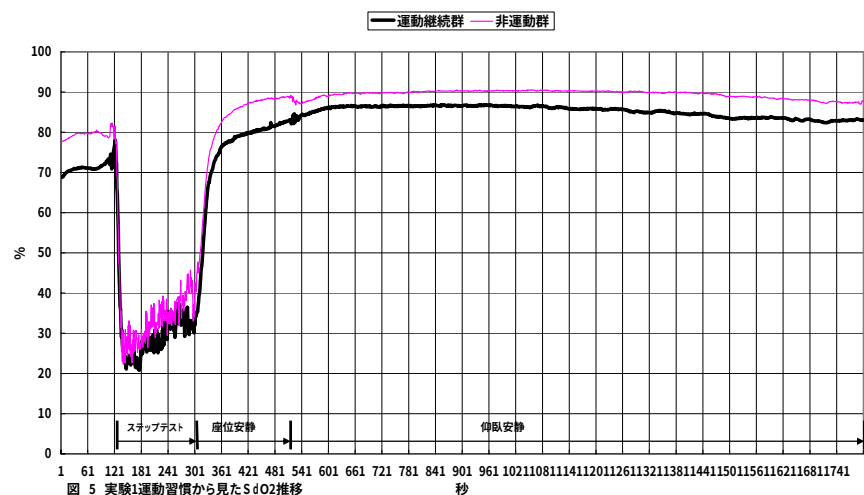


図 5 実験1運動習慣から見た SdO_2 推移

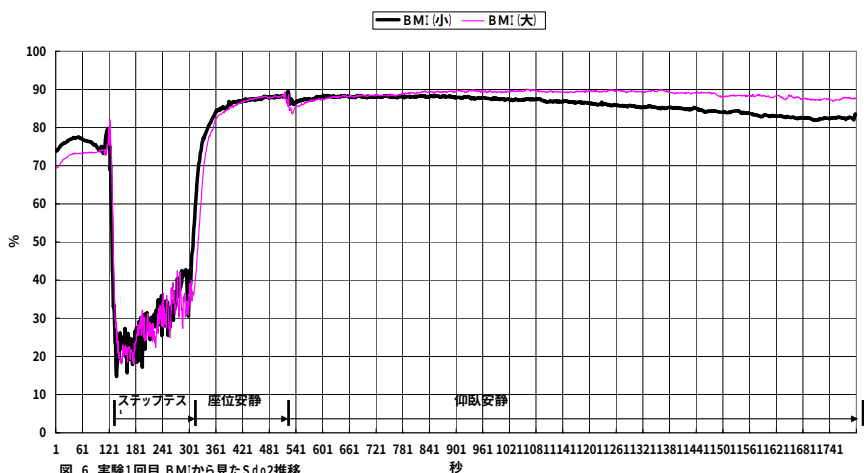


図 6 実験1回目 BMI から見た SdO_2 推移

「参考文献」

- 1) 中垣内真樹ほか：全身持久性体力の評価法としての主観的運動強度を用いた最大化 12 分間走テストの提案，体育学研究 NO.41(1996)．173～180．
- 2) 梅田典子ほか：Body mass index からみた高齢者における体力の検討、体育学研究 NO.47(2002)．439～450．