

回復代謝に関する研究

—軽労作負荷の回復期への検討—

近田 敬子, 木戸上八重子, 横山 文子,
丸山 咲野, 三浦 昌子, 竹之熊 淑子

Studies on Metabolic Recovery Following Slight Muscular Exercise

Keiko CHIKATA, Yaeko KIDOUE, Fumiko YOKOYAMA,
Sakuno MARUYAMA, Masako MIURA and Yoshiko TAKENOKUMA

ABSTRACT: The purpose of this study is to investigate and measure the process of metabolic and physiological recovery following hairwashing on reclining subjects.

The investigation involved 16 healthy female students between the ages of 19–22 each of whom participated in the investigation once.

The following results were obtained:

1) The process of recovery after hairwashing, which took 7.4 minutes, was 4 minutes approximately, a comparatively speedy recovery. There was no rebound effect.

2) The heart recovery rate was quicker than the oxygen recovery rate. Therefore the heart rate cannot be used as an index of recovery time.

3) After 12 minutes, total expiration volume, the percentage of expired CO₂ and inspired O₂, the volume of expired CO₂, calorie consumption and respiration quotient fell below the rest level. This establishes the point of recovery at 12 minutes, on the average. However, in individual cases, we believe it is better to regard a range within $\pm 10\%$ of the rest level as the suitable point of recovery. This method seems to be an improvement on previous methods.

緒 言

看護の分野では、日頃運動・動作にかなりの制限が加えられることが多いが、われわれはこの

ような患者の生活を前提として、日常生活行動の労作度を明らかにする一連の基礎的研究^{1,2)}に取り組んでいる。すなわち、臥床安静時の代謝量を base line として、その上加わったエネルギー消費量でもって、さまざまな日常生活行動の負荷の度合を把握しようとしたものである。

被援助者にとって半坐位洗髪・前屈位洗髪或

京都大学医療技術短期大学部
College of Medical Technology, Kyoto University
1981年5月受付, 同年8月受領

はベッド端坐位洗足などのように、軽微な活動ながら複雑な小刻みな行動内容である場合、O₂消費量は経時的に複雑な曲線を描き、活動終了後も回復代謝の測定が必要である。

われわれの最も近い研究分野である労働生理学では、回復の時期はO₂摂取量が安静に復帰した時点とするが、実際は心拍数の安静への復帰を目安とし、その復帰から安静時よりやや高めであっても plateau となった時点までよいとしている³⁾。

日常生活行動にともなうO₂摂取量が微量なほど、回復期決定には一定の基準が必要である。原則的には呼吸・循環機能が回復し、その結果に代謝量が安静レベルに戻った時点が真に回復であるといえる。しかしこの時点を決めるのは難しい。生体反応は常に正常な範囲内で変動しているため、単純に base line に戻った時点 (point) を回復としてよいか、或は rebound 現象をどのように考えているかなど、実際上さまざまな問題を投げかけている。

そこで、半坐位洗髪の Relative Metabolic Rate (以下、R. M. R. と略す) 0.3程度の活動の負荷を加えた場合、一定の生理機能はどのような回復過程を経るか、また、どのような方法で回復期決定を行えばよいかなどの検討を行い、ここに若干の知見を得たので報告する。

方 法

1. 実験方法

被験者は健康な19~22歳の女子で、あらかじめ実験上何らかの問題があった者を除き、さらに Smirnov の棄却検定を用いて、解析対象者を16名とした。

被験者のプロフィールは表1のとおりであるが、それぞれ16名の平均値と標準偏差は、身長では154.5±3.9cm、体重50.6±6.2kg、体表面積1.43±0.09m²であり、ほぼ平均的な体格であるといえる。また理論値基礎代謝 (O₂必要量) は平均で169mlであった。

実験時期は昭和55年7~8月に実施し、その時の環境条件は室温24.1~26.1°C、湿度56~

表1 被験者のプロフィール

被験者	年齢	身長	体重	体表面積	理論値基礎代謝
S. Y.	19歳	148.2cm	41.1kg	1.27m ²	151ml
A. K.	19	149.7	43.1	1.31	155
U. N.	21	150.9	43.7	1.32	154
I. Y.	20	155.5	44.5	1.36	160
C. K.	19	153.8	46.4	1.38	163
N. M.	19	156.5	47.5	1.41	167
Y. S.	20	154.4	49.6	1.42	167
K. R.	19	152.4	50.7	1.42	170
S. A.	20	155.4	51.0	1.44	170
I. F.	20	160.8	49.3	1.46	171
Y. Y.	20	153.0	53.2	1.46	171
K. T.	19	151.3	57.1	1.49	177
S. T.	20	153.6	57.2	1.51	177
M. Y.	22	161.0	53.7	1.51	176
K. Y.	19	154.2	60.9	1.56	185
I. A.	20	161.4	60.8	1.60	188

65%, 気圧749~758mmHgであった。

実験手順としては、最初に心拍数および呼気中O₂・CO₂濃度が安定した時点で椅坐安静代謝を約10分間測定し、続いて同じく安定化した臥床安静代謝を約10分間測定した。その後約7分間の半坐位洗髪行動による活動および回復代謝の測定に入っている。被援助者の洗髪行動内容はベッドから起き上り、洗髪椅子に8歩で移動し、後傾半坐位姿勢で洗髪をしてもらい、再び8歩でベッドに戻り臥床するという行動である。なお、回復代謝に続いて安静代謝を仰臥位で、実験終了まで測定している。

2. 検討方法

測定器には Electrometabor を用いているが、呼気ガス分析計は呼気O₂% (消費した濃度) および呼気中のCO₂%が経時的に示される。同時に、換気量計からは呼吸波形を描きながらの呼気量と経過時間が判明できるようになっている。これらの基礎データがどのような回復過程を経ているか。合わせて、テレメータ (フクダECU-600) を用い、胸部誘導で心拍を経時的に測定した。更に、O₂消費量・CO₂発生量・呼吸商 (以下、R. Q. と略す) などを算出し、

それぞれの経過を各被験者の臥床安静代謝量を base line として, その値に対応させて各回復状況を t 検定で検討した。

結果と考察

回復期決定への検討のために用いている臥床安静代謝は行動負荷前の値であり, その安静代謝量の平均値と標準偏差は 181 ± 19 ml/min である。これは理論値基礎代謝の約 8.1% 増しの値であり, これを基準にして以下の結果を述べる。

1. O₂ 消費量でみた回復過程

図1は洗髪行動に続く回復過程を16名の平均 O₂ 消費量で表わしたものである。これをみると, 8分目(洗髪行動は7.4分間)は O₂ 消費量平均で 291 ml と最も多く, 臥床安静時の約 61%の増加率である。以降は急激な低下を示し, 9・10・11・12分目の O₂ 消費量は平均 249: 218: 202: 192 ml で, それぞれ安静時の約 38: 20: 12: 6%の増加率である。その後は約 180 ml を前後しながら, plateau な状態を保ち経過しているが, その中でも16分目はやや低く平均 176 ml となっている。

すなわち, 各被験者の O₂ 消費量を臥床安静代謝に対応させて回復過程をみると, 有意に差を認められるのは11分目までであり, 12分目は差の傾向 ($p < .30$) を示す程度にすぎない。その後は安静時と差のない O₂ 消費量であるといえる。また, 平均値でみるかぎり若干の高低は認められるものの, 半坐位洗髪時の回復過程においては, rebound 現象は無いと判断してさしつかえない。

合わせて図1に C. V. % (Coefficient of variation) を示しているが, 理論値基礎代謝の C. V. は平均 6%であり, 臥床安静代謝は平均 10%であるのに対して, 回復過程は 19~10%の変動があり一様でない。

このようにして, 全体の平均値で回復過程の実態やその考察ができるのは, 計算上の最終的な段階であり, 日常生活行動の労作度を求めるためには, 初期の段階で個人別に回復期を決定

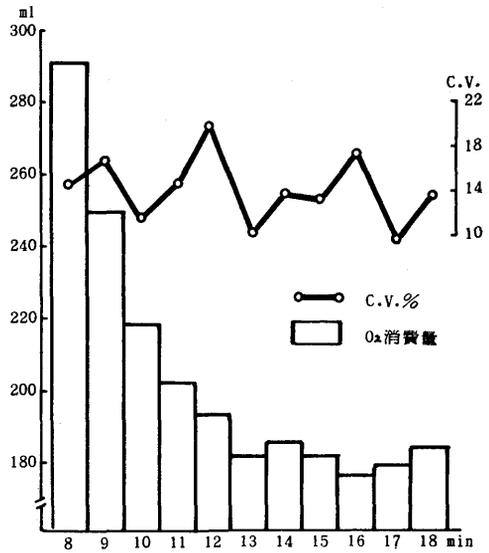


図1 O₂ 消費量の回復過程 (16名の平均)

$$C. V. = \frac{S. D.}{\text{mean}} \times 100$$

する必要がある。

われわれは単純に, base line に戻った時点 (point) を1回・2回・3回目と数え, この3回目を回復時間としてきた。ちなみに, 1回目に base line に戻った時点を取りあげてみると, 11~14分目の幅で平均すると12.7分であり, 2回目は12~15分目となり平均14.1分, そして3回目は13~18分目と前者に比べて回復時間に個人差がみられ, 平均15.6分となる。

図1にもみられるように, O₂ 消費量の急激な下降を示しているのはおよそ2分間であって, 平均でみるかぎり最初の1分間で約38%の下降率(安静時 181 ml と8分目 291 ml の差を100とした場合)で, 次いで更に約28%, その後は約15%・7%と緩やかな下降である。このゆるやかな下降の仕方には個人差があり, 早期に回復する者もいるが, 例えば1回目は13分目であるのに, 3回目は18分目とその開きの大きい者もいる。

回復過程の長い短いは労作度の強・弱を示す指標であるとされているが, 酸素負債の量に関連しており⁴⁾, 安静に近い回復過程(下降率の緩やかな状態)では空の動作が大きく影響を及ぼ

すことが考えられる。

要するに、16名の平均 O₂ 消費量で回復過程をみてみると、7.4 分間の半坐位洗髪行動に対して (およそ R. M. R 0.3 程度の活動), 11分目 (p<.05) 或は12分目 (p<.30) までが recovery といえる間である。これに最も近い個人別の回復期は1回目の base line に戻った時点であるが、それでも若干遅い目である。まし

て現行の3回目とはかなりかけ離れており、妥当性は薄く再考の必要性を物語っている。

2. 各測定値の回復過程

O₂ 消費量以外の測定値はどのような回復過程を経ているかを把握するために、実験上で比較的初期の段階に回復期決定の指標となり得る項目、すなわち心拍数・呼吸数・呼気量 (Standard Temperature and Pressure, Dry. 以下

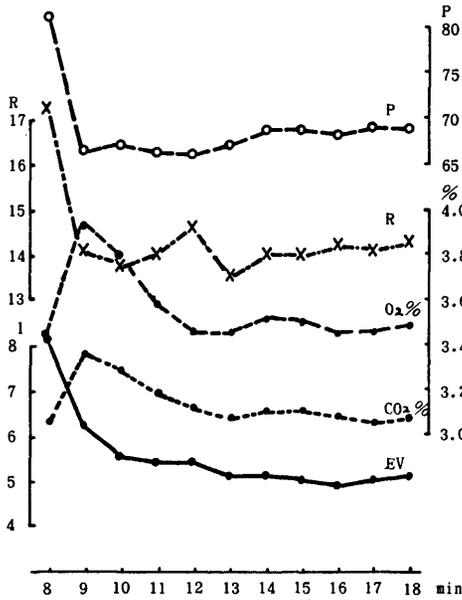


図2 基礎データの回復状況 (16名の平均)

P : 心拍数 R: 呼吸数 EV: 呼気量
O₂ : 20.93—呼気中 O₂ 濃度
CO₂: 呼気中 CO₂ 濃度

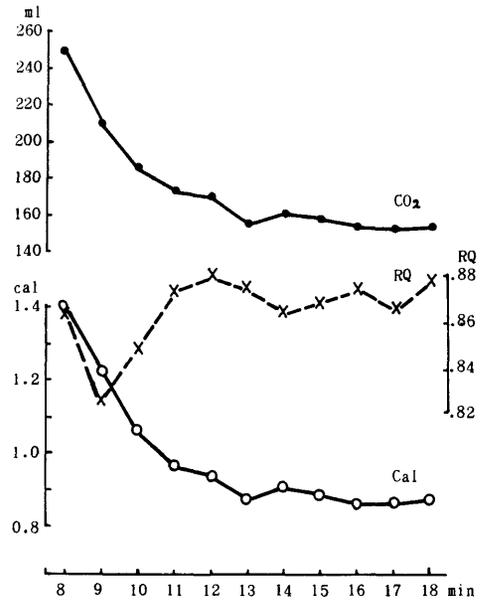


図3 測定値の回復状況 (16名の平均)

CO₂: CO₂ 発生量 RQ: 呼吸商
Cal: 所要熱量

表2 測定項目別、安静代謝量と回復代謝量との平均値の差

分	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
O ₂ 消費量 ml	110**	68**	37**	21*	12#	1	5	1	-5	-2	3
心拍数	13.8**	-1.1##	-0.4#	-1.2#	-1.4##	-0.4	1.1	1.1	0.7	1.2	1.2
呼吸数	-0.6	-3.7	-3.9#	-3.7#	-3.2	-4.2*	-3.8#	-3.7#	-3.6#	-3.7#	-3.5#
摂取 O ₂ %	0.07	0.56**	0.42**	0.21*	0.09#	0.09	0.16#	0.13	0.08	0.09	0.12
呼気 CO ₂ %	0.004	0.30**	0.23**	0.13**	0.06#	0.02	0.05	0.05	0.02	0.004	0.02
呼気量 l	2.77**	0.76**	0.14*	0.01	-0.004#	-0.28#	-0.30#	-0.37#	-0.47#	-0.43#	-0.33#
CO ₂ 発生量 ml	85**	46**	21**	9##	5	-8#	-3	-6#	-8##	-11*	-8#
R.Q.	-0.04	-0.08*	-0.05##	-0.03#	-0.02	-0.03#	-0.04##	-0.03##	-0.03#	-0.03*	-0.03##
所要熱量 Cal	0.51**	0.33**	0.17**	0.08*	0.05	-0.02	-0.02	-0.01	-0.03	-0.03#	-0.01

** : p<0.01, * : p<0.05, ## : p<0.10, # : p<0.30 の有意水準を示す。

- 印は安静代謝量よりも低い方向での差である。

S.T.P.D.と略す)・摂取 $O_2\%$ ・呼気中 $CO_2\%$ などを図2に表わした。同じく図3には複雑な計算過程を踏み, 算出された CO_2 発生量・RQ・所要熱量などの項目を1分間ごとに経時的に表わしている。なお, 表2は安静時のそれぞれの値と対応させた平均値の差とそのt検定による, 有意水準の経過を示したものである。

最初に心拍数をみると, 臥床安静時平均 73/min に対して, 8分目は平均 81/min にまで増加しているが, 行動終了直後の9分目には早くも平均 67/min にまで著しく減少している。しかも安静時よりもマイナスの方向で差の傾向がみられ, そのままの数で安定を保ち, 14分目以後は 68/min 或は 69/min レベルを保持している。

筋的な作業で R. M. R. が10.7の場合, O_2 消費量と心拍数とは回復時点が違い, 心拍数が遅れる。一方, R. M. R. 3程度の活動では心拍数も O_2 摂取量も安静値への復帰はほぼ同じ時間である³⁾。しかし, 看護の分野における日常生活行動 (R. M. R. 0.3 程度の活動) のような軽微なレベルでは, O_2 消費量よりも心拍数の回復は早いといえる。このことは, ケア後の回復状況を知るために, 心拍数の把握は比較的簡単な方法であるが, 実験上の回復決定をする指標として用いることはできないと判断する。

次に呼吸数をみると, 心拍数と類似したパターンであり, 安静時平均 17.8/min の呼吸が8分目には平均 17.3/min となり, 9分目に平均 14.1/min と少なくなりマイナス傾向を示した。心拍数と同様に測定しやすい項目ではあるが, 指標としては不向きであるといえる。

呼気量は Volume の読みとりおよび S.T.P.D. に換算する必要から, 若干の時間を要し実験中には即座に用いられる質のものではない。安静時の呼気量の平均は 5.4 l/min であるが, 8分目は平均 8.2 l/min と増量, 9分目には平均 6.2 l/min と急な減量となっている。いずれも安静時に比べて有意な差が認められるが, 10分目は平均 5.5 l/min, 12分目の平均 5.4 l/min と少なくなっており, 差の傾向を示すレベルに

留っている。13分目には平均 5.1 l/min でマイナスの方向に落入っている。すなわち, 洗髪行動における呼気量は O_2 消費量より 2~3 分速く回復過程を経ると考えられる。

摂取 $O_2\%$ および呼気中 $CO_2\%$ は response time 48秒⁵⁾ の遅れで, 行動に合わせて経時的に曲線を実験中に見て判断することは可能である。安静時の摂取 $O_2\%$ は平均 3.37%/min であり, 8分目の平均は 3.44%/min と大差のない値であるが, 9分目に入って急な上昇を示し平均 3.93%/min, 10分目の平均 3.79%/min, 11分目 3.58%/min と肺胞に十分な空気を送って回復を図っていることがわかる。呼気中の $CO_2\%$ も同じようなパターンで, 安静時の平均 3.06%/min に対して, 9分目な平均 3.36%/min, 11分目 3.19%/min であり, 摂取 $O_2\%$ とともに有意の差が認められるのは8分目を除外して, 11分目までであり, 12分目はいずれも差の傾向を示しているレベルである。この有意水準からみて, O_2 消費量の回復過程と類似していることなどから, 実験上 O_2 消費量の plateau な状態を判断するための尺度としては, かなりの有用性があると思われる。

一方, 図3の CO_2 発生量は安静時平均 164 ml/min で, 8分目の平均は 249・9分目平均 102・10分目平均 185 ml/min と安静時に比べて有意に多い。11分目は若干の差が認められる程度であるが, 一応11分目までを recovery とみなしてよい。しかし, 13分目以降は安静時よりもマイナスの方向に変わっており, しかもその状態が持続してその差は有意である。

RQ は CO_2/O_2 であるので, CO_2 発生量の低下或は O_2 消費量の上昇によって値は低くなる。安静時の RQ 平均は0.90であるのに対して, 全体的にその経過は小さいが, 小さいなりに plateau な状態になっているのは11分目以降である。すなわち, 8・9・10分目の RQ はそれぞれ平均で 0.86 : 0.82 : 0.85 と小さく, 変動も大きい。これは酸素借りをしてケアが進み, 安静状態に入ってからこの酸素債を返却しようとする過程において, CO_2 は O_2 と同じレベルで

排出させるのではなく、体内で炭酸塩になって保留されるため、RQ が小さくなると考えられる。

所要熱量は O_2 消費量に温等量を乗じて値を算出しているため、 O_2 消費量と同じパターンを示している。

以上をまとめると、日常生活行動のような軽微な活動における回復期決定の指標として、心拍数或は呼吸数は O_2 消費量とかなり異ったパターンの経過をとるため、これらを用いることは不適當であることが判明した。

全活動に要する O_2 消費量・酸素需要量などが微量であればある程、 O_2 消費量でもって回復期を決定する必要がある。この O_2 消費量は複雑な計算過程の結果として算出されるため、解析上の回復期決定は実験後日となる。そこで、実験中の測定終了の判断のためには、摂取 $O_2\%$ および呼気 $CO_2\%$ がおよそ plateau な状態を5分間 (response time などの安全率を含む) 維持した時点とみなして良いと思う。

この半坐位洗髪行動の recovery は、総括的にみて7.4分間の活動に対して、洗髪行動開始後11分目までであると判断するが、12分目にも若干 recovery といえる要素がある。しかし13分目以降はマイナスの方向を示す項目が多くなり、またマイナス方向での有意水準を示すものも数多くあり、これは回復過程とは云えず、総じて回復終了時点は12分目といえる。

上記の結果に基づいて、個人別データからどのように O_2 消費量で回復時点を決定したらよいか。前述したとおり、個人別に安静時の5分間の平均 O_2 消費量に単純に戻った point でみたとき、13分目以上の者が16名中9名までを占めており、better とはいえない。そこで、代謝量の $\pm 10\%$ の偏倚は生理的動揺とみるという考え方に立って、臥床安静代謝量 $\pm 10\%$ (回復過程においては $+10\%$) で最初に戻った point とした場合、その回復時間は10分目2名、11分目6名、12分目4名、13分目3名という結果である。本実験時の臥床安静代謝量は平均 181 ml/min であるのに対して、その標準偏差は 19 ml

であり、変異係数は10.2であることなどから、 $+10\%$ の範囲を含めての回復期決定は既存の方法よりも妥当性はあると考えられる。もちろん、さらに他の側面からの検討が今後必要であることは言うまでもない。

結 語

R. M. R. 0.3 程度の洗髪行動における recovery の実態を、さまざまな測定項目から把握し、回復期決定への検討を進めた。その結果を要約すると次のとおりである。

1) O_2 消費量で回復過程をみると、7.4分間の半坐位洗髪において、11分目 ($p < .05$) 或は12分目 ($p < .30$) までが recovery といえる過程である。また平均値でみるかぎり rebound 現象はみられない。

2) 被験者ごとの回復期決定を、臥床安静代謝量に3回目に戻った point としていたが、根拠はなく妥当性も薄く再考の必要がある。

3) 他分野では心拍数の回復をエネルギー代謝の回復時点として採択しているが、看護の分野のような軽微な活動では、 O_2 消費量より2~3分早く回復し、回復期決定のための指標とはならない。

4) 呼気量・摂取 $O_2\%$ ・呼気 $CO_2\%$ ・ CO_2 発生量・RQ および所要熱量などの回復過程をみると、recovery は11分目までであり、12分目もややそれらしき要素が含まれているが、13分目は臥床安静時よりもマイナスの方向を示す項目も多く、総じて回復終了時点は12分目といえる。

5) 被験者ごとの回復期決定は、臥床安静代謝量 $\pm 10\%$ で最初に戻った point とした方が、既存の方法よりも妥当性はあると思われる。

文 献

- 1) 木戸上八重子・横山文子・丸山咲野・三浦昌子・近田敬子・尾坂良子・宮島朝子・竹之熊淑子：日常生活行動負荷に関する実験—仰臥位洗髪、半坐位洗髪および前屈位洗髪における労作度の比較—。日本看護学会集録 11 (看護総合分科会 1)：241-245, 1981.

近田敬子, 他: 軽労作の回復過程

- 2) 近田敬子・木戸上八重子・横山文子・丸山咲野・三浦昌子・尾坂良子・宮島朝子: 日常生活行動負荷に関する実験—仰臥位洗足とベッド端坐位洗足労作度の一考察—. 日本看護学会集録11 (看護総合分科会1): 238-241, 1981.
- 3) 沼尻幸吉: 活動のエネルギー代謝. 293 P., 労働科学研究所, 東京, 1974.
- 4) 猪飼道夫編: 身体運動の生理学. 428 P., 杏林書院, 東京, 1978.
- 5) 藤松 博・岩見恒典・森 喜正・吉田勝志・青木 徹二: 荷重条件下における酸素摂取量変動についての研究—エレクトロメタボラー使用による検討—. 日本体育学会24 (実験的デモンストレーションによる研究発表論文集): 1-14, 1973.
- 6) 金井 泉・金井正光: 臨床検査法提要第27版. 1210 P., 金原出版, 東京, 1975.
- 7) 吉村寿人・高木健太郎・猪飼道夫編: 生理学大系IX, 適応協関の生理学. 1054 P., 医学書院, 東京, 1974.