

トレッドミル法による 持久力測定についての予備実験

藤 松 博

まえがき

人間の体力や運動適性の判定には、あらゆる機能面での総合的検討が必要である。特に運動負荷時における変化については、各機能の有機性から考えても、安静時には予測されないような変化が現われてくる可能性がある。

特に持久力に関する面についての変化の、要する時間が大きいだけに変化様相も顕著に現われると思われる。持久力の要素といわれる筋の持久性、全身持久性に関しては、現在までのところ、安定した運動負荷装置及び各種測定器などの不備な点から、仲々調査をする機会が得られなかったが、幸い近日中にトレッドミル装置を購入し、実験する機会が得られたので、われわれ研究室でも、この面での継続研究をすることが出来ると思います。

今回は、その第1段階として、循環機能、呼吸機能、筋力、疲労度の各検査法を出来るだけ多く採用し、トレッドミル法での測定可能の限界を追求をした。また同時に、各機能の疲労の際に現われる現象の有機性についても調べてみた。

運動負荷時における循環機能の測定に関しては、最近心電図のテレメータリングによって、特に心拍数変動の状態が研究されている。その結果は静止時における観測と並行して、運動によってのみ発現し得る諸現象をとらえ、心活動の運動への適応の実態を知るという積極的な方向に進みつ

つある。もちろんこうしたテレメーターリングの場合その誘導法、電極の形状、接着剤などの未開拓部分に残っている問題は、極めて多い。最近の研究では、各方面で徐々にではあるが、その努力が結実しているが、いまだ決定的な方策を握むにいたっていない。

誘導法は、テレメーターの際に最も問題になる。現在、テレメーターの誘導法として多く採用されているのは、標準肢誘導における、第Ⅱ誘導に類似する点に重点を置き研究されていて、ネーブの誘導法、松井式誘導法などが多く用いられている。しかし、現状では、心電のテレメーターの際に信頼しうる波型は無く、せいぜい心拍数測定が可能であるだけで、他の刺波については、安定性に欠け、信頼度も極めて小さいと思われる。そこでわれわれは、将来この心電図記録が、トレッドミル法で行なわれる場合、果たして無線搬送で行なうべきか、有線搬送にすべきかの両面について調査するために記録も並行して行なってみた。

即ち、無線の際の誘導法としては、双極誘導の心尖——心底を用いアースとして腰骨上部にこれを置いた。また有線誘導では、臨床用のリード線を特殊な方法で可動性のものにして、左右両足のリードを胸骨上端、腰骨上端にと各々移動させ、自由に運動出来るように足のリードを解放した。結果的には、多少の細動(雑音)は認められるが、胸部の各誘導が自由に出来、比較的安定した記録の出来ることを発見した。電極についても、ドータイト極と銀板極とを比較使用し、ペーストについても同様、臨床用ペーストと、激運動、発汗の条件にも耐えうるような特殊ペーストの開発を目指して、特製の接着剤について研究をした。

次に呼吸機能の測定についてであるが、Cureton は呼吸機能の判定にあたって、肺活量の実測値よりも、身体的な条件を考えた Vital Capacity Residual を用いた方が良いと述べている。また加圧息こらえ Flack Test と最大呼気力 Expiratory Force の測定を行ない、Flack Test が意志の影響を強くうけて、テストとしての妥当性に欠けるのに比較して、Expiratory Force の測定は呼吸運動に関係をもつ諸筋肉群すなわち横隔膜、内肋間筋などの強度を間接的に知る方法として最良のテストだと報告している。わ

れわれは、こうした点から、運動負荷中の分時呼吸量、呼吸数、毎回呼気量などの変化について、その技術的限界及び、変化様相について調査した。

循環、呼吸の各機能変化の様相とあいまって筋力変化についても同じような方法で調査をした。

筋力測定、特に負荷時における測定は技術的に極めて困難であり、特に使用筋の様相変化は筋電図などのような特殊な装置が無い限り適切な方法が見あたらない。われわれの今回の測定は、筋力の疲労が不使用筋にどのように影響を与えるか、果たして、使用筋と不使用筋との間に、疲労現象がどのように現われるか、そしてそれらの間にどのような相関があり、その測定の有意性について走行中の握力と脚力について調べてみることにした。

疲労の指標となる簡単な医化学検査方法としては、尿、唾液、汗、血液、などがあげられるが、今回は、トレッドミル法という、条件内での測定の可能性を考えて、P. H. 試験紙による、唾液検査を行なってみた。変化値として、分時変化をとったが、疲労現象で特に血液などの変化は、筋疲労と相当な時間のズレがある為に、負荷中の測定の無意味なことが明らかになった。また単独検査でなく、他の医化学検査と並行して行なう必要性を痛感した。

トレッドミル装置について

全身の持久性測定に相当以前から用いられているものに、自転車エルゴメーター及びトレッドミルなどがある。その性能につて比較をするに、自転車エルゴは、作業強度を一定にして、作業量を正確に計算することが出来るばかりでなく、装置が簡便である点などから一番広く用いられている。Karpovich, P. V. Christensen, E. H. Hullman, W. Reindell などの持久性に関する研究の多くは、自転車エルゴメーターを用いた報告である。しかし、一方において、自転車エルゴメーターは、運動が自転車という形式に

固定されるので、自然な姿での走運動に関する全身の持久性を測定する為には、多少不満足な点がある。その点の改良に苦心をした Reindell は被検者を仰臥位にさせ床面上で走姿に似た形をとらせ、その目的に近いものを得ている。しかし、全身の持久性という点だけから考えるならば、姿勢や運動様式などには、それほど細かい点で関係は無く、全身の持久性は、自転車エルゴメーターで十分に測定出来るという論も多い。全身特に心臓、肺臓の機能を高い活動状態にひきいれるものであれば、これらの測定法が、全身持久性に用いられ得る可能性は十分にあると考えられる。

トレッドミルは移動するベルトの上を走るという運動様式のものであり、実際の走運動と、同じであるので、運動時の持久性を見るという点において前記自転車エルゴに比し問題は少ない。これらは、古くから欧米諸国で使用されてきたもので、日本ではその普及をみななかった、米国においてもトレッドミル利用は少し下火のように見られるが、Cureton T.K. などの研究室では主としてトレッドミルを中心に研究されているときく。

スポーツの際のテストにトレッドミルが最も適している第1の要因は、何と云っても走運動という心理的環境を同じにする点にある。もちろん屋外のそれと同一視するには、他の細かい点についての相違も十分に考慮に入れなければならない。風圧、気温、湿度などがそれであろう。

今回われわれの研究室内に備えられるトレッドミルは、速度 20~300m (毎分)、傾斜角 15 度までの性能を持っている。トレッドミルの傾斜をつける意味は、作業負荷の強度を重みづけるためのものであり、速度だけを増すよりも、作業負荷の段階をつけるのに都合がいいと考えられる。また、一方において速度だけで作業負荷を増そうとするときには、(スポーツ種目によっては、速度が毎分 300m 以上に達することがある)、危険を伴うのでこれを考慮に入れて設計してある。例えば、毎分 200m の速度で 15 分間走ったとするならば、 $200\text{m} \times 5 = 1,000\text{m}$ 走ったことになり、これを位置エネルギーの運動量に換算するならば、日本人成人男子の体を約 86m 持ちあげた仕事量にもなる。また持久性測定のためには、5 分以上持続するような運動で、しかも最高に近い定常状態で行なう強度の運動であること

が適切であるといわれている。こうした条件を作り出すことが、比較的簡単であるトレッドミルは、持久力測定には最適な装置ということが出来る。

持久力測定と「へばり」について

全身持久力の限度といわゆる「へばった状態」が同一なものか否かについての判断は、非常に難しい。オールアウト、ニヤオールアウトなどと表現している持久力限界点の多くは、結局のところ最後には、個人差という壁につきあたり、その解明は仲々困難であるが、われわれの今回の調査でも本人の訴える「へばり」の時機と各機能検査結果での最高値との間には、相当の食い違いを生じている。持久力測定に要する負荷量について、どの程度の負荷を与えるべきかについては、仲々難しいと思われるが、次に既報の外国文献などを探ってみたのでここにあげてみよう。

Cureton は5分以内で完全にへばる程度の運動負荷を与えるべきだとしている。そして同氏は、一般競技者の持久性テストには、毎時102マイル、(毎分266m)の速度を用いた結果を報告している。これは相当強いもので、600ヤード、220ヤードの選手の Gnida, G. が5.05分で最高であり、2マイルランナーの Jowomey J. が、4.43分で同じく Karkow W. は、2.32分となっており、ほとんどが、5分以内しか続かないと報告している。この成績で注目すべきことは、2マイルランナーが中距離の選手よりも成績の悪いことである。従って、この条件(スピード $266/\text{min}$ 傾斜8.6%)では長距離選手の持久性テストには、負荷が大き過ぎるといえる。

Reindell H. は持久性テストに仰臥位の自転車エルゴメーターを用いたが、その時の作業負荷強度は、被検者が約6分間定常状態に維持しうる程度のものを選んでいいる。

こうした報告にもみられるように運動負荷によって生じた定常状態を大体5分間ほど維持しうる程度のものであれば持久力テストとしての負荷は適切であるように思われる。

このようにして、負荷速度と時間の決定がなされたとしても、個人差の大きいという障害につきあたった。即ち「へばり」の訴えと、心拍数、呼吸量、筋力などの測定値の定常状態から、持久力の限界と思われる点までの記録との間に大きな離りを認める場合がしばしばであった。

われわれは今回の調査にこうした被検者の「へばり」を訴える点を「主観的オールアウト点」とし、記録上でそれと思われる点を「客観的オールアウト点」と便宜上区分して記録を試みた。

測定方法

(被検者)

被検者には、中京大学体育学部学生を採用し、延べ人員22名について実施した。運動負荷は、スピードによって変化させ、各2通り実施。

(負荷方法)

高さ40cmのステップ台を作り、Harvard Step Testの要領で昇降せしめた。負荷量は、30回/分と40回/分の2通りを実施した。

(実施方法)

被検者は、軽いオーミングアップ後、3分間安静にさせ、安静時の心拍数、血圧、呼気量、呼吸回数、握力、瞬発力、唾液のP.H.値などを記録させた。負荷中の記録は、心電計、ガスメーター、握力計などを使って、30秒毎にこれを記録した。負荷に耐えられない時点で被検者から合図をさせ、その時点を主観点として記録した。その後、昇降、テンポを任意にさせて、被検者のペースで更に続行させて、完全に昇降不能になるまでこれを続けてみた。回復時の記録は、座位の姿勢で15分間連続して記録せしめた。

被 検 者 個 票 $140/\text{min}$ ペース

氏 名	年 齡 (歳)	性 別	身 長 (cm)	体 重 (kg)	(安静時) 心 拍 数 (回)	血 圧 (mmHg)	室 温 (C°)	室湿度 (%)
S. T.	21	♂	172	65	72	160—68	17	73
S. Y.	21	♂	172	67	—	110—62	19	63
S. S.	20	♂	165	59	86	122—83	18	68
K. S.	19	♂	165	64	83	132—76	21	68
S. R.	19	♂	168	67	66	106—70	21	54
Y. Y.	20	♂	161	53	78	104—62	21	68
T. H.	21	♂	163	73	76	108—72	18	70
S. H.	20	♂	161	52	84	121—68	19	60
I. S.	21	♂	168	57	—	113—58	19	75

$160/\text{min}$ ペース

氏 名	年 齡 (歳)	性 別	身 長 (cm)	体 重 (kg)	安 静 時		測 定 条 件	
					心 拍 数 (回)	血 圧 (mmHg)	温 度 (C°)	湿 度 (%)
K. K.	19	♂	172	62	96	122—66	18	75
S. H.	20	♂	161	52	72	118—52	19	69
N. T.	20	♂	172	72	88	142—68	18	68
I. S.	21	♂	168	57	60	126—64	15	74
T. H.	21	♂	163	72	62	124—64	16	67
D. K.	18	♂	165	50	72	110—78	13	66
S. T.	21	♂	171	63	78	104—70	19	69

I. S.	21	♂	168	58	72	104—52	14	59
T. H.	21	♂	163	72	78	120—64	16	64
D. K.	18	♂	165	51	—	—	18	78
S. T.	21	♂	171	63	70	108—62	15	56
K. T.	19	♂	171	55	—	108—61	18	78

〔I〕 循環機能の測定

（使用機器）

心電計（熱ペン2チャンネル，福田エレクトロン製）

血圧計（リバロッチ型）

テレメーター（三菱電機製，2チャンネル用）

（誘導法）

無線搬送の場合は胸部双極誘導法を採用した。今までの基礎調査でも心尖と心底部に極をおく双極誘導が最も良い結果を生んでいるので，この方法で行なった。

有線誘導には，標準肢誘導を改良して，下肢の極を胸骨と腰骨に移動させ，標準12誘導の胸部誘導をそのまま記録した。この方法で行なえば，多少の雑音は入るけれども，安静時の胸部誘導のパターンとの比較が出来る点有利である。

心電のテレメーターリングに関する技術的な諸問題については，これを別の機会にゆずるとして，極の種類，形状，誘導部位，心拍数以外の刺波の信頼性など多くの問題を残している。

（計測方法）

心拍数（R-R）及びQRS, T. の各棘波の形状変化を，安静時，負荷時，回復時の各段階別に30秒間隔で5秒間記録し，平均値を求め，各々の時点における値とした。

〔II〕 呼吸機能の測定

（使用機器）

湿式ガスメーター（10ℓ用）

ガスマスク（蛇管つき）

ガス分析器（Goderlt 製，呼気ガス分析器）

（計測方法）

被検者にガスマスクをつけさせ，蛇管でガスメーターに直接接続してみた。安静時に座位で30秒間，呼吸数，呼気量を計り，次に運動負荷をさ

せ、負荷中は、30秒毎に計測した。負荷中止後は、被検者を座位にして、回復過程を30秒間隔で記録するようにした。

ガス分析は、蛇管の途中にサンプリングチューブを作り、必要な量だけの呼気を採取し、分析するようにした。

(測定項目)

分時呼気量

分時呼吸数

$$\text{毎回換気量} = \frac{\text{分時呼気量}}{\text{分時呼吸数}} \quad (\text{呼気の深さ})$$

酸素摂取量及び炭酸ガス排泄量

運動中の呼吸の様態を調べる方法には種々あるが、今回はそのうち、呼吸回数、呼気量の採取方法及びその信頼性について調査した。呼気ガス分析は、トレッドミル法の際に採気をダグラスバッグで行なった場合と、上記の方法とで技術的にどちらが能率が良いか、また、障害の起こる可能性について調査した。

〔呼吸曲線〕：単位時間内の呼吸回数及び呼吸の型、相対的呼吸量の変化などを調べるには、一般に呼吸曲線記録法（タンブール法、電気法）がある。これらの方法で、運動経過時の変動様態、例えば死点、セカンドウィンド、ステディステーツなどの各時点を明確に掴むことが出来る。

〔換気量〕：呼気と吸気とでは、ガス組成に相違があるが、総量は等しいと見てよい。従って実際には、呼気量のみを測定して換気量としている。換気量には、毎分換気量と、毎回換気量とが考えられるが、両者の関係は次の式の通りである。(毎分換気量) = (毎回換気量) × (1分間の呼吸数) 換気量は、一般に運動により増大し、その増大は、酸素摂取量の増大と大体平行しているので、酸素摂取量に代えて測る場合がある。

換気量測定には、一般にダグラスバッグ法で行なうが、トレッドミルを使う場合、何らかの方法で（例えば乾式ガスメーターで一定の回転を支えつつ、呼気を流すような方法）直接ガスメーターで記録出来るならば間断無く呼気記録が可能だと思ふ。

一般に鍛練者と非鍛練者の比較をみると、(a) 安静時の毎分換気量には

大差がないが、一般に鍛練者ほど毎回換気量が大きい傾向を示す。(b) 同一の運動を負荷した場合毎分換気量の増大は鍛練者ほど少ない傾向を示す。(c) 負荷後の回復時間は鍛練者ほど短い。

〔Ⅲ〕 筋力の測定

(使用器具)

スメッドレー式握力計

サージャントジャンプ台

(計測方法)

握力は運動負荷前に利手で3回実施し、その平均値をとりこれを安静時の値とした。負荷中は30秒間隔で1回ずつこれを行ない記録した。負荷中止後は座位で5分間毎に計測し回復状態を観察した。脚力の測定にはサージャントジャンプ値をこれにあてた。脚力の測定の場合当然一時的に負荷を中止させなければならない。そのため他の測定と平行して実施が不可能であり、各負荷に対し余分に1回実施しなければならなかった。計測法は握力に準じて安静時、負荷時、回復過程について行なった。結果は、握力のそれと比較しながら調べてみた。

今回の筋力測定の主たる目的として2つあげることが出来る。その第1は主動筋と不使用筋との間に疲労現象がどのように現われるか、即ち脚力の疲労現象が他の筋群のうえに疲労の様態過程として現われるか否かについて調べる事。第2には筋疲労の経過が他の機能のそれと同じような傾向を示すか否かについて調べてみることに焦点をあてた。

持続運動をする場合割に早い時期に筋の収縮高や収縮度が減じ、攣縮時期が長くなり、また収縮の残遺が大きくなる、これを一般に筋疲労と呼んでいる。こうした疲労の原因と疲労現象の起こる個所について考えるに、① 筋線維鞘部、② 筋線維内、③ 神経終板部、④ 脊髄前角細胞、⑤ 運動中枢などに起こるといわれている。

動物実験などの結果によると、このうち筋線維内での疲労現象よりも、中枢部の疲労が大きな問題となるとしている。

現在までの疲労，特に筋疲労についての多くの意見としては，先ず最初に筋実質の疲労が神経終板部，更にこれが運動中枢部にまで及ぶといわれている。われわれはこうした考えのもとで筋実質の疲労（脚筋）が負荷に対しての不使用筋（握力）にどのような変化をもたらすかについて調査したかった。前記循環，呼吸，各調査に順じた計測法で行なった。

次にトレッドミル利用の際の脚筋力の限界と，その限界点が呼吸，循環その他とどのような関係にあるかを，筋疲労曲線を描いて比較するようにした。もちろんこの問題については，多角的観察の要があり結論に結びつけるには無理であるので，今回は調査することの有意性について考えてみたいと思う。

〔IV〕 唾液の P. H. 変化による疲労判定

(使用試薬)

TOKYO P. H. 試薬 M. R. (5.4~7.0)

B. T. B. (6.2~7.8)

(調査方法)

サージャントジャンプ測定（他の測定と切り離し，単独で実施）の際に同時に実施した。

負荷前 30 分間水以外の飲食物を摂らせないようにし，負荷直前に 2 分間隔で 2 回調査し，そのうちの大きな値を安静値とした。

負荷中は 1 分間隔でこれを調べ負荷中止後は 10 分間隔で回復過程を調査した。変化様態の発現の遅れを考慮に入れて回復過程は出来るだけ長時間（中止後 30~60 分）のあいだ調べた。

測定方法としては，試験紙を 2 種同時になめさせて比色表にてこれを判定した。

(参 考)

唾液の疲労検査の目的は，血液がアシドーシスになって血中予備アルカリが減少し唾液が酸性に傾くことから，唾液中の P. H. も当然酸性に近づく，これから肉体疲労の一つの指標を得んとするものである。

尿や唾液がこうした疲労の検査資料として用いられるのは、被検者に検査という、そくばくを感じさせないで材料が比較的容易に入手出来る点が最も有利である。疲労の医化学検査法としては、尿量、尿比重、尿の P. H. 蛋白、糖 Vitamin B, C, Aceton 体、Urobilinogen などが重視されている。その調査方法としては、① Donaggio 反応、② 小川膠質反応、③ 小川総還元法、④ 高野 Kupriferrocyonid 法、⑤ Russo 法、⑥ 螢光物質法などがある。

唾液については、Zambrini の反応として知られている唾液 P. H. 度の測定が最も広く用いられているが、これ以外に一定時間内の固有唾液量の変化などが疲労指標として用いられている。しかしながら、こうした疲労検査法の共通の欠点は、現象発現の時間的ずれにあると思う。特にスポーツ疲労のように大筋肉疲労が主となる場合、その時間的発現も筋の疲労と大きくずれて来る。この点さえ考慮に入れて他の検査結果と合わせ考えれば相当詳しい点までの疲労の探求も可能であろう。今後トレッドミルなどを利用して、固定した場所での負荷が可能になれば、発汗、体温、尿などを合わせ調べ、多角的な判断の資料になると思われる。

結果と考察

〔I〕 循環機能測定について

テストの方法

- { Aテスト (40cm 高の階段登降, 毎分 30 回の速度)
- { Bテスト (" " " 毎分 40 回の ")

被検者

- { Aテスト 5名
- { Bテスト 7名

記録法

- { テレメーターリングによる, 胸部双極誘導
- { 有線誘導による, 胸部, V₂ V₄ 誘導

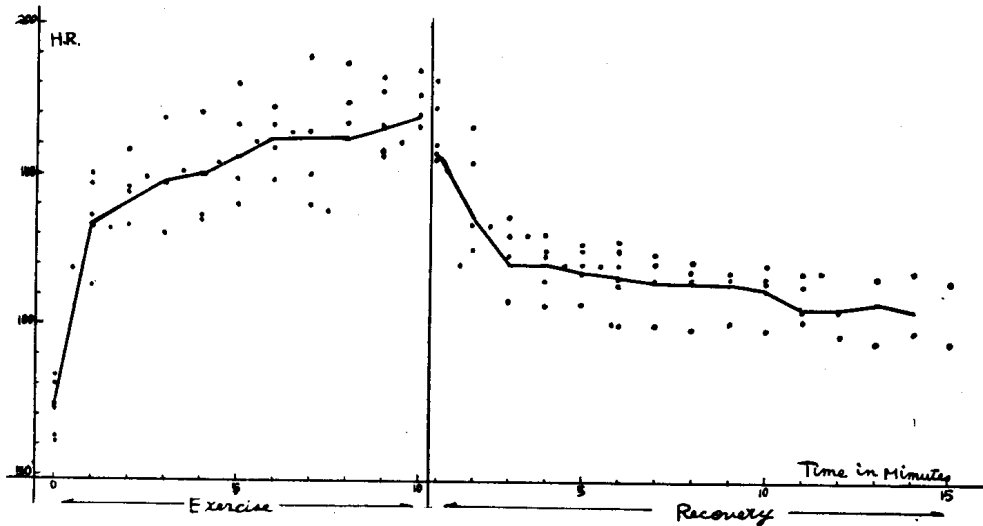
(R-R), (QRS), (T) について調査

〔結果〕

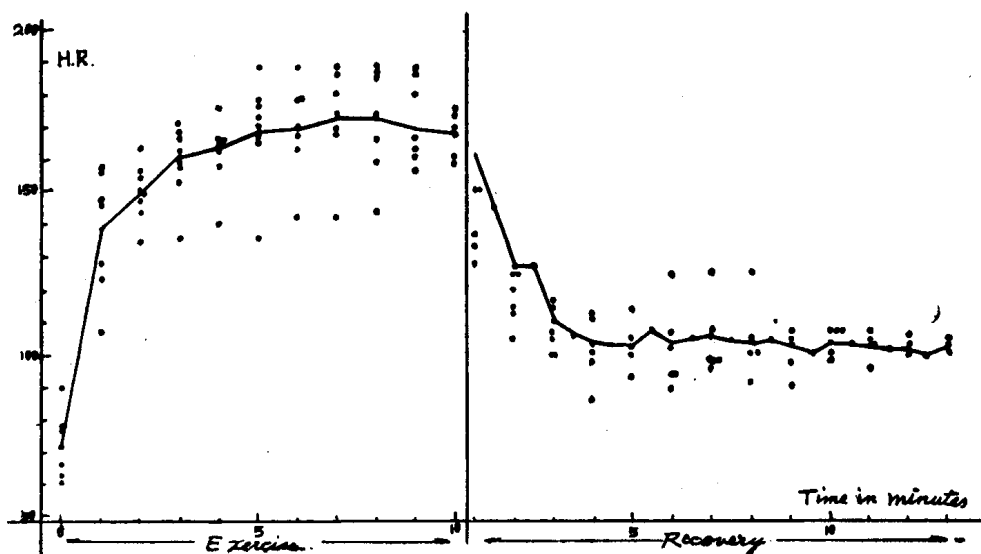
(R-R) 心拍数

- ① 心拍数 Steady の状態に入るには (A テスト) で開始後 6 分, (B テスト) では 3 分内外であった。
- ② Steady に入ったと思われる点時の心拍数は (A テスト) で 172/分 (B テスト) で 167/分であった。
- ③ (A テスト) では, Steady の時期は, 判然としない。特に 2 分以後階段的に少しずつ増加の様相が見られた。

第 1 図 心拍数変動値の平均と分散 (A テスト)



第 2 図 心拍数変動値の平均と分散 (B テスト)



- ④ 分散については、(A テスト)、(B テスト) と同じような傾向を示している。
- ⑤ 前の表は負荷開始後 10 分間、負荷中止後、回復過程の 15 分間の平均記録である。「へばり」の時点の個人差から、各々の「へばり」の点即ち負荷中止の点で整理をしたものである。

[考 察]

- ① (A テスト) の Steady Steate の不明確さに比して (B テスト) のそれが明瞭なのは、負荷量が (B テスト) の場合が、より中等度のものであったと思われる。
- ② 個人差はあるが、主観的オールアウトをうったえた時期の心拍数は、Steady に入った時期に近い値にまでもどっている。これは Second Window を経て Steady 状態になっている間でも、その増加率は小さいが、少しずつ増加の方向に向かう。主観的オールアウトで最盛期のそれよりも下降した点で訴えの出るのは、疲労の重なりから来る自然のブレーキが働くからだと思われる。
- ③ 主観的オールアウトのあと、メトロノームをとめて自己の持つ最大限のペースで負荷を続けさせ、平均 5 分ほどの負荷を続けさせたが、その時期になると、オールアウト以前の心拍数に比較してはるかに小さな値になっている。追加負荷時間はこれも個人差が大きく、2~3 分で完全に参ってしまう者もいた。これを客観的オールアウトと見て負荷を中止させた。
- ④ 回復過程では、(A テスト)、(B テスト) とともに 3 分ほどでほとんど全員安静時に近い値にもどっている。これは被検者の全員が体育学部学生であり、オールアウトにまで追いこんでも、3 分以内という短時間で復元するという鍛練性を示すものと思われる。非鍛練者群との比較は次の調査にまつことにしたい。

[結 果]

QRS 変化について

- ① (A テスト), (B テスト) とともに個人差が大きく, ほとんど有意性は無いように思われる。
- ② ただ負荷中と回復期では, 2, 3 の例外を除いては, 前者が小さく, 後者に高い値を認めた。
- ③ 特に負荷量の大きい (B テスト) では, それが顕著であり, 負荷量との間に何らかの関係があるかのように思われた。しかし, 2 名の者は, その全く逆の結果を示している。

〔考 察〕

- ① QRS については, 単に棘高だけで判断することは危険であり, T 波又は, QRS 時間はどの相関についても検討が必要だと思う。負荷中の心電図変化について, 心拍数以外の多くの棘波の研究は, 今後に残された大きな課題だと思う。

〔結 果〕

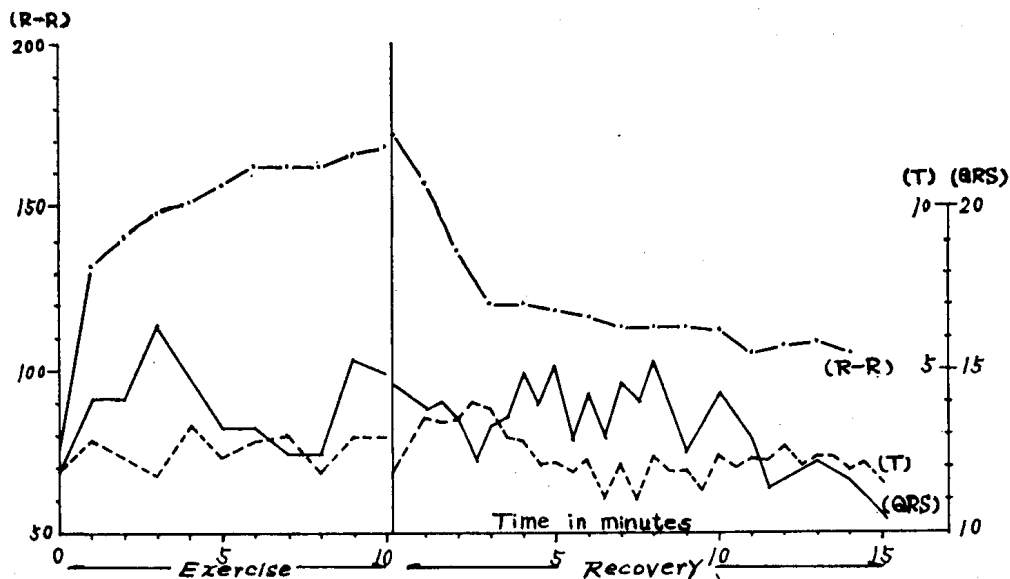
T 変化について

- ① (A テスト) については, 負荷開始から 8 分までの間では, 著明な変化は無い。
- ② 10 分から 15 分頃までには, 安静時の値の 1.5 倍くらいになり, 15 分以降, 主観的オールアウト近辺では, 0.5 倍の値で徐々に下降線をたどっている。
- ③ 負荷中止後 5~6 分で安静値にもどる。
- ④ 負荷量に比例して増加をみるが, 中止後は, 5~6 分ほどで安静値以下になり, 10 分後によく安静値にもどって来る。

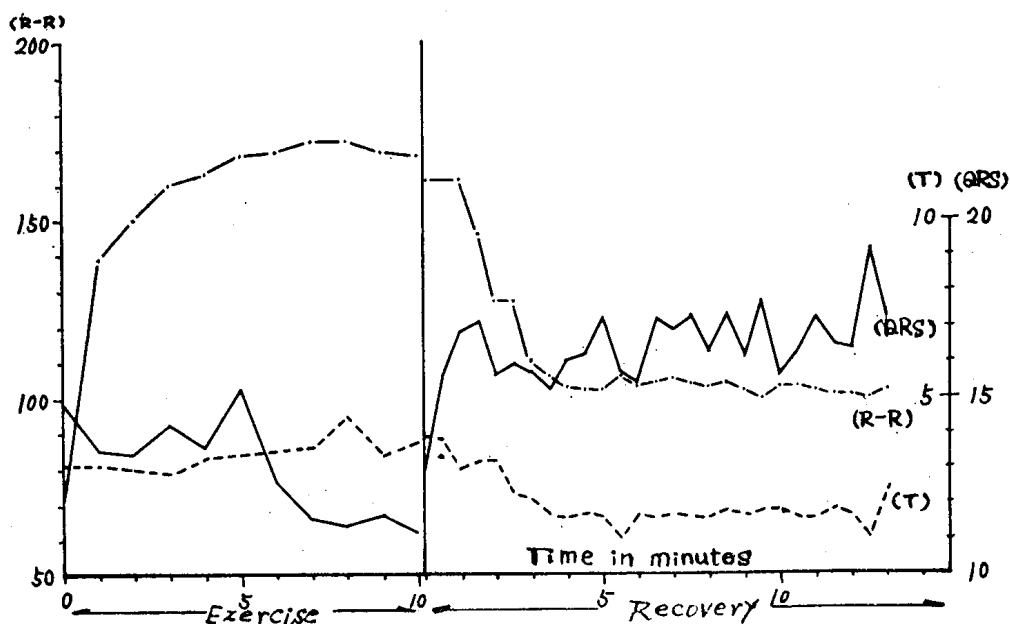
〔考 察〕

(A テスト) では個人差が大きく, 傾向を求めることは出来なかった。しかし, (B テスト) では, T 波の負荷に対する傾向を求めることが出来た。特に負荷量に対する影響を敏感に示していると思われる。QRS などの他の棘波の変化と比較すれば, 面白い結論が出るように思われた。

第3図 心電図 $\begin{pmatrix} R-R \\ Q.R.S \\ T \end{pmatrix}$ の変動値 (平均) (Aテスト)



第4図 心電図 $\begin{pmatrix} R-R \\ Q.R.S \\ T \end{pmatrix}$ の変動値 (平均) (Bテスト)



〔Ⅱ〕 呼吸機能測定について

テストの方法

- { Aテスト (循環機能測定に準じて実施)
- { Bテスト (" ")

被検者

{ Aテスト 5名
Bテスト 7名

測定事項

{ 毎分呼気量, 毎分呼吸数, 毎回換気量
炭酸ガス排泄量, 酸素摂取量

(参考) 毎分換気量 = 毎回換気量 × 1 分間の呼吸数

[結果]

毎分呼気量

- ① (Aテスト) の場合は, 負荷開始後早い者で3~4分で Steady に近い状態に入り, 8~13分で全員が Steady になる。
(Bテスト) の場合は, 全員2~3分で Steady に入るようだ。
- ② 最大呼気量は, 個人差が大きく, (Aテスト) についてみると, 負荷途中で1名, 負荷後半で3名, 主観点で2名, 回復期に1名とまちまちであった。しかし (Bテスト) になると, ほとんど全員が主観点で最大値または, それに近い値を示した。
- ③ 回復過程では, 2~3分で80~90%の回復をみせその後徐々に回復している。
- ④ テスト毎の最大呼気量と, 各時点での呼気量では次のような結果が得られた。

個人別 負荷前の呼気量と, 最大呼気量との比率 (倍率)

	S.S.	S.T.	S.H.	T.H.	I.S.	O.Y.	K.R.	S.H.	\bar{x}
Aテスト	7.0	5.5	7.6	4.7	7.8	3.4	3.5	2.6	6.4
Bテスト	8.0	8.0	8.7	5.1	3.4	7.5	4.1	6.8	5.5

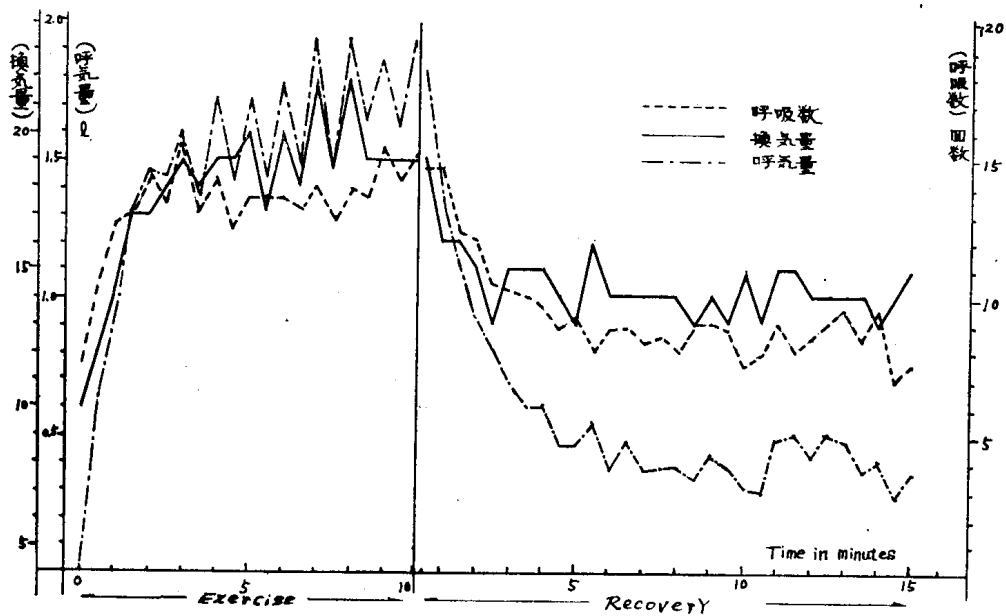
個人別 負荷中止後3分での回復率 (%)

Aテスト	79	77	84	41	78	92	66	9	—
Bテスト	84	62	70	58	84	36	86	72	—

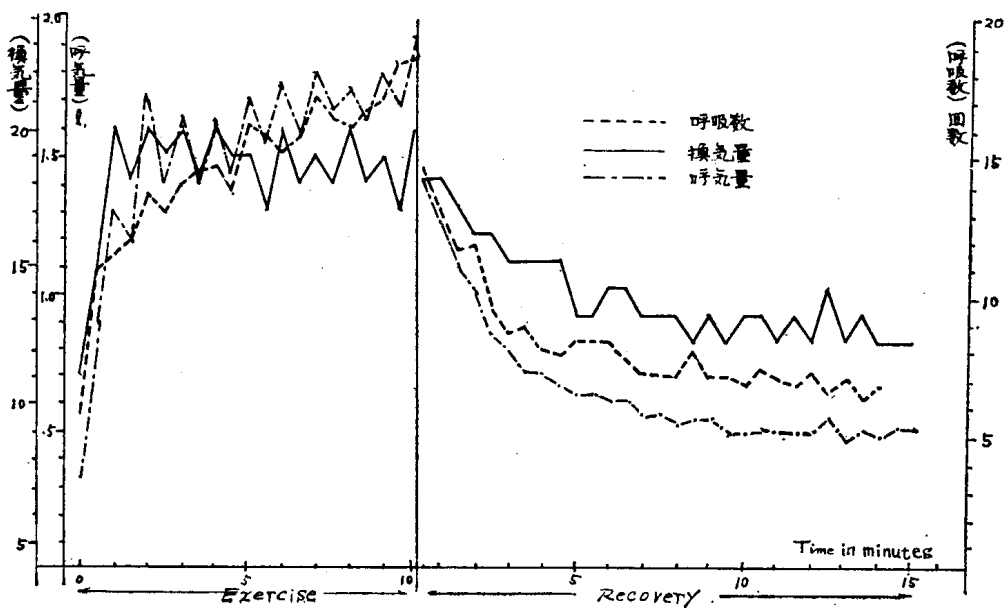
[考 察]

- ① 前記心拍数に比較して運動負荷に対して比較的早い時機 (開始後 2~3 分) に適応現象を示している。B テストの場合は, 2 人の例外者を除いては全員が Steady 状態を的確に示している。こうした点から考えるに, 持久力測定の負荷量決定の際の大きな手がかりになるように思われる。今後トレッドミルなどを利用する場合良い結果をもたらすと思われる。

第 5 図 呼吸数, 呼気量, 換気量の関係 (A テスト) 平均値



第 6 図 呼吸数, 呼気量, 換気量の関係 (B テスト) 平均値



- ② 主観的オールアウトと客観的オールアウトの時点での比較では、前者が大きな値を示す。結局この時機では、効率の悪い浅い呼吸をくりかえしているように思われる。

〔結果〕

呼吸数について

- ① 負荷開始後 30 秒ほどでほとんど全員急上昇し、多少の変動はあるが、負荷中はかなり安定した状態を保つ。
- ② 事前呼吸数と、最大呼吸数との間にはそれほど大きな比率を持たない。
- ③ 主観的オールアウト近くで全員最大値を示す。
- ④ 回復過程では、呼気量変化と同傾向を示す。
- ⑤ (B テスト) で特に顕著に現われるのは 2~3 分で、ほとんど全員 Steady 状態を示す。また回復期においては、負荷中止 10 分ほどで安静値になり、更に数分間は、マイナスの値を示す。これは (A テスト) では認められなかった現象である。

〔考察〕

- ① 呼気量に比較してその増加率の小さいのは、呼吸筋の活動には限度があり、必要に応じてそれ以上多くすることの出来ないという生理的な制限から来るものと思われる。しかし、一方こんな考察も出来る。即ち、負荷後しばらくの間は割合深い呼吸を続け、ある点まで達すると、その運動量に対して被検者に応じた最も効率の良い呼吸を続け、多少の負債は負荷終了後に残すという考え方である。
- ② 回復率の個人差には、現在の被検者個人個人のトレーニング状態に大きく左右されると思う。

例えば、中長距離トレーニングをしている被検者は負荷中止後 1 分以内に 60~70% の回復をするのに対し、3 分過っても 50% しか回復しない者も 2 名いた。この 2 名はトレーニング形式から考えると、N.T. (柔道), S.T. (体操) などの持久力トレーニング形式をとらな

い部の学生であった。

負荷前と直後の呼吸数増加率 (倍率) (Aテスト)

S. S.	S. T.	S. H.	T. H.	I. S.	N. T.	K. K.	D. K.	\bar{x}
2.8	3.1	2.5	1.9	4.0	3.0	2.7	2.2	2.3

負荷前と負荷後3分での回復率 (%) (Bテスト)

S. S.	S. T.	S. H.	T. H.	I. S.	N. T.	K. K.	D. K.	—
100	50	83	80	85	50	69	100	—

毎回換気量

- ① 呼吸数, 呼気量の両結果から, 呼吸の深さをさぐる為に換気量を求めてみた, その結果呼吸数, 呼気量などの単独調査では不明な点を得られた, 例えば I. S. の場合, 負荷を支えることにより, 換気量が安静時より小さな値を示し, 中止後逆に上昇するという例外の結果が求められた。
- ② 両テスト共に最高値を示すのは, 負荷の中盤あたりであり, 多少の変動はあるが, 大体2分頃から定常値になる。
- ③ 負荷中止後は, ほとんど5分以内で安静時の値にもどる。(例外2名)
- ④ Bテストは, 定常状態も回復相も, Aテストに比して明らかであるが, 前記 I. S. は例外であった。
- ⑤ 次に個人別安静時換気量と最大換気量との比率, 及び負荷中止3分点での回復率を示そう。

毎回換気量との率 (安静:最大)

	S. S.	S. T.	S. H.	T. H.	I. S.	N. T.	K. K.	D. K.
Aテスト	5.0	5.0	4.0	3.4	3.2	—	—	—
Bテスト	4.0	4.0	4.8	3.2	?	4.4	2.4	4.4

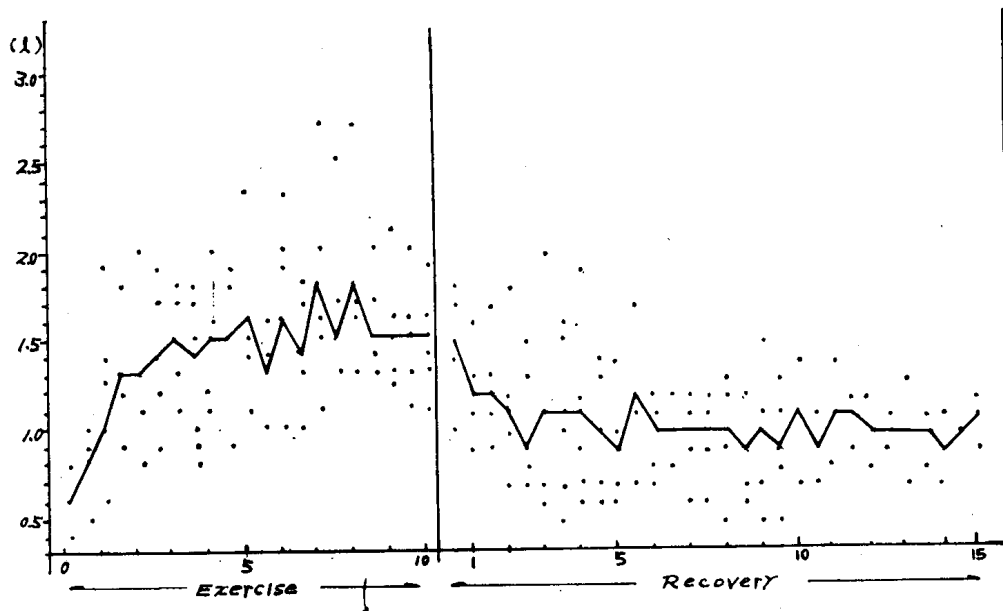
負荷中止3分点での毎回換気量回復率 (%)

Aテスト	60	81	78	11	62	—	—	—
Bテスト	54	50	33	29	—	33	100	59

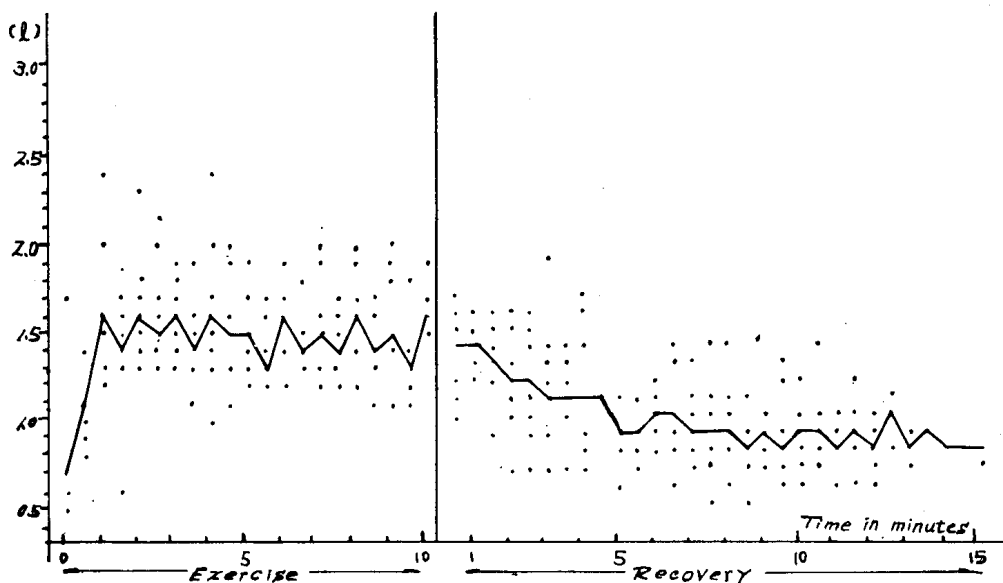
回復率は全員 B テストの方が悪い結果を示す。これは運動負荷強度に対する関連。即ち、負債を負荷後に残すためだと思われる。こうした考えに立つならば、負荷量の異なるテストを与え、換気量による様相変化を調べれば現在点での個人別のトレーニング量、又は強度の限界点を調べる一つの手がかりになると思われる。呼吸量、呼吸数の単独調査では、明らかでない呼息効率の調査の可能性を持っている。

- ⑥ 次に換気量の平均値とその分散について、各テスト毎にまとめてみよう。

第7図 平均値と分散 (Aテスト)



第8図 平均値と分散 (Bテスト)



〔考 察〕

- ① 呼気量, 呼吸数と平行して換気量を求め, 毎回換気量の変化相を用いて, 個人別の運動に対する最適呼吸, 運動適応の調査をする方が有利である。
- ② 呼吸数と換気量には逆の相関がある。即ち, 運動の為に呼吸数は増加するが, 換気量は段々小さくなる。負荷量の増加につれて, その現象はよく現われる。即ち, 浅い呼吸になり呼吸の効率は悪くなる。
- ③ 平均値の分散が大きい点については, 呼気量, 呼吸数の測定の誤差が大きな要因だと思われる。この点での改良が無いと結果の云々は言えないように思われる。
- ④ 回復率については, 負荷に対する適応性を調べる指標となると思われる。
- ⑤ 主観的オールアウト付近では, 換気量が小さくなり呼吸効率の悪さを示す。その為に不規則な深い呼吸でこれを補うようにしている。
- ⑥ 以上の点について呼吸機能測定全般についていえる点は, 運動時の呼吸機能測定に用いる。マスク, 蛇管, ガスメーターなどの改良が大きくクローズアップされると思う。

マスクについては, 負荷量が大きくなると, 一般に市販されているようなマスクでは, 用をなさなくなり, 不必要な抵抗を生むと思われる。また蛇管についても同様であり, 特製のそれを用いないと出来ないように感じた。

ガスメーターについては, 大きな問題を残した。呼気量測定について出来るだけ精密な結果を求めれば, 細かい変化値が必要になる。その為にガスメーターに直結することが最も良いのだが, その際, メーターの構造その他の関係から, 不必要な呼圧を要求する結果になる。今回のテストでもその点を出来るだけ改良したいと思い, 湿式ガスメーターではタンク内の羽車の回転を動力を使ってコンスタントに回し, その間に呼気を注入し変化値から換算する方法を採用してみたが, 結果的には失敗した。その為に乾式メーターで行ない報告の結果

を得たのであるが、誤差が大きく、意とした結果は得られなかった。
 トレッドミル利用の際でも、この点の十分な改良が無いと良い結果は出ないように思う。

〔Ⅲ〕 疲労度の測定について

テストの方法

{ Aテスト (前記方法に準ずる)
 { B
 テスト (")

被検者

{ Aテスト 5名
 { Bテスト 7名

測定種目

{ 握力測定 握力計 (スメッドレー式)
 { 脚力測定 サージェントジャンプ台
 { 唾液の P. H. 測定 P. H. 試験紙

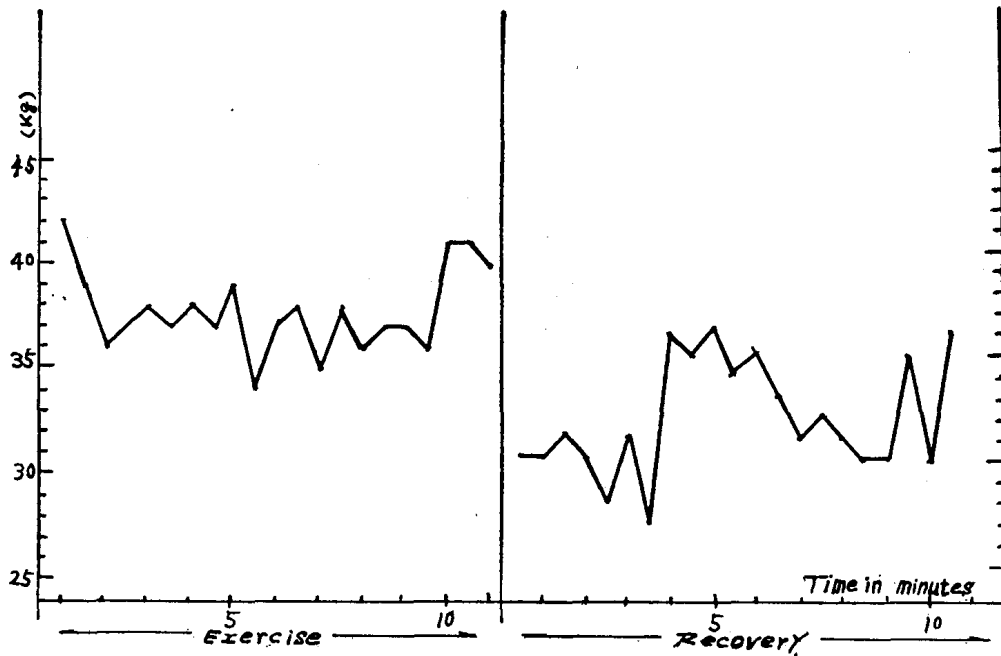
但し、脚力、唾液の測定については、Bテストのみについて実施した、これは心電、呼吸の測定と同時に実施出来なかったため、別の機会に単独実施をした。この際測定の為に一時的に(約2~5秒)ステップ台から離れるために実動負荷時間との誤差が生ずるので、その点注意深く補正をした。

運動の負荷に対する疲労現象の発現は前記循環、呼吸機能などとは異なり、負荷量にともなって現われるものではなく、時間的なおくれが入った後に現われる。その為に前記各機能と同時点での調査は困難であるが、負荷量に対する生体変動の指標として疲労を欠かすことが出来ないため、比較的早い時期に現われる筋疲労と、その逆の唾液をとりあげて調査することにした。

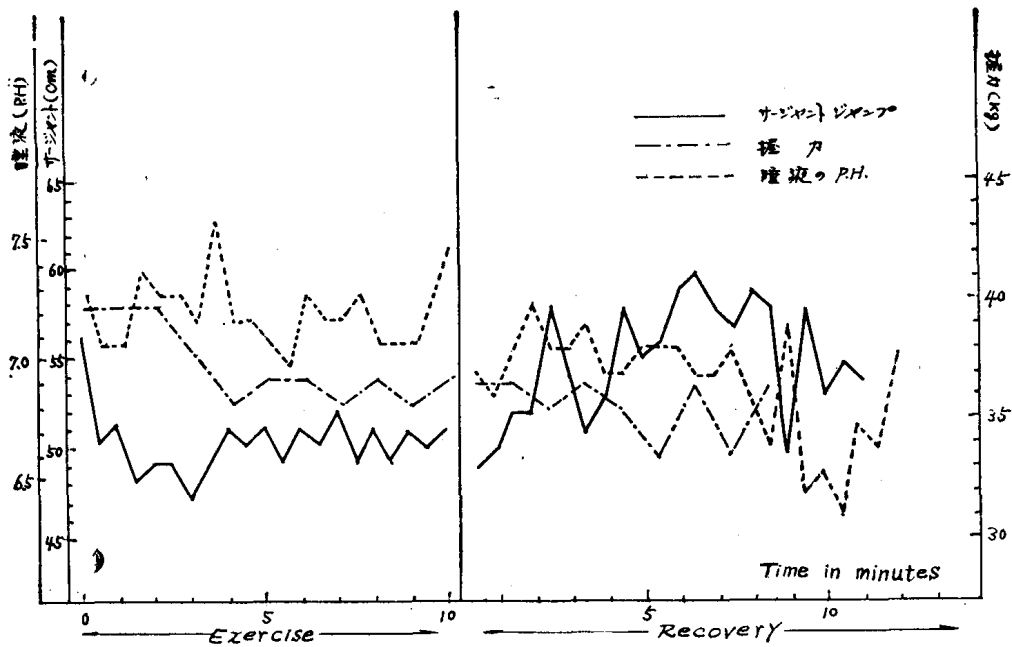
筋疲労については、主動筋、不使用筋の間の相関を同時に調べ、疲労の持つ有機性の調査の一端とした。しかしサージェントジャンプを脚筋設定することには相当の無理があり、結果的には、総合的な疲労現象の調査になったようだ。

次に各項目について負荷中の変動結果を平均値で整理してみよう。

第9図 握力の変化 (Aテスト)



第10図 握力, 脚力, 唾液の変化 (Bテスト)



個人別, 握力変動 (Bテスト)

	負荷前		負荷後 3分	差	最大値		最小値		差	オールアウト時		安静時との差
	24	25'	29	+5	27	12'30"	18	10'30"	-9	24	9'	0
S. H.	44	35'	42	-2	46	1'30"	38	5'30"	-8	43	12'	-1
T. H.	46	30'	50	+4	52	2'30"	35	14'	-17	41	5'	-5
N. T.	52	35'	53	+1	55	6'30"	41	2'	-14	47	10'	-5
I. S.	39	35'	41	+2	44	6'30"	29	18'	-15	35	13'	-4
O. R.	36	35'	35	-1	47	3'30"	28	13'	-19	27	13'	-9
K. K.	38	35'	40	+2	46	12'30"	26	5'30"	-20	46	12'30"	-8

〔結果〕

- ① 安静時の握力に比して, 負荷後 (25~30分) の値が大きい (1~5kg)
これは疲労によってある程度減少した握力が, 適当な休息によって回復することを示している。これは筋肉のオームアップの効果に近い負荷であることを示している。
- ② 個々の最大握力と, 最小握力との比較は, 個人差が大きく, どの時点でそれが現われるかの結論は出ないが, 9~20kg の変動を示す。しかし2~3の例外を除けば, 最大値は主観的オールアウト以前にある。
- ③ 逆に最小値は, 負荷後10~18分頃に多く集まっている。これは他の測定結果などから総合して考えると, 主観的オールアウトの点に一致するように思われる。
- ④ 主観点と思われる付近でほとんど全員が握力低下を示す。(-1~-9)
- ⑤ Aテストの結果は, Bテストに比して上記各点は, 明瞭ではなかった。

〔考察〕

- ① 今回の握力測定の主たる目的は, 主動筋の脚と, 不使用筋の握力との間に疲労現象がどのような影響を与えるかについてであったが, 測定の項目決定に無理な点があったように思われる。故に結果は必ずしも

良好では無かった。その原因について考えるに、

- (イ) 筋の持久力の測定にしては、負荷が小さすぎたようだ。その為握力にまでその影響の出るまでに至らなかった。
 - (ロ) 握力の疲労判定の為に握力計そのものを用いたが、短時間のくり返し計測の為に握力に測定疲労が現われ、第一義的の目的に合わない結果を得た。(上記の影響をネグレクトする為に測定時間間隔を長くした同一被検者の結果と異なっていた。)
- ② 脚力との関係を調べるのならば、こうした条件下でなく、別な方法で(例えば、筋電図、又はエルゴグラフ)などで測定すべきだ。
 - ③ 以上のような結果から、測定間隔をもっと大ざっぱにして、負荷前、オールアウト時、回復時点というようにとれば十分だと思う。
 - ④ 参考までに (A テスト) の結果を整理しよう。

	負荷前	負荷後 30分	差	最大値	最小値	差	オール アウト時	差		
K. S.	38	23	+5	27	5'30"	16	6'30"	9	22	-6
Y. Y.	33	30	+3	39	3'30"	24	17'00"	15	30	-3
S. R.	39	41	-2	44	30"	26	6'00"	18	26	-13
S. H.	29	27	+2	32	9'30"	23	28'30"	9	26	-3
S. T.	50	46	+4	47	7'30"	42	12'00"	5	46	-4
T. H.	54	51	+3	53	5'30"	40	1'00"	13	47	-7
I. S.	39	38	+1	48	4'00"	31	33'30"	12	42	+13

(A) 脚力測定について

テストの方法

B テストのみ実施 (単独で実施)

被検者

B テスト実施の中の 5 名を選んで

測定法

負荷時間の間に適当な間隔にサージャントジャンプ台を使って

測定する。

〔結果〕

- ① 負荷3分頃から、記録が悪くなり、しばらく横ばいをみせて、主観的オールアウト時までこの状態は続く。
- ② 最低値は、主観点の直前2~3分頃であり、その変化は急激である。
- ③ 負荷中止後は完全休息(座位)をとらせるので、30秒~2分での筋疲労の回復がみられ、それ以後は、安静時をうわまわる値を全員が出している。
- ④ 次に5名の被検者の結果をまとめてみよう。

	負荷前	最低値		最高値		主観的オールアウト	
I. S.	60.0	56.0	10'30"	63.0	5'00"	57.0	13'00"
D. K.	59.5	47.0	12'00"	63.0	14'30"	54.0	12'30"
T. H.	58.0	30.0	3'00"	59.0	9'30"	30.0	3'00"
K. T.	55.0	43.0	5'30"	63.0	13'30"	46.0	6'00"
S. T.	48.0	34.0	7'30"	51.0	13'30"	37.0	11'00"

〔考察〕

- ① 脚力の疲労度測定に瞬発力測定のスージェントジャンプを採用してみたが、持久力の途中経過をさぐるには、多少無理があるようだ。即ち、スージェントジャンプの測定の要素と、今回の脚力の疲労相を得んための要素には、他の条件、例えば、腹筋、背筋などが混入するためにプロパーな現象を得ることは不可能のように思われた。脚力のみでの測定をするならば他の方法の考案の必要を感じた。
- ② しかし、疲労現象を全身疲労の面から観察せんとする目的ならば、決して悪い方法では無いと思う。例えば、今回の調査目標の第2に上げられる。被検者の「へばり」についての観察では、十分な資料が得られたと思う。
- ③ 即ち、主観的オールアウト点での疲労状態を各機能別に観察してみる

に、呼吸、循環などの変化より相当以前に脚筋力のいちじるしい低下を見る。これは本人の「へばり」についての訴えが脚筋力の「へばり」に平行している点からもいえることだ。

- ④ 握力との相関は、ほとんど無いようだ。
- ⑤ 前記握力の場合と同様に相当の負荷に対しても（仮に「へばり」まで追いこまれても）ある程度の休息時間を与えると、大きな筋力を出しうる。被検者の大部分が休息後に最大値を出した点からも、オーミングアップの効果に通ずる現象を示していると考えられる。

(B) 唾液の P. H. 測定について

テストの方法

B テストのみ実施 (脚力テストと同様単独で)

被検者

B テスト実施中の 5 名について

測定法

試験紙の比色法によって、負荷中の一定時間内で適当な間隔 (1 分毎) に直接、口中に入れて調べてみた。

〔結果〕

- ① 被検者の負荷前の値に対する変動値を表にすると次のようになった。

個人別, P. H. 値変動表 (負の値) ※負荷中止点

	負荷前	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
D. K.	6.8				0.2	0.2	※ 0.2	0.2	0.3	0.3	0.2	0.3		
K. T.	7.4		0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.6	0.4	0.6	0.4	0.4	0.6	※ 0.8
S. T.	7.0	0.2		0.4	0.6	0.4	0.6	0.8	0.8	0.4	0.4	0.4	※ 0.4	0.4
T. H.	7.4			※ 0.2	0.4	0.6	0.4	0.4	0.4	0.6	0.4	0.4	0.4	0.4
I. S.	7.6			0.2	0.4	0.4	0.2	0.2	0.2	0.4	0.4	※ 0.4		

14	15	20	25	30	60
0.6	0.2	0.2	0.6	0.6	
0.6	0.6	0.8	0.8	0.4	
0.4	0.8	(+0.2)	(+0.4)		
0.2	0.2	0.4	0.4	0.4	0.2

時点別変化値 (個人別)

	・ 負荷前	主観的オー ルアウト	差	最高値	差	最低値	差	最高 最低 の差
D. K.	6.8	6.6	-0.2	7.0	+0.2	6.4	-0.4	0.6
K. T.	7.4	6.6	-0.8	7.4	0	6.6	-0.8	0.8
S. T.	7.0	6.6	-0.4	7.0	0	6.2	-0.8	0.8
K. H.	7.4	7.2	-0.2	7.8	+0.4	6.6	-0.8	1.2
I. S.	7.6	7.2	-0.4	7.6	0	7.0	-0.6	0.6

- ② 負荷を中止させることなく、P.H. を求めようとした為にどうしても試験紙法でしか行ないえなかった。その為に測定誤差が入ったような結果が出た。
- ③ しかし、大ざっぱに見て、主観点で全員事前のP.H. 値より低い値を示した。
- ④ 回復の様相には個人差があるが、1時間経過した後でも、ほとんどの者が事前の値にまでもどっていない。

〔考 察〕

- ① P.H. の測定法として、運動継続という条件を考慮に入れた為に最も簡便な試験紙法を採用した。その結果として、誤差が割に大きく信頼度に欠けるきらいがある。

- ② 唾液の P. H. 値変動は、時間的推移調査としてはその間隔が短か過ぎたように思われる。もっと大巾に出来るだけ信頼度の高い方法で調査すべきだと思う。
- ③ 特に疲労現象の為の調査であれば、回復過程にもっと重点を置いて調べるべきだと思う。また得られた結果も、唾液単独でなく、尿、血液などの同種の医化学検査の平行実施の要を感じた。特に今後トレッドミルを利用する際には、より正確な結果を得る為にも室内という好条件下におかれるので、当然そうすべきだと思う。
- ④ オールアウトを訴えて負荷を中止させてしばらくすると、徐々に P. H は酸性に移行していく。これは、スポーツ疲労の特徴であり、他の機能が比較的早い時機に疲労現象、又はそれを感じさせる傾向の現われるのに対し、血液の化学的変化は、多少ズレて現われる為だと思う。故に疲労面だけの研究をするのならば、負荷後にもっとスタティックな状態になってから精密に行なうべきだと思う。
- ⑤ 脚力、握力、などの疲労現象の時間的合点は無く、推移相についてもはっきりした相関は認められなかった。

む す び (総合考察)

(A) 持久力測定にトレッドミルを利用する際の留意点

- ① トレッドミルの利用に際しては、どの程度の運動負荷をどのくらいの時間かけるべきかについて、測定の目的に従って種々な問題を含んでくる。特に持久力測定については、不必要な負荷量を避けるべく、限定されなければならない。

この問題について日本でも多くの論があり、確定的な説は認められないが、東大体育生理研究室での報告では、持久力測定の際には速度 $266/\text{min}$ 傾斜 8.6% で 5 分以内の負荷時間で十分に結果が得られるとしている。その報告の中にも負荷規準を決定した根拠については触れてないので不明だが、Reindell, Cureton などの報告が大体この規準

で行なっている為に、結果の比較の安易さから採用しているのかも知れない。われわれの今回の予備実験で得た結果からも、持久力測定をするのならば、それがオールアウトという特殊な状態の調査以外ならば、いたずらに長時間測定しても無意味であり、出来るだけ早い機会に Steady Steate の状態に追いこんで、その現象の観察を行ない、観察の重点を回復過程により比重をかけた方が良いように思われた。

もちろん新しく設置されるトレッドミルの性能及びそれに伴う種々の測定条件によって、多少の差異があるので、試動と同時に、負荷強度を十分に調査する必要がある。

- ② 呼吸機能、循環機能の測定では大体類似の傾向を示した。特にテスト B の場合、定常状態になる時点の一致または、回復過程の様相など同じような結果が得られた。

しかし、脚筋力、握力、唾液の P.H. などの測定には多くの疑問点を残している。即ち、種目選択での妥当性、信頼性、有意性などを十分に検討をする必要を感じた。

- ③ 循環機能の測定の為に心電図法を採用したが、テレメーターリングによる方法と、特殊なリード線での有線誘導法を平行して行なった。

その結果としては、テレメーターリングの場合 R-R 測定以外は十分な信頼をおくことの出来ない結果であった。しかし、有線誘導の場合は運動負荷中にこそ難点はあるが、全般的に他の棘波をある程度記録することが出来た。特に回復過程では比較的安定した結果を得ることが出来た。

また、負荷方法が、階段昇降という比較的上下動の多い方法であった為に、皮膚面での極の安定性が悪く、どうしても多くの雑音を記録してしまう。この原因については、2通り考えられるが、1つは極の問題であり、他は接着剤(ペースト)についてであると思う。テレメーターの際の極には、Dotite の極を、有線の際には、白金円板を使って行なったが、Dotite の場合は許される範囲での接着面の大きい極の方が良い結果が得られるように思われる。

- 極の形状としては、平板、円板、吸盤など種々変化させて行なったが、後で記すペーストの問題などから考えても、接着面の大きな極の方が良いように思われた。

有線の場合の極は白金円板 (直径 12mm) を使ってコロジオンで固定してみたが、誘導方法が異なるため、比較は出来ないが、割に良い結果が得られたように思われる。特に円板の上面を和紙で押えその上から更にコロジオン、バンソウコウで固定させた場合良好な結果が出た。上下動の少ないトレッドミルの場合、白金板を使っての有線誘導で十分記録出来る自信を得た。

- 次にペーストについてであるが、臨床用の E. K. G. ペーストは、この場合ほとんど使用不可能であり、発汗による吸収性を加えた接着剤を考えなければならなかった。われわれの使用した接着剤はこうした点を考慮に入れて、市販の糊に塩化ナトリウムを加え、糊の乾燥性を逆に利用してみた。塩化ナトリウムの量について種々率を変化させて調査してみたが、結局のところ飽和状態にまで加えれば良いことがわかった。

こうした接着剤と和紙の吸収性を 2 段階で応用した有線の白金極が現在までのところ最も良い結果が出ている。

- その他、極に白金網を使ったり、鍼を使ったりしてみたが、両方共激動には耐えられないという結果が出た。
 - 誘導部位については、テレメーターの際は心尖と心底での胸部双極誘導、有線では、 $V_2 V_4$ の 2 チャンネル記録を行なった。
- ④ 呼吸機能測定については、ダグラスバッグを省略して、直接ガスマーターに連結する方法を作り上げるべく研究してみたが、結果は、失敗したように思われる。

決定した測定項目が、呼気量、呼吸数、換気量という点から、ガスマーターの針の動きを読むことにより総てを解決せんとしたが、ガスマーターの構造及びそれに付け加えたアダプター (考案) の不備のため、結果的には被検者に不必要な呼気圧を要求する難点の解決にはな

らなかった。その結果途中からダグラスバッグを4個用意して、1分間隔での採気に切り換えて実施した。

トレッドミル利用の際でもこの失敗を十分に考慮に入れて計画を立てる必要を感じた。失敗の原因を検討すると、第1に直結することにより、湿式ガスメーターでは回転翼に対する機械的な力、特に回転初期に大きくかかる点と液内での呼気体積の変化を読みとる為の時間的ズレなどで大きな障害にぶつかった。次に直接ガスメーターに継ぐ際の蛇管の太さが細過ぎた点である。安静時の呼気量に対し、負荷中、負荷後ではその体積がいちじるしく異なる。その為に十分に計算した上で用意した太さであったが、その太さでも不足を感じた。同様な事がガスマスクでもいえる。こうした容量の不足が被検者に不必要な呼気圧を要求し、実験結果の信頼度を低くしたように思われる。

トレッドミル利用の際には、ダグラスバッグ法で十分に太い蛇管と、大きいガスマスクの必要である事を知った。特に持久力の測定となれば一層の配慮が必要である。

- ⑤ 筋力測定の方法としては、握力、サージャントジャンプを採用したが、握力測定については、測定回数が多過ぎた為に不必要な測定疲労が加わったようだ。この点を取り除く為に最低限の回数をあらかじめ予備実験で探り、この種の要因をネグレクトしておく必要を感じた。

また、脚力の疲労を観るべく、サージャントジャンプを行なったが、これは前にも述べたように種目選定の妥当性に欠けていたように思う。

疲労判定の為の筋力測定をする場合、もっとスタテックな方法で測定して、出来るだけ不要な要素の混入しないようにしなければならない。筋肉のように比較的そうした面での現象の起こりやすい測定には、方法なり回数なりの厳密な事前試行が必要である。

- ⑥ 唾液の P. H. 測定に今回は試験紙法を採用したが、比色の点で疑問が残った。即ち、試験紙法の場合測定の中が比較的大ざっぱであり、比色表での判定では、誤差の出るおそれがある。P. H. の変動の小さい今

回のテストのような場合もっと信頼度の高い測定法でないと無理なような気がした。

また、変動の時間的推移巾についても筋力の場合と同じように測定回数を減じもっと大巾な時間での変化値で良いように思う。

また、前にも述べたように疲労度の判定の為の検査であるならば、尿、血液などの変化と平行してその裏付けをしないと単独での判断では、信頼性に欠けるように思われる。

- ⑦ データの集計の方法については、今回は被検者の数も少なくその必要も無かったが、今後トレッドミルの利用によつての数多くの集計をする場合、循環、呼吸の各測定結果について次のような方法で整理した方が良いと思われる。

例えば、心拍数の場合、心拍数増加率、心拍数回復率などの集計をする方が効果的だと思う。増加率についての例を上げれば、

$$\cdot \text{心拍数増加率} = \frac{(\text{運動中の心拍数}) - (\text{安静時心拍数})}{(\text{安静時心拍数})} \times 100$$

また、運動中の最高心拍数を 100% として安静時のそれを 0% として運動中の各時点の心拍数を百分率で現わしても良い。

$$\cdot \text{心拍数増加率} = \frac{(\text{運動中の心拍数}) - (\text{安静時心拍数})}{(\text{運動中の最高心拍数}) - (\text{安静時心拍数})} \times 100$$

回復率ならば、

$$\cdot \text{心拍数回復率} = \frac{(\text{運動終了時心拍数}) - (\text{運動後の心拍数})}{(\text{運動終了時の心拍数}) - (\text{安静時の心拍数})} \times 100$$

同様なことが、呼吸機能測定の場合にもいえる。呼気量、呼吸数から換気量の算出、又はガス分析による酸素摂取量、炭酸ガス排出量から呼吸当量、呼吸の効率などについても求められるようにすべきだと思う。

$$\cdot \text{呼吸当量} = \frac{\text{毎分呼吸量} (\ell)}{\text{毎分酸素摂取量} (\text{cc})} \times 100$$

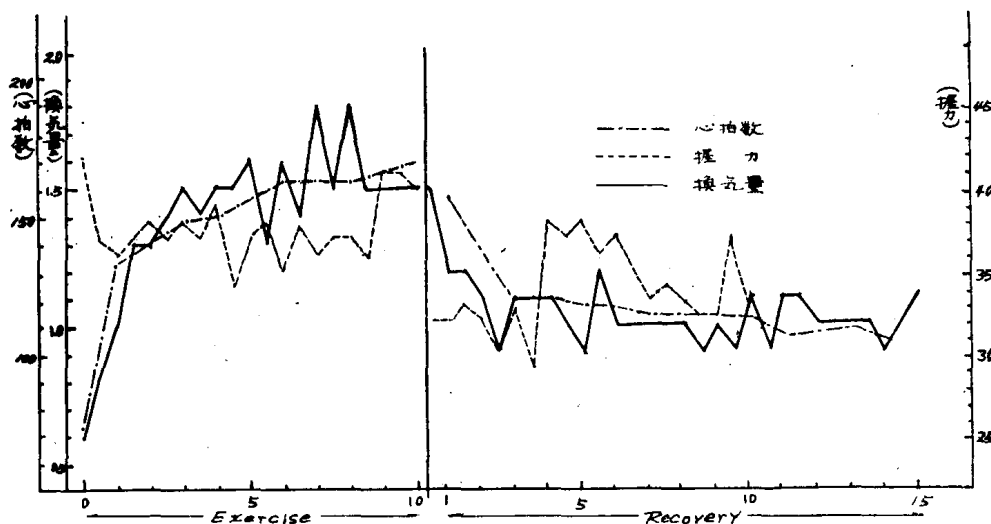
$$\cdot \text{呼吸の効率} = \frac{\text{毎分酸素摂取量} (\text{cc})}{\text{毎分呼吸量} (\ell)}$$

(B) 「へばり」について

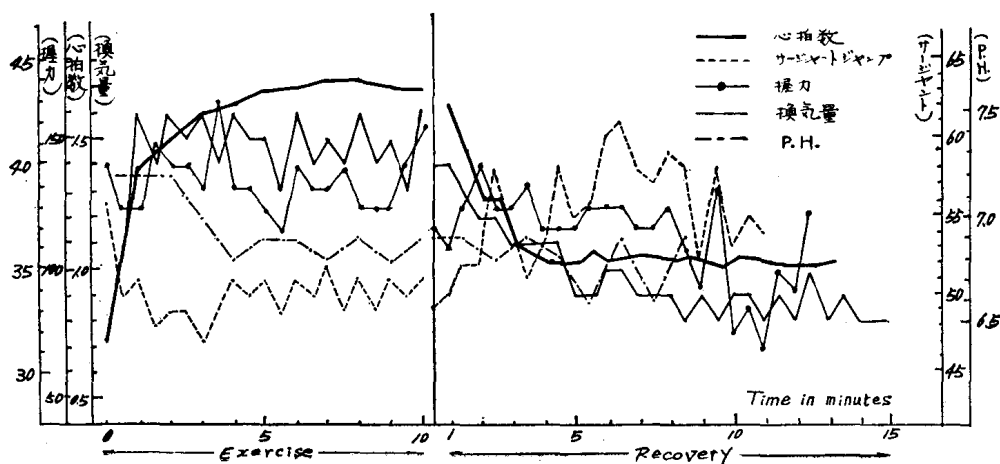
- ① 個人が全身持久力の限界にまで達した場合与えられた運動の負荷に対

してその消化が不可能になる。その限界点をその人の持つ「オールアウト」又は「へばり」などといって、全身持久性の限界点を漠然と考えている。「オールアウト」、「ニヤオールアウト」、「へばり」などと不確実な表現でしかいいえないこの極限が、生理的にはどのようなものであるかについて、将来トレッドミルを利用して意識的にそうした極限にまで近づけるといふ仮想のもとで、今回の予備調査を実施したのである。即ち生理的变化が、循環、呼吸、発汗、血圧、体温、疲労などにどのような形として現われるかについて進めて来たのである。前

第11図 (Aテスト) オールアウト前後の時間推移 (心拍数、換気量、握力)



第12図 (Bテスト) オールアウト前後の時間推移 (心拍数、換気量、握力、P.H.)



記のトレッドミル利用の留意点の探索が第1の目的ならば、これが第2の目的ということが出来る。

今回の調査はそうした意味からも危険性の少ない比較的軽度な負荷を出来るだけ長時間与え、その生理的変化の推移を追求してみた。その結果の総合的なものとして前の図が得られた。

- ② テストの結果については、一般にいう「オールアウト」と考えられる時点は、個人差が大きく仲々判定は困難であった。便宜上われわれは、本人の「へばり」を訴えた点を「主観的オールアウト点」とし、その後メトロノームを停止せしめ、自己の持つ最大限のテンポで完全に動けなくなる点まで追いこんで、この点を「客観的オールアウト点」と定めた。その結果被検者のほとんどが、主観点から、客観点まで5~6分間継続出来る余力を残していた。こうした点からも主観点がいかに曖昧なものかがわかる。

そうした意味からも、上記のグラフ整理について、負荷開始から10分間と、客観点以後の回復過程15分間を平均値でもって整理した。

- ③ その結果としては、(Aテスト)に比して(Bテスト)の方が各測定値とも負荷に対する順応を顕著に示している。これは持久力測定の場合にAテストの負荷量では軽すぎ、持久力の特性である。各機能の定常性を持つにいたらないことを示している。

- ・ 心拍数については負荷2~3分頃で各測定値とも Steady Steat に入っている。また負荷中止後は、3~5分で回復に向かっている。

主観的オールアウト点では、ほとんどの者が最頻数に近い値を持つが、その後客観点まではその値が下がっている、回復は比較的早く3~5分でほとんど安静値に近い値となる。

- ・ 換気量の変化も循環機能のそれに似た傾向を示している。ただ負荷中止後安静時の値以下となりしばらくこの状態が続く。これは、呼吸筋の運動に対する適応慣性からくるものと思われる。

主観的オールアウト近くになると、呼吸数がいちじるしく多くなり、能率の悪い浅い呼吸が続く。こうした点精神的にも「へばった」

という気持になるのではないか。

- ・ 脚力の測定については前記のように再考を要する諸問題も多いが、今回の測定項目の中で負荷の影響が最も端的に現われたのが、この脚力であったように思われる。特に主観的オールアウト点での脚筋力の疲労は極端であり、ほとんど意識の支配外になるほどである。

即ち、呼吸、循環がそれほど「へばり」を感じていない時機でも脚筋力にはその現象が現われ、客観的な観察でも参った様子を見ることが出来る。

測定後の被検者の感想としても、全員口を揃えて、「呼吸も心臓もまだまだ大丈夫だと思うんだけど、足がいうことを聞かないので」ということから疲労現象の最も早く現われるのが筋力であることがわかる。

今回の負荷方法が脚筋力に負担の大きい階段昇降であった為にこうした結果になったかも知れないが、今後、身体の上下動の少ないトレッドミルを使い比較研究する必要を感じた。その点からも、ハーバードステップ・テストの負荷が必ずしも循環機能測定の最良策だとは断言出来ない。

もちろん、スポーツ疲労が大筋肉疲労から始まることから順序としては、そうあり得ると思うが、時間的なズレはもっと少ないと考えられる。

- ・ 握力と唾液の P.H. については、主観点、客観点のいずれの場合についても顕著な傾向は見られなかった。

負荷中止後の回復期に蓄積疲労の様相として相当時間経過後現われてくるようだ。

- ④ 「へばり」についての機能の変化様相の出現順序の最初は筋力であり、その後しばらくして呼吸循環と続く、しかし、各時点でもそれほど顕著な特徴を示さない。

また、それ以外の測定項目については、「へばり」現象との相関を断言することは出来なかった。

また、今回の測定に関して感じた事は、「へばり」という精神面での影響の大きな問題については、よほどその影響を考慮に入れて考えなければならないと思う。例えば、今回の測定でいう、主観的オールアウト点から、客観的オールアウト点まで、負荷のテンポの点で変化はあるけれども、記録した結果から判断しても、主観点よりも客観点の方が楽であると考えられる結果が出ている。これなんかも終了するという一種の開放感から来るもののように思われる。

付記 本実験に使用した心電計テレメーター装置、ガス分析器の各計器は、文部省私立大学研究助成金によって購入したものである。

参考文献

- 木村栄一「心電図の読み方」医学書院、1958.
日本体力医学会、日本循環器学会「水泳選手の心肺機能 (I~V)」1955~1957.
北村和夫也「医学の動向」(第26集スポーツ医学) 金原出版 1959.
松田幸次郎 *Tōhoku Journal of Experimental Medicine* 49. 1948.
T. K. Cureton : *Physical Fitness, Appraisal and Guidance* 1947.
白井謙作「簡単なる呼吸機能検査法」臨床の日本 51.
小酒井 望「医学技術講本 上, 下,」金原出版 1962.
Szent Györgi. A. : *Chemistry of Muscular Contraction*. 1947, Academic Press. New York, London.
Bourne G. H. : *The Structure and Function, of Muscle, Vol III*, 1960, Academic Press, New York, London.
石河利憲「体育学研究」5号 1953.
名取礼二「筋生理学」1950. 丸善
石河利憲「握力に関する研究」(I) 体育学研究 5号 1953 p. 335~339.
A. V. Hill : *Muscular. Activity*. 1926.
F. A. Hellebrandt : *Exercise. Annual Review Physiology, Vol II*. 1940.
上田・武内「臨床検査法」杏林書院 1951.
大島研三「臨床腎臓病学」医学書院 1951.
楠 隆光「医学シンポジウム第二輯」1960.
石河・松井・杉浦「体育学実験法」