HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	教育衛生に関する研究
Author(s)	安藤, 義宜
Citation	北海道大學教育學部紀要, 20, 55-104
Issue Date	1972-03
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/29075
Type	departmental bulletin paper
File Information	20_P55-104.pdf

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

教育衛生に関する研究

安　藤　義　宣

目　　次

第1章　総　　論
第2章　定時制高等学校生徒の疲労に関する研究
第3章　各種条件下における歩行のエネルギー代謝の研究
第4章　適正運動量に関する研究
（第1節）　正課体育時間内における運動量について
（第2節）　体力診断の指標としての“連続片脚跳におけるエネルギー代謝と循環機能に対する影響”について
（第3節）　心疾患児童の適正運動量に関する研究
第5章　運動負荷がMicrovibrationに及ぼす影響について
第6章　結　　び

第一章　総　　論

学校教育における健康教育の立場から，世人は，まず第一に自己の子供も含めて健康に育つことを念願するものである。この要求は，わが子の将来について真剣に考えるとき，自然に出てきた基本的なわが子に対する願望として生じてくるものと確信する。

出生前のまだ見ぬわが子に賭ける両親の第一の願いは，性の男子を問わず，健康な人間であってほしいというのが一般に通じる概念であろう。それが長ずるに及んで就学してくると，第一の願いは学校成績の良否に移行するのが通業である。“わが子の成績が級で占める位置”を知ることが親のもっとも神経を使うところである。さらに追及するならば，子供が健康に成長してほしいという願いは，たとえば無意識的であっても，いずれの親たちの心の奥底に常時宿っている精一杯の素朴な基本的な願いであると断定しても誤りではあるまい。

しかしながら学校教育は，この人間の素朴的な願いに対しては必ずしも応えていないことは，周知の事実である。巷間伝えられるように，いわゆる“名門校”を次々と進学して行けば，知識はより多く得られるし，よい就職は保証される。知識の修得と就職には父兄からも世間一般からも，学校教育に対し最大の関心が寄せられている。しかし健康に関しては必ずしも期待されていない。それらの具体的な事実は多くの人間の形成に歪をもたらしていることは顕著である。

わが国の学校制度の歴史を追究すると，明治5年末の学制発布に始まり，その間発足当初は“健全学”として，衛生学のもつ重要度を社会性の中に強調されている。さらにわが国の公教育が近代的な装いをつけて踏み出そうとした明治の初期には，人間の健康でありたいという素朴な願いが無視されずに，当時の水準における人間に関する自然科学を基礎にして，しかもベルグソン（Henri-Bergson 1859～1941）のいう“閉ざされた社会”から“開かれた社会”への歩みの必要性をこめて教育の中へ，小学校では諸教科と同列におかれる教科という立場で位置づけられていた。

それが本来，一段と深く位置づけられるべきものが，明治中期以降の小学校ではただ知識としてのみ，理科や家事科の中のほんの一部で，中学校では博物のなかの生理衛生としてのみ軽く取り扱われ，大正，昭和として進むにつれて，今日の極端なまでの知育偏向教育にたどりついてきたのである。技術革新の副産物として近年飛躍的に登場した，公害問題を含めた多くのストレッサーの出現，さらに人間革命の複雑さは，後述の多くの教育の場における問題点を提起している。

今次大戦勃発の昭和16年には，この体を守る知識としての衛生学から教育への展開は国民学校令が公布されるに及んで，体操科かもしくは体練科と改正されるようになった。すなわち“人間資源の確保”という人間を物質視した言葉が時代の要求にしろ，普及し，遂には体操科は軍事教練に直結し，生徒たちがやがて，身を鴻毛の軽きに比すべき人的資源の確保という概念を植えつけられたのである。

終戦後，こうした考え方は一応是正され，憲法“第25条において”すべての国民は，健康で文化的最低限度の生活を営む権利を有すると”明示され，教育もまた，この理念のもとに再出発したはずである。昭和22年に公布された現行教育基本法の第1条の結論として，教育は“健康な国民の育成を期して行なわれなければならない”

と教育の目的が明示されているが，この点においても，人間の健康への素朴な願いは認められている。昭和24年に公布された教職員免許法でも小学校より大学に至るまで，健康に関する教育が重要視されている。小学校では級担任教師が級員の健康に関する責任を有し，中学校，高等学校では保健科免許職得者が専任として存在し，大学の一般教育課程で健康教育が体育理論の一分野として必修科目に取り上げられている。

また管理職（校長及び教育長）になるにも学校衛生に関する課目を修得することが望まれていた。しかるに，この免許法は昭和29年に大改正され，中学校，高等学校においては保健教育は保健体育科にわずかに残り，他の専門教科でいえば昭和33年の文部省告示によれば，理科免許には生理学，衛生学の修得は不要となり，昭和36年の改正ではすべてこれらに関するものが取り除かれてしまったのである。

健康の定義として中高校の教科書に取り上げられているのは W. H. O. (World Health Organization) のいわゆる保健憲章の序文である。すなわち(Health is state of complete phyiseal, mental, social well-being and not, merely the absence of disease and infirmity, この定義は，日本においても "社会医学の原理" (Health and Human Progress, An Eassay in Socicological Medicine, 1935) で戦前から知られている。ネ・サンド (Rene Sand) などを含む，多くの専門委員によって起草され，健康の定義として，普編化し，その真髄を表言しているもので解せられる。

健康を教育の目標として掲げるに当たって，近代教育がいかにこの問題を追究しているかが問題である。以上の論述からいつの時代においてもこの問題に関するものは取り上げられながら軽視されているのはなぜか，すでに現状においては，教育の場から，健康に関する教育は正に消失しようとしている。その理由の第一として，教育の中での健康を学問的に追求する真摯さが欠如しているからであることは残念ながら認めざるを得ない。この問題に直接携る保健体育教育の実態に眼を転ずれば，まず自己批判に対する厳しさを知らねばなるまい。極論づければ，体育教官である以前に教師であらねばならないことを再確認せねばなるまい。体育学とは，広範囲にわたる諸科学の総合的な領域に及んでいる。従って，すべての学問の基盤となる原理の理解の上に立っての，個々の専門分野に対する科学性の裏づけを有するアプローチが必要であろう。

厳究するならば，教育は教育者と教育対象の相互の理解と信頼関係の確立があって初めて成り立つ。それを成立させる条件として最も重視せねばならないのは政治体制でも経済条件でもない。教師と対象者における信頼関係とによって成り立つのである。

教育対象に対して教育をすすめる上においての理解の方法は専門的であらねばならない。(特に大学においては）しかし人間理解へのアプローチが数多くあるように，この場合にも複数があるべきで，その一つとして "教育心理学" と併行して "教育生理学" を教育科学の領域に導入して行くべきである。

教育生理学は，教育されるべきもの，すなわち換言すれば教育対象の精神的・身体的機能のうち特に教育の受け入れを可能にする諸条件と教育内容，技術・環境の諸条件がいかなる影響をもたらすかを生理学的に解明することを目的としたい。さらに具体的に述べるならば教育対象の身体的な形態発育ならびに機能発達の全般的理解の上に立って精神的な発達を特に教育の可能性 (educability) を探究することであり，また各種の教育技術によって受け容れられた教育内容がいかなる主体的または環境的条件によって教育効果の大小に至るかを探究して，最も効果的な教育のあり方を求めることである。

このような努力は，たとえばヘルバルト (J. E. Harbart) が教育は思弁と方法意識との結合において成立するとして "教育の目的は倫理学によってその方法は心理学によって" なされるとしたし，教育が人間個人の発育発達とかかわり人間の意識の過程を変化させる活動 (activity) と受けとめる限り，心理学的研究を基礎とするという考え方は連綿と続いて今日に至っている。それが教育現場のみならず，現実に教育行政にも現われている。

教師を目指す学生は教職専門科目として教育原理，教育心理学（児童心理，青年心理学）道徳教育の研究各科教育法などを必修せねばならぬこと（教育免許法施行規則第６条）になっており，教育心理学を教育対象の "頭" や "心" の働きを理解させるために必修させるのであるならば "生徒" の "からだ" body の発育や機能との発達を理解させるための科学に対して教育心理学と同等の重みづけをして必修させない根拠の存在は，真に不可思議と考える。心身の相関が臨床医学において心身医学 (psycho-somatical medicine) として現実に確固たる分野として脚光を浴びたのはセリエ博士(Doctor Selye) の論文発表（1936）以来30数年を経過している。現時点において教育対象の "身体" と "頭" や "心" との相関を教育学的に追求することは遅きに失し，今やこの科学の中核を究明する学問を教育生理学と名づけている。従来の教育体系を眺観すると，教育効果の向上を目指すた

めには専ら教育心理学的アプローチをもってきた歴史的事実を踏まえながら，その効果の大なることを認めこの道に志す者は，今後教育生理学的アプローチを併用して教育心理生理学的接近 educational psycho plysiological approach を試みるべき必要性を認めている。しかるにこれらの提快唱は未だ施政者には納得されていないので教育学的実体を通じて“教育生理学”の教育科学における存在を裏付けせねばならない。そして，これらはまだ教育衛生学との関連においてさらに再編成されるべきである。

昭和35年海後宗臣教授は次のように述べている。“教育実践の基礎となる必須な研究領域としては，教育される対象についての精神活動と身体活動との2つの局面がある。この基礎的な研究が十分に築かれていなかったならば，いかなる内容を用いて，いかなる方法で教育するかを科学的に究明することはでき得なくなる。これらの問題の解決が現場教師によって熱望されている。このための教育実践に最も近接した研究分野として，精神についての教育を研究しているのが教育心理学であるのに対し身体について研究するのは教育生理学にあたる分野である。身体についての教育学的研究は，まず基礎的研究である教育生理学において進めなければならないのである”。

ところが，教育科学の基礎的分野としての教育生理学については，その専門の学科の特設は勿論，身体についての教育科学的な研究による講議も十分に開設されていないのが実状である。これはわが国の教育科学が教育生理学を正しく取り上げていないばかりでなく，他の国々の教育科学についても同様なことがいえる。現実に教育学部に属する，他の研究分野の教官層にもほとんど認識されていない事実を再認識し，実績の積み重ねと相まって早急に是正されねばなるまい。すなわち教育心理学と並行して教育生理学に同様な研究力を集中し，精神と身体の両面から基礎的研究を進めて行くべきである。このような趣旨からも，わが北海道大学教育学部には研究交流の道が拓かれてきたのは，大いに期待が寄せられる。

さらに東大の勝田守一教授が「教育が人間個人の発育発達と関わり人間の意識の過程を変化させる活動である限り，教育科学は心理的研究を基礎として成立するが，実証性をもつ科学として成長するためには教育科学は教育という過程および活動を“いかにあるべきか”の規範の観念からではなく“いかにあるか”という事実を捉えねばならぬ」と述べているが，これは教育対象の教育可能性（educability）に焦点をおいての事実を意味する限り，筆者のように現場の教師を経験したものにとってはまったく同感である。“いかにあるか”の実在（sein）から“いかにすべきものか”の具体的当為（sollen）の教育方法の検討に進むことを研究者としてすべきでありその解明が局部的にせよ現場教師の望むところと考える。

教育内容が教育対象の主体的条件と対象の置かれた環境条件によって，対象の受けとめ方に差異をもたらすことは観念的に明白であり，それを心理学的研究によってのみでは解明し得ない時代になってきていることを考えねばなるまい。

この点について勝田教授は教育を，児童，生徒の心身の成長をはかる意図的な営みとして捉えるならば，そしてそれが教育の中核的な位置を占めるとすると考える場合の発達生理学や発達心理学さらに運動生理学や学習心理学の独自の方法に存せねばならぬことに言及されている。

筆者らは教育科学における精神的分野における広義の教育心理学に対応処置させて身体的分野における広義の教育生理学を構築せんとしているのであり，前述のように人間理解のためには心身相関の立場をつねに配慮の上の研究がなされなければならないことを肝に銘じておくべきであろう。

従って，斯道に従事する者は教育生理学の基礎を1日も早く作成し，独自の存在理由を掲げて教育学の領域のみならず教育行政の実際においても市民権を獲得せねばならないし，教育生理学が似非科学であると批判されるべかき否かは一重に志向を同じくする人々の今後の研究努力のいかにかかっているだけに大いなる責任を痛感している。

教育生理学は少なくとも自然科学的方法を用いて展開しない限り観念的内容を出ないで撰ろう。従って教育生理学においては，できる限り人体実験により，あるいは研究者の発想に基づいて仮説を，時には教育学界において通説となっている学説を，さらに俗説さえや検証すべきである。（学位論文修得のためのものであってはならない）たとえば戦後急速に成長度を増した学童・生徒の椅子の高さ，座面の硬度の問題は，衛生学の分野で健康障害の多容を指標として研究するならば，これらは労働生理学の作業能率を基準においての研究として取り扱われる。教育生理学では学習能率を目安にして研究される。それは学習に必要な注意集中と密接な関連をもつからである。椅子のすわり心地についての主観的なムードは軽視するか，生活機能に対する配慮は人間工学的になされる。

筆者は過去数年間，医学部衛生学教室において，基礎

医学の修得とともに労働生理学ないし労働衛生学を学んできた。それらは労働に際しての人体の適応機能のメカニズムを明らかにすること，労働に基づいて健康障害の実態を明らかにして障害排除の具体的方策を求めること，さらに最も理想的労働条件を明らかにして労働能率の向上をはかることを目標とする科学であると理解している。

また労働衛生学は労働生理学の応用科学であると考える。また労働心理学は精神機能の側面からこれを解明して労働生理学ないしは労働衛生学ん支援し，あるいはそれらとともに，理想的な労働のあるべき姿を実証的に客観的価値追求の成果を提示しようとする科学と理解している。狭義における労働，すなわち身体労働と，狭義における教育すなわち学校における教科学習や，体育実技の学習とは内容において具体的にかなり異なっている。このような解釈からすれば，身体運動は複雑な知能的作業である教科学習に較べれば単純な作業の繰り返し，あるいは持続であることが多いので，労働生理学，労働衛生学の成果を直ちに教育生理学ないしは教育衛生学に応用することは正しくない。但し，実状において前述の労働生理学における，単なる経験的労作の反覆が学校体育において行なわれていることは否めないことであり，それらをあえて行なっている指導方法の内容を分析し本来の姿に接近することが今後に残された大きな課題と考える。

重ねて述べるならば，今日の労働の端的な目標は多くの場合に一定時間内に規格にあった製品を最大限に生産することであり，事務労働であっても，一定時間内に一定のパターンに従って事務をする仕事（business）であって教育の抱く創造的行動 creative activity（自主・自発性を含む）ではあり得ない。

しかし教育にあっては一般に心身ともに未成熟な教育対象が内臓する無限にして教官にも未知な分野さえも含む教育の可能性 educability を余すところなく発揮させ，心身の発達をねらう創造的行動であり，その結果が知識の開発をうながして技術革新にもつらなる期待が生じてくるのであり，さらによき性格の形成と健全な身体の発達をもたらすのである。

このように労働と教育は目標において異なり，内容においても異なるので，そのメカニズムを追求する方法としての共通性はあるが，教育生理学ないし教育衛生学は労働生理学ないしは労働衛生学によって代替され得ない。換言すれば，医学者によってのみでは解明され得ない故である。教育の目的の一要因として“健康”が挙げられる。従って教育を対象とする衛生学の一専門分野としての教育衛生学の存在を重視せねばならない。人間の健康を人間の外側面から考究するのが環境衛生学であり，それらは行政面に通じるのであろうし，一方，内側面から考究する方法は前者に比して疎んぜられていたが，それがいわゆる教育衛生学と称せられるものである。すなわち医学で得た衛生的な知識や技術（sanitation）を教育の場に導入しようとするのである。

元来医学とは病気の苦痛から免かれる治療医学から出発し，人間の客観的観察から形態，構造の学として，解剖学組織学が，機能の学として生理学，生代学が体系づけられている。一方，病因の研究から，微生物学，細菌学，免疫学，病理学などが発達し病気の治療を中心として，以上の学問をそれぞれの中に取り入れ，独自の研究と併せて臨床各科の学が確立してきたのであるが，以上の各分化に伴い，病気の不幸を未然に防ぐ意欲から予防医学，環境衛生学，公衆衛生学といったものが発展し，近年クローズアップされてきた公害問題はこれに属する。スポーツ医学（体力医学）は，もっとも新しい医学の一分野であり，他の医学による人間に関する知識を基礎として独自の研究をもって集大成しなければならないもので撰り，人間という複雑な有機体，しかも精神という科学的解明のとどきにくいものをもつ人間とスポーツ活動との関連性において（例：根性・ガンバリなど）人間の幸福を追求しなければならない。従って臨床医学が(level down) した患者を (normal condition) にするのと異なり，現在社会において数多く遭遇するストレスに対し，より活動的な状態，換言すれば level up することにある。スポーツ医学は，スポーツをすることによって，人間がいかに変化して行くか，その変化を価値的に評価して行く学問であり，ある環境にある人間がいて，あるスポーツを行なった，その結果として，ある変化が生じた。それを価値的に判断し，それを累積して行く学問である。

これには多くの障害が予想される。筆者が life work としている運動量の定量化の問題において，負荷を与える種目，強度，回数，持続時間，指導者の能力，自然環境，用具，施設，服装などの環境条件，素質，性，年齢，体力，その時の人間の状態（成長，発育との関連）など以上3郡の要素はまたその中に無限の因子を内包しており，これらの要素を組合わせる場合，結果として表われる成績は無限であり，枚挙に暇がない。(特にフィルドにおいては顕著である)。この無限の中にある法則性を見出して行くことがスポーツ医学の目標であり，教育の一目標に対する姿勢と考えている。以上の知見から，筆者は一貫して現場の教育に還元されるべきテーマを取り

上げ，究明に当たっている。それが人間の幸福・健康の保持増進，発育発達の促進，労働力の涵養にも通じると考えている。狭義の具体的目標であるスポーツにおける最高記録の挑戦すること，すなわち人間最高の体力・技術への適用としての効用に対する研究は筆者の意とするところではない。

研究生活に入って十有余年，今回，恩師山崎久雄教授の退官記念号を発刊するに当たり，小生の微々たる研究成果を以下各項にわたって寄稿する。

参　考　文　献

(1) 佐守　信男　人間の歴史的自然
教育衛生学序設
昭和43年10月：六月社

(2) 猪飼　道夫・須藤　春一：教育生理学
昭和43年４月，第一法規出版

(3) 海後宗臣　教育における身体(新体育)　30の３，1960

(4) 勝田　守一　教育学入門　1966，有　閑

第二章　定時制高等学校生徒の疲労に関する研究

○　緒　論

定時制課程に通学する生徒はほとんど昼間に職業をもち夜間は勉学という二重負担の条件下におかれている。単位収得のために４カ年間の在籍期間が必要となり，全日制課程に学ぶ生徒と異り復習・予習の時間も容易に見出し得ず，従って入学時在籍数の30～40％が脱落するのが現況である。

職務の内容によって多くの差異はあるが，夜間時の学習意欲を４カ年の長期にわたって堅持することは当事者にとって至難な業であり，勤務先当局の特段の理解と，当人の強じんな精神力なくしては，初期の目的を果たし得ないことは多くの事例が示している。また，休学者の激増及び体位の低下も著しいものがあることが多くの諸家によって報告されている。

こうした事実は教育計画・特に健康管理，保健教育を担当する関係者にとって十分考慮され研究されなければならないことである。学校教育における生徒の毎日の健康管理の基礎的段階として，学校生活の個々人の生活体型の実際の姿を定時制課程の特殊性に照合する必要性を痛感して標題に関する“疲労”をテーマとしてとり上げたのである。

“疲労”は生理的現象であり，十分な休養と栄養の補給があれば回復することは自明の理である。しかるに，定時制通学者は，これら最低限の生活余裕すら持ち合わせていない。

今回の調査研究から，最終的には健康管理や教育計画，さらに具体的な方策として定時制課程における保健体育のカリュキュラムを質的・量的に適正化するための一知見として，拡く活用されたいとの意図をもってなされたものである。

○　研究方法

i)　調査対象としては，札幌市内に高等学校定時制課程第１学年生徒14名を抽出し，体位のほぼ同様なることに留意し，標題の趣旨から昼間は定職につき勤務しており，職務内容も事務系に統一して被検者にあてた。なお，事前に予備調査を行ないできるだけ測定誤差を防ぐことを配慮した。

ii)　調査期間は，昭和37年２月５日（月）から２月10日（土）までの６日間，登校直後を前値，第２時限終了後を中間値，下校時を後値として各種データーを処理した。

iii)　調査時のカリキュラム及び環境条件，授業内容の編成は，無作為に行ない授業時間は50分，各時間の間に10分の休憩時間をおくが，定時制課程の特殊性から第２時限と第３時限の間には，給食時間として20分間の休憩時間が組まれている。

各種測定は保健室を使用し，照度・騒音について十分な配慮を払った。

なお，給食内容は，パン，脱脂牛乳を主体とした全員同一のものである。

次に当調査期間中のカリキュラム，及び環境条件を表１，表２に示す。

※疲労は極めて複雑・多岐な内容をもっているので，現在の段階でその判定にあたっては，数種類の方法の組合わせを用いて論ずるのが通例となっている。

今回の調査・測定項目の設定条件として，高等学校における生活内容が主として精神，神経，感覚的負荷を与えていると考えられるので，これらの判定に適合すると思われるものを，生理的・心理的反応より数種類を選択して行なった。

なお，これらと併行して日本産業衛生協会試作による自覚症候調査，睡眠時間調査を行なっているが，その結果については別途報告する。

§　測定項目

A　生理学的検査法
フリッカー値・眼調節力・検影法

B　心理学的検査法

表1

		I	II	III	IV
月	2月5日	英語	数学	国語	体育
火	6日	生物	数学	社会	生物
水	7日	保健	英語	H・R	生物
木	8日	体育	英語	生物	数学
金	9日	数学	国語	英語	生物
土	10日	体育	英語	社会	クラブ活動

表 2

時刻	CO_2%	時刻	CO_2 %	時刻	CO_2%
17.40	0.03	18.50	0.04	19.50	0.06
18.00	0.05	19.00	0.04	20.00	0.06
18.10	0.06	19.10	0.05	20.10	0.06
18.20	0.05	19.20	0.04	20.20	0.07
18.30	0.04	19.30	0.04	20.30	0.07
第1時限		第2時限		第3時限	

照度　座席　20～24ルックス（9ヵ所）
　　黒板　55～88ルックス（3ヵ所）
温湿度　15.3℃～19.7℃
　　（73%～86%）

C　自覚的疲労調査法
　自覚的調査法

○ **測定の成績及び考察**

数多く用いられている生理的疲労判定方法の中から，今回はフリッカー値（flicker value），眼調節力（amplitude of accmodation of the eye），ブロッキング値（blocking-number）の3種目に限定して行なった。

今回の疲労検査にあたっては，定時制高等学校生徒14名について以上の検査項目を適用し，6日間にわたって，それぞれの検査を続行し，生徒各人の疲労の週間変動及び日間変動について検討を行なった。

A）フリッカー値（flicker-value）の週間変動。

6日間のフリッカー値の変化を登校直後（前値）及び下校時（後値）の測定値でみると第1図のごとくである。

この図すでに見受けられるように，6日間を通じてフリッカー値はかなりの変動範囲を示している。その範囲は登校直後値（前値）におけるよりも下校時値（後値）の平均値の方が大きい。これは学校生活における学習行動が，各個人の生体に与える負担度が非常に異っているものと推察され，二重負担による影響が覚醒後14時間位経過したこの時間帯に表出しでたものと考える。

また，女子群の週間変動出は，登校時（前値）についてみると，被検者全員いずれも週間変動は生理的動揺範囲（e/s 〈2）にあり，この事象は蓄積疲労が表われていないものと判断できる。しかし，男・女相方群から総じていえることは，第3日（水）ごろに最も高い機能亢進状態を示し，それ以後しだいに機能の低下を示している。この傾向は他の疲労研究の調査においても同一傾向にあることが数多く報告されている。

しかるに，下校時に至ってはいずれも日時の経過とともに次第にフリッカー値の機能は低下してくることは特筆される。

B）フリッカー値の日間変動

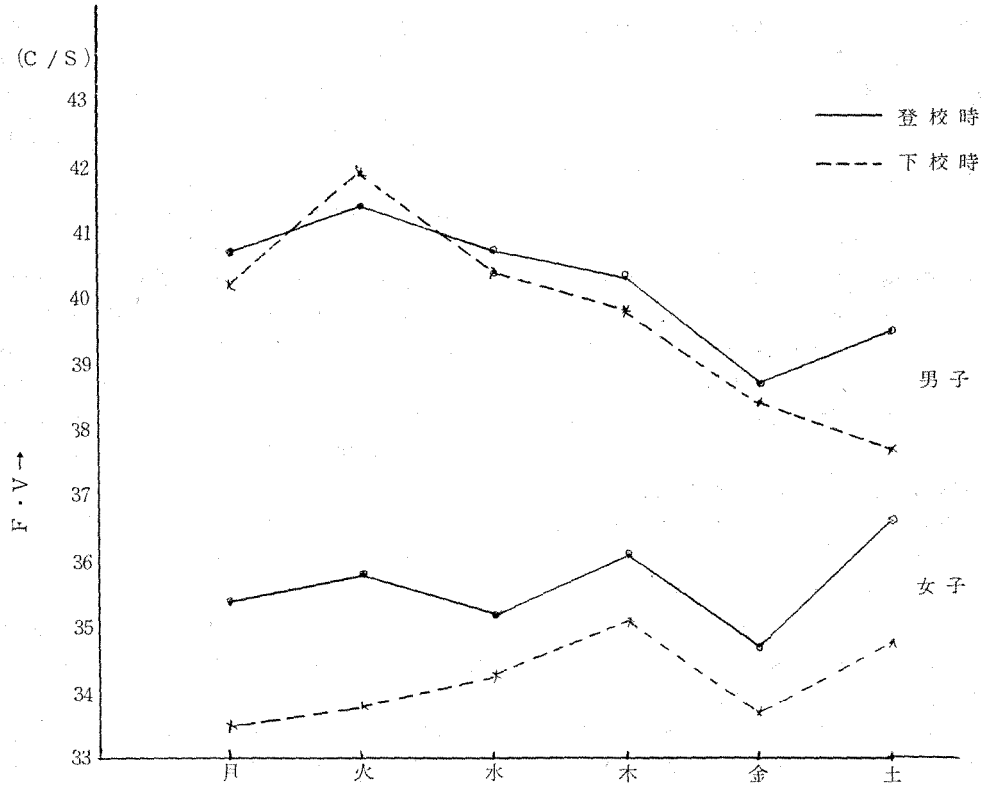
週間変動については前項で述べたように，男・女ともかなりの動揺がみられる。それゆえ，日間変動のとらえ方としてここでは毎日登校直後の前値を100%として，2時間終了値（中間値），下校時（後値）をそれぞれ百分比で表わしたものが図2である。

この図から伺える点は，学習活動の前・後において，かなりの機能変動が生じていることである。しかも，この機能変動範囲は曜日により大差が認められる。特に本測定の対象である定時制高校生徒においては著明であり，学習負荷による機能の低下率は，日時が経過するにつれて大きくなっている。

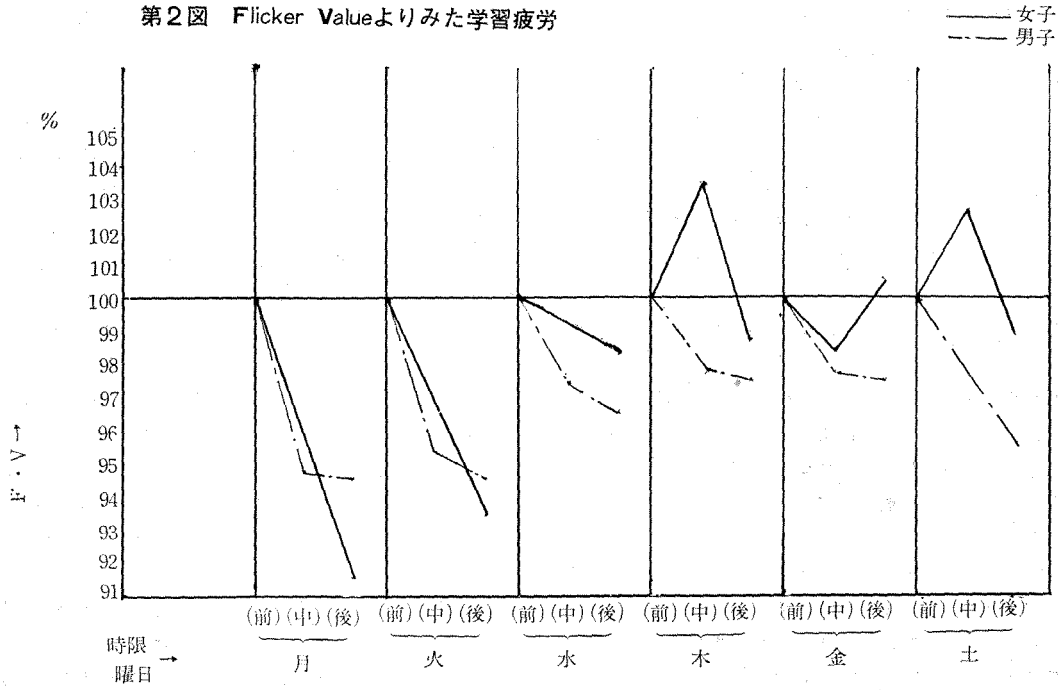
すなわち，曜日が経過するにつれて学習による疲労度が大きくなっていく傾向と考える。このことは，この種の課程の特色である日中の勤労と夜間の学業受講という，通常人にはない二重負担が，週間を通じて日時経過に伴い後半の学習に相当度の負担を与えていることを如実に反映しているものと判断される。

特に女生徒の場合，第1日目（月曜日）が最も機能の低下が大きく，それ以後しだいに上昇の傾向を示し，最終日（土曜日）に再び低下を示す。また，男生徒に比べて日間の変動率が大きいことは前述の二重負担が特に大なる因子として関与するものと伺える。従って，そのときの個々人の心身状態，環境状態，カリキュラムの内容etc. 種々の影響を十分に配慮の必要性があろう。しか

第１図　フリッカー値の週間変動



第２図　Flicker Valueよりみた学習疲労



し，今回はこれらによる細部の要因分析をすることは，不可能であった。

測定成績の処理にあたって変動率※を用いた理由は次のことを留意したがためである。

$$\left(\text{※変動率}=\frac{\text{中・後値}}{\text{前値}}\times 100\right)$$

1例として，フリッカー値の前値が31.0c/sであったのが，後値で28.5c/sに変化した場合に，変動差は両者の差，すなわち−2.5c/sとなる。しかし，この差は同一個人の場合には絶対値としての差に意味が生じてくる。それは個人の機能の水準は一定値を維持する場合が多いからである。ところが個人が代わる場合には，当然このレベルが変わるのでその意味は減少してくる。同一の2.5c/sの低下でも31.0c/sから28.5c/sに低下した場合と，29.0c/sから26.5c/sに低下した場合とで，同一意義をもたせる可否の問題が生じてくる。従って今回の調査結果処理法として日間変動を変動率で示す方法が，より適切な方法でなかろうかという観点から変動率を採用したのである。

なお，フリッカー値では，変動率が10%を下まわるときに機能低下を認めるが，ただし低下の度合が5%以内のときは，このような作業条件では軽度の疲労と見られ，それ以上になると，その低下率に応じてそれぞれの疲労が判定されている。大島などは，夜勤などの場合には自然変動が大きく入ってくるので，作業前後は大きくなくても，日勤作業前にくらべると大きく低下しているような場合があるので注意を要すると述べている。

以上の判定基準によれば，男子生徒にあっては，週の後半にかけて，木曜日から土曜日にかけて，一方女子生徒では週の前半月曜日，火曜日に疲労度が大きいといえる。

いずれにしろ，フリッカー値が疲労を捕える方策として妥当な方法とすれば，数値の多独はともあれ，定時制課程の生徒には何等かの形で疲労現象が表われることは事実である。

眼調節力（amplitude of accommodation of the eye)

視機能の変化から，疲労を判定する方法が数多くなされている。そのうち近点距離（near point）による方法がある。特に負荷量と近点距離との関係につき，疲労判定法としての近点距離の差異を云々することは妥当なものであると考える。

定時制高校生の場合，視覚器自体に加わる負荷度が異れば，それによって生体の全機能的な意味における疲労の結果として近点距離の変化が当然影響を受けることが推慮される。なお，眼屈折の調節力（amplitude of accommodation）は眼に最も近い明視可能な1点を眺めたとき，すなわち，眼の調節を最大に行なったときの屈折力（dioptric）から全く調節休止の状態の屈折力の差をもって算出されるものであるが，ここでは近点距離を無限大と考え，近点距離のみから算出したものである。

$$A=\frac{100}{P.P}-\frac{100}{P.r}\quad\left\{\begin{array}{l}A：\text{調節幅}\\ P.P：\text{近点距離}\\ P.r：\text{遠点距離}\end{array}\right.$$

§ 近点距離（near point）の週間変動

第3図は近点距離からみた週間変動を示してある。この図については，いずれも近点距離の短縮が見られ，しかも学習活動後の短縮率は日時の経過とともに著明である。従来の産業疲労の過程においての調査研究によると，near pointの短縮は常にみられ作業後の平均6～9%に対し視覚器に対する負荷が小さい者は平均1.6%と報告されている。これらのことから，near pointの短縮率は，視覚器に対する負荷の示標として利用できるものと思われる。

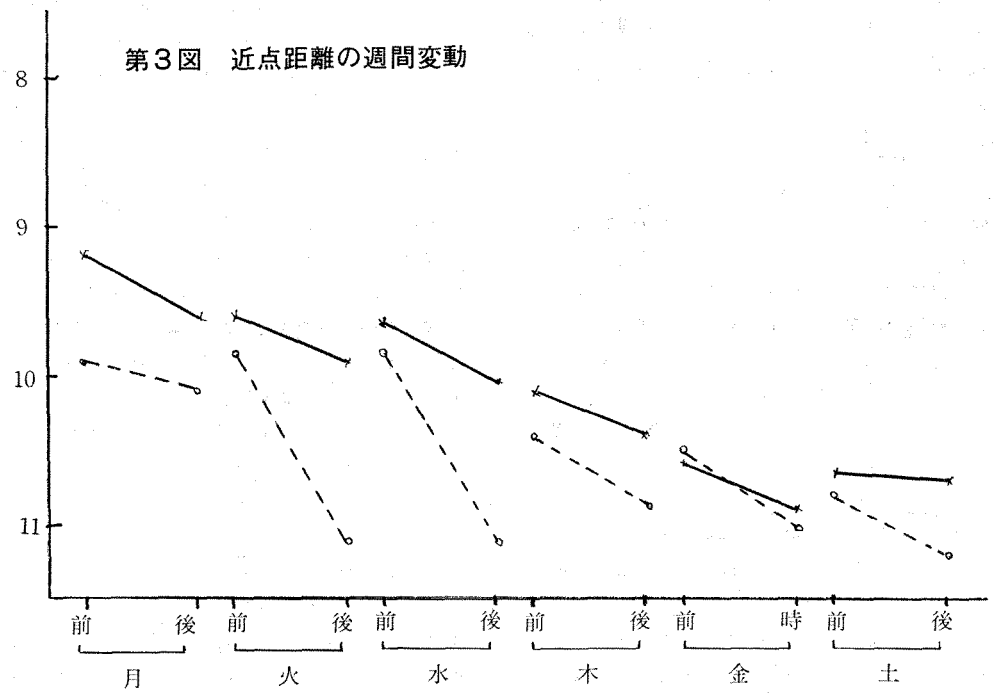
一般に今回の調査では，near pointの短縮が著しくなっているが，これを単に疲労結果によって生じたものと判定することは危険であり1種の近業作業による偽近視の状態をもたらしたものと推慮する。特にこの種の生徒は，照度・日中勤労などの影響が学習の場において視覚器に対して大きな負荷となっていることが想定される。日間変動について略記すれば，女生徒において学習による偽近視を惹起す傾向が大きいことがみられた。今回は石原式近点距離計を使用して行なったので，測定にはかなりの時間を要するので各曜日の前・後値の測定に留まざるを得なかった。

§ ブロッキング値（Blocking Nuimber）

ブロッキングの原理は，ある作業によって生体が疲労状態になると，特に精神疲労度の強い場合に精神作業を遂行しようとする態度を維持することが困難となって意志の阻害が起るという原理を応用したものであり，今回の測定項目中被検者が最も苦痛を訴えたものである。単純な応答を繰り返す作業の反応時間・誤読数・訂正数などから疲労係数なるものを案出してその処理を行なった。

ブロッキング法によるブロック数と，その所要時間の週間変動を第4図に示す。男・女間では男子の方が女子に比べて著しく短縮を示す。一方，日時の経過とともにブロック数は増し，所要時間の短縮とは逆の傾向が見られる。このことは，各個人の測定時の動揺がかなり作用していると考えられる。時間の短縮は，ウォーミングアップの効果を伴い，ブロック数の増加は被検者のこの種のテストに対する患わしさが多分に起因している。

両因子とも今回の場合，女生徒の方が男生徒よりも週



間を通じて多く，金曜・土曜において著しく差異が認められる。

以上の点から，ブロック数と所要時間から算出した"疲労係数"なるものを基礎に検討したのが第5図である。但し，いずれも月曜日（第1日目）の登校時に対する変動率で示してある。

前値（受講前）について限局するならば，週間を通じてほとんど変化はみられない。月曜・水曜を除いては男・女ともに同じ傾向を示しているが，殊に女生徒の場合，学習による疲労が日時を経過するにしたがい蓄積されていく傾向が伺える。これは，フリッカー値の傾向に類似している。特に大島正光氏の説に従うと，第6図のようなパターンは"漫性的な疲労としては，ときおりこのような経過が見られることがあり，この他，就寝の非常に遅い生活習慣の人によく観察されるものである"とされている。しかも，前述のフリッカー値の週間変動との比較関連性から検討を加えると，これは1種の生理的・心理的機能の週期性波動の部分的現象とも考えられる。

第5図は週の第1日目を基準として図示してある。

次にブロッキング法による疲労係数の日間変動について究明すると，登校時に対するものを第6図に示す。

この図から察知できるように月曜日から土曜日に至り，男・女ともに疲労状態を示す。この事実は，昼間の勤務を終了した直後や通学時などの因子が多分に介在することが伺えるが，生体に対する生理的・心理的作用に基づくことは避け得ないので単的な推論は下し得ない。一般にブロッキング法による疲労係数の日間変動は男・女ともに同じ程度の傾向を示しており，学習による疲労度合も程度差はない。特に週間の中ごろが学習による影響は余り現われないようである。しかし，ブロッキングそれ自体の信頼性及び妥当性，係数判定法についての再検討の必要性を痛感し，今後の研究課題としたい。

総　　括

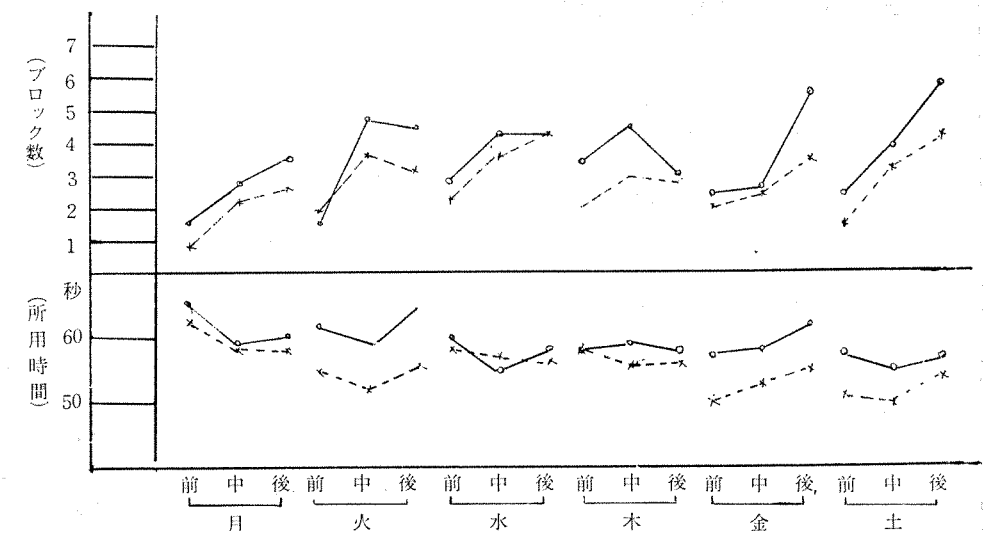
1)　今回の測定成績より週間を通じて週の後半・金曜日に疲労状態の出現頻度が多くみられる。女生徒においては日時が経過するにしたがって顕著な増加を示す。なお，この疲労判定の成績の週間変動は一種の生理的動揺の範囲内にあるものと考える。

2)　日間変動については，一般に週の前半月，火曜日において学習によるものと考えられる軽度の疲労が察知される。男・女間の差では女生徒が大である。

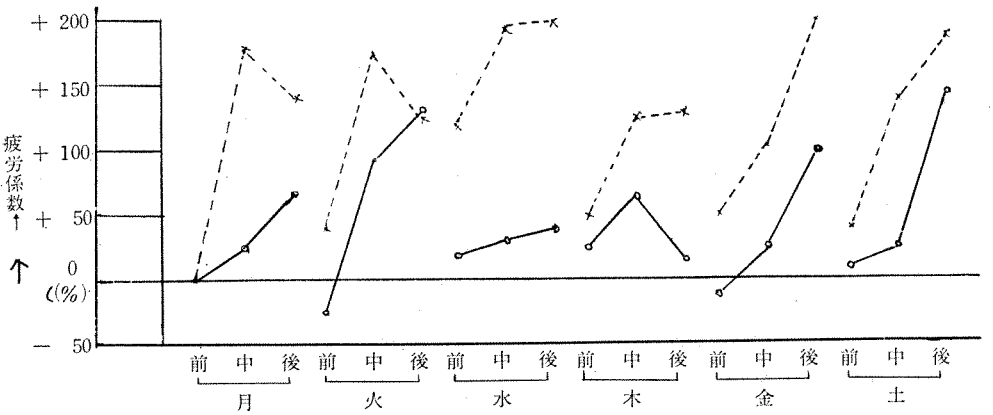
3)　近点距離において短縮されることは，視覚器自体に加わる負荷度が，照明などの要素が大きく起因しているものと考える。

稿を終わるに当り，本研究の全般に及びご御協力下さった北大工学部谷沢平八郎助教授，札幌商科大学助教授安栄鉄男氏に謝意を表します。（本稿の要旨については

図4図 ブロッキング法より見た週間変遷

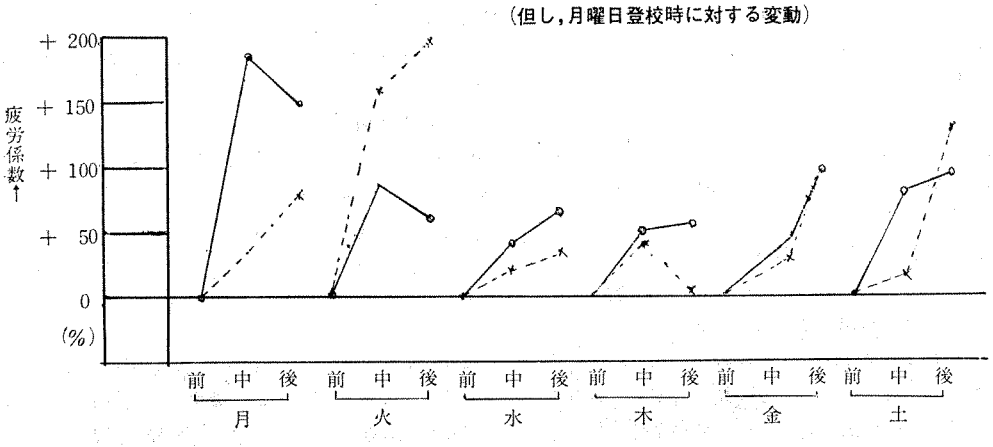


第5図 ブロッキング法による疲労係数の週間変遷



第6図 ブロッキング法による疲労係数の日間変動

(但し,月曜日登校時に対する変動)



第13回日本体育学会において口演した）

参考文献

(1) 大島　正光：疲労の研究，1958，同文書院
(2) 日本産業衛生協会産業疲労研究会編：疲労判定のための機能検査法，1963，同文館
(3) 橋本　邦衛：疲労，1960，コロナ新書
(4) 桐原　保美：疲労判定のための機能検査法，1957，産衛出版部
(5) 福井　忠孝：長崎医誌，1953，28～204
(6) 太田垣瑞一郎：労働の生理的負担，1956，労研
(7) Bills, A.G: Blocking, new principle of mental fatigur. Amer. J. Psy ology, Vol 43.
(8) 鈴木伊豆美：Report ot the Institute for Science of Labour, No.58.
(9) N. H. Mackworth ：Resear hes on the Measuremet of Human Performance, Medcal dResearch Council, Special Report Series No.268, 1950.
(10) Vial, C ：A contributon to the study of neuromuselar in athletes, Paris, Imprimerie des Tounelles, 1959.
(11) 松井　　他：夜間夜校の疲労について，体力科学 6の3，1958
(12) 佐守　　他：走時制高校生の疲労度の測定，労働科学季報，1953

第三章　各種条件下における歩行のエネルギー代謝の研究

緒　　論

半年有余の間，積雪条件下での生活を余儀なくされる雪国の生活において，歩行が人間活動の基本動作であるがために雪面の歩行に要するエネルギー消費に関する研究は必要であり従来多くの研究がなされており，わが国では，小泉，松本，小川，古沢，奥山，福居，沼尻，中村らの報告がある。また，外国においては，Magne, Atzier und Herbest がある。

一方，雪国での戸外スポーツとしてのスキーの普及は目覚ましいものがあり，それに伴ってスキー用具の変革も極めて急テンポであり技術・地勢に不適な諸用具の使用による事故の発生が頻発し有識者の顰蹙(ひんしゅく)をかっている。

特に，スキーのエネルギー代謝測定では，実験条件の設定などには，歩行の場合と異り複雑多岐に及ぶので，スキー歩行に関する報告は余り多く見当らない。本邦では，小田，飯野，渡辺，石河らがあり，外西では Christensen の研究があるが何れの場合も環境条件や技術などの諸因子が介在するので，それらの成績はほとんど一致していない。

すなわち，スキーツアーの場合に各種条件下での因子分析が必要であると考える。前記の報告にはこれらの諸条件が明記されていないのでその実際への応用には疑問を抱かざるを得ない。従って筆者などはこれらの諸点に関して，一定条件下での明確なる知見を得る意図で，歩行に関するエネルギー代謝測定を予測実験として行ない，主としてスキー歩行に関する実験的研究を数カ年にわたって実施してきたのでその成果について報告する。

◎ 実験方法

〈雪面歩行〉

従来種々検討されている通常"ブラブラ歩き"と称せられている 40m/min(R. M. R 1.5)，普通歩行 70m/min (R. M. R 2.1)，"いそぎ歩行" 95m/min の3種の速度を指示し，直線路 200 mのよく踏み固められた雪路を市販されているゴム長靴を使用させて測定を行なった。

〈スキー歩行〉

A）スキー締具の選定，技術の習得などに適正なる示唆を与えるために，主として締具による差異を求めた。

B）フ(10)ルド現場における雪質・スキーの未踏面に対する沈下度及び斜度変化に伴って起こる負荷度の変化を主眼とした。

C）スキーツアーリング時における雪質と，特に速度との関係から究明に当たった。

D）スキーツアーリングにおける歩行順位によって生ずる生体の負担度を重量負荷を加味して追求した。

○被検者の選出基準として延30人の中から，当核期間中一貫して各種条件下に参加可能な者を選出した。これらの中から同一体型で，スキー技術も上・中・初級に属する者をそれぞれ選び，同一グループの他の被検者の測定数値に照合して代表値と目される者の成績を取り上げた。

○実験場所につはては，雪面歩行の場合は北大構内で行ない，スキー歩行については比較的積雪量が多く，しかも測定条件の意に沿った場所として札幌市郊外の丘陵地帯及びニセコ高原を根拠地として昭和38年～40年の3カ年間，各年次とも2週経続して行なった。○なお，作業開始前の安静時代謝量値は，それぞれの場所で15分以上安静を保った後に測定した。

実験装置として，ニセコ高原の場合は気圧補正値を得るために同時刻の基準気圧から高度差を換算してニセコ高原の気圧とした。

高度と気圧との換算式は次の Laplace 公式を用いた。

$$h = 18400(\log B_0 - \log B)(1 + \alpha t)$$

（但し　h：高さ（m）
　　α：空気の膨張係数　0.00367
　　t：hの高さの温度　（℃））

ガスメーターは乾式1回転10ℓの物を使用し，サンプリングチューブは携帯に便利な筆者などが考案したボールチューブに特殊活栓を施したものを使用した。

ガス分析器は，Scholander の微量ガス分析器を使用した。

※　被検者一覧を Table 1 に示す。

Table 1

Subgect		T. A	M. H	K. S
Age		28	30	31
Statue		173	168	167
Weight		73	75	70
Average Value at rest	Oxygen intake	239	254	215
	Hert rate	60	64	58
Oxygen requirement in this exercise	40m/min /RMR	1280 /2.4	1540 /2.0	1230 /2.2
	60m/min /RMR	1310 /4.4	1500 /2.0	1120 /3.8
	95m/min /RMR	1280 /5.9	1420 /4.5	1190 /4.7
Degree of mastery ski.		Un-skilled	Half-skilled	Skilled

○　**測定成績・考察**

〈雪面歩行〉

歩行単位当たり酸素消費量は歩行条件及び個人によって異なっている。後述のスキー歩行と比較のため，100m歩行に要する量について表1に3種の速度変化に伴う消費を記載してある。別途行なった普通歩行（舗装路面）の場合の代謝量と比較すると，特殊なケースを除いて大きくなっている。その比率は1対1.3～1.5となってくる。踏みならされた道路雪土と雪が軟くて比較的歩行しがたは状態では当然のことながら，かなり両者間には差異がある。また，類例が少なく統計的処理はでき得ないが，歩行速度と R. M. R の間にはかなり高い相関があることが推測する。

以上の予備実験から，走行などでスピードの増加につれて加速度的に多大の酸素が必要になってくることがわかるが，一方，速度は非常に遅くしても一定の距離を踏波するために多くのエネルギーが消耗される。

100mの歩行と走行に必要な酸素量について検討すれば，120m/minute 当たりで歩行と走行の曲線が交差し，これより速くなれば走行，遅くなれば歩行の酸素需要量が少なくてよいことになる。同じ歩行においても60m～70m/minute を境界にして，それよりも速くても遅くても100mの移動に多くのエネルギーが必要となってくる。急速の歩行が同速度の走行より多くのエネルギーが必要となるのは，走る方が歩幅が必然的に広くなってくるので同一距離を少ない歩数で走破できるからである。反対に緩除な走行では小きざみに走らなければならなくなり，あるいは一定の姿勢を保持しなければならなくなることによって，かえって多くのエネルギーが必要となってくると考える。

冒頭に述べた如く，歩行は人間の基本的動作であり，日常生活にとって欠くべからざるものであるから，最も経済的な歩行姿勢，歩行速度を究明することが望まれる。

〈スキー歩行〉

(1)　**締具に関して**

近年スキー人口の増加は飛躍的であり，加えてスキーリフトの完備などの条件からウオーミングアップ不足に伴う多くの事故例が報告されている。さらに技術の熟練者のみに適切と考えられる滑降専用（むしろ競技用）の用具が一般大衆化されていることに一要因があるものと撤慮する。

筆者等はスキーツアーリングにおいて，主として歩行・登行面でエネルギー消費の観点から用具（締具）の選定，技術の取得に適切なる示唆を与えるために次のような方法を用いて測定を行なった。

○現在10数種にわたって市販されている種々な締具の中から機能的に代表的なものと考えられる3種を抽出した。

a）Huitfeld（跣部のみ固定してあり，踵の上下が自由に行なえる）

b）Kandahar（金属 wire にておさえてあり，必要に応じて踵の上下が調節可能になる。）

c）Langriemen（靴が完全にスキー板上に皮紐にて固定されてあり，踵の上下がまったく不能。この種の改良型が市場の大半を占めている。）

以上3種の締具を同一機械のスキー木部に取り付け同一重量の靴及びストックを使用し，歩行用の wax, sea[1] を用いて測定した。Table 2 は締具を中心とした個人別一覧表を示す。

Tadle 2 List of various biudings used in this experiment

Birding	Subject	Degree of slope	Distance of walking	Speed (m/sec)	With or Without a seal skin	Oxygen requirement in this exercise cc/min	cc/100m	cc/100m/kg	Cal / 100m	R.M.R
Huitfeld	T. A	0	132	1.02	Ski alone	880	1,440	23	7.0	4.1
			230	1.92	〃	1,660	1,450	23	7.1	7.7
			107	0.89	With seal	859	1,610	25	7.8	3.9
		5	95	0.79	Ski alone	1,060	2,230	35	10.9	4.9
			130	1,08	〃	1,590	2,440	38	11.9	7.4
		10	105	0.88	Sit seal		1,900	30	9.3	4.6
Huitfeld	M. H	0	135	1.12	Ski alone	740	1,100	15	5.4	3.2
			226	88	〃	1,450	1,290	17	6.3	6.4
			108	0.90	With seal	890	1,650	22	8.1	3.9
		5	95	0.79	Ski alone	1,280	2,120	36	17.6	4.6
			130	1.08	〃	1,960	2,610	43	21.9	7.9
		10	100	0.85	With seal	800	1,590	27	14.5	5.8
	K. S	0	130	1.08	Ski alone	830	1,280	19	6.3	5.3
			235	1.1.98	〃	1,450	1,230	19	6.0	6.8
			110	0.95	With seal	930	1,690	27	8.2	6.4
		5	95	0.76	Ski alone	1,120	2,610	41	12.7	7.5
			150	1.25	〃	1.110	1,480	23	7.2	5.2
		10	95	0.79	With seal	820	1,750	27	8.5	3.8
	T. A	0	127	1.06	Ski alone	940	1,480	23	7.2	4.4
			225	1.88	〃	1,750	1,560	24	7.6	8.1
			117	0.98	With seal	1,060	1,800	28	8.8	4.9
		5	90	0.75	Ski alone	970	2,150	34	10.5	4.5
			130	1.08	〃	1,830	2,380	44	13.5	8.5
		10	100	0.83	With seal	1,200	2,190	34	10.7	5.1
Kandahar	M. H	0	123	1.02	Ski alone	860	1,190	19	6.9	3.8
			245	2.04	〃	1,870	1,520	1	7.2	8.2
			113	0.94	With seal	1,040	1,860	25	8.9	4.6
		5	90	0.75	Ski alone	1,060	2,350	36	11.0	4.7
			130	1.08	〃	1,900	2,930	45	14.2	9.2
		10	98	0.81	With seal	1,270	2,590	35	11.3	5.4
	K. S	0	130	1.08	Ski alone	1,000	1,540	23	7.2	4.5
			235	1.96	〃	1,490	1,660	36	6.1	6.9
			130	1.08	With seal	1,220	1,850	36	9.8	4.9
		5	95	0.79	Ski alone	970	2,310	39	10.5	4.8
			150	1.25	〃	1,470	1.910	39	9.3	6.9
		10	100	0.83	With seal	1,150	2,090	32	10.2	4.2
	T. A	0	123	1.03	Ski alone	950	1,550	24	7.6	4.4
			210	1.73	〃	1,770	1,690	26	8.2	8.2
			117	0.98	With seal	1,050	1,810	28	8.8	4.9
		5	87	0.73	Ski alone	970	1,550	35	11.0	4.5
			140	1.17	〃	1,960	2,800	44	13.6	7.9
		10	100	0.83	With seal	1,170	2,320	36	11.3	5.4
Langriemen	M. H	0	120	1.00	Ski alone	900	1,500	20	7.3	3.9
			220	1.83	〃	450	410	6	2.0	1.9
			115	0.96	With seal	860	1,520	20	7.4	3.8
		5	90	0.75	Ski alone	1,170	2,620	41	11.8	4.9
			140	1.19	〃	1,770	2,780	37	16.1	8.6
		10	100	0.83	With seal	1,330	2,610	33	15.8	7.5
	K. S	0	130	1.08	Ski alone	720	1,100	33	12.8	7.4
			220	1.80	〃	1,320	1,200	18	5.8	6.1
			120	1.01	With seal	990	1,760	37	6.5	4.2
		5	90	0.75	Ski alone	1,310	2,320	38	11.5	4.8
			148	1.23	〃	1,570	2,210	36	10.8	7.3
		10	99	2.83	Ski alone	1,150	2,340	36	11.4	5.4
Race	T. A	0	265	2.21	Ski alone	950	720	11	3.5	4.4
		5	150	1.25	〃	1,240	1,650	26	8.1	5.7
	M. H	0	255	2.12	〃	1,870	1,460	20	7.1	8.2
		5	155	1.30	〃	1,750	1,460	10	7.4	4.6
	K. S	0	275	2.29	〃	1,170	850	13	4.1	5.5
		5	150	1.25	〃	1,130	1,500	23	7.3	5.3

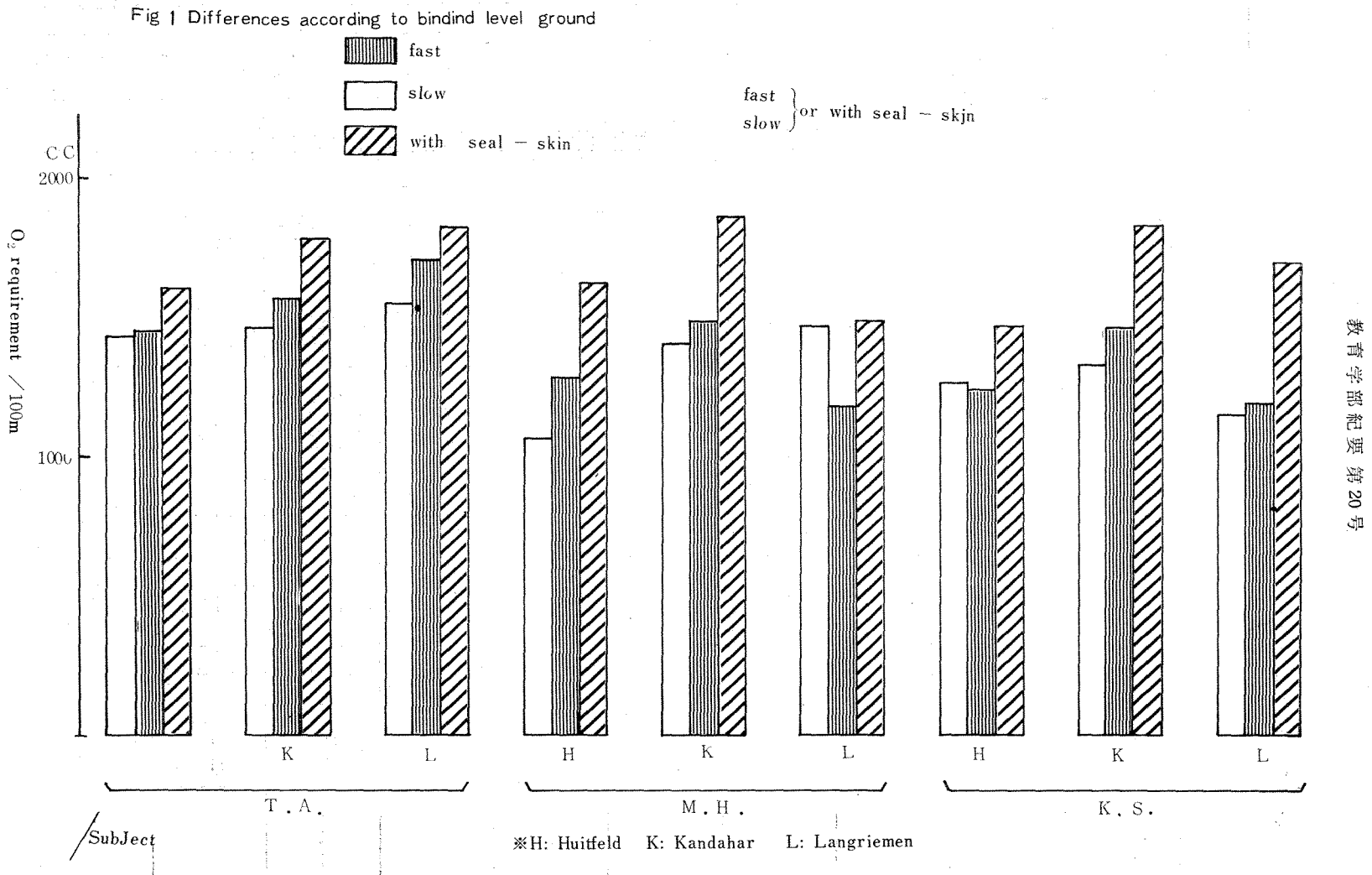
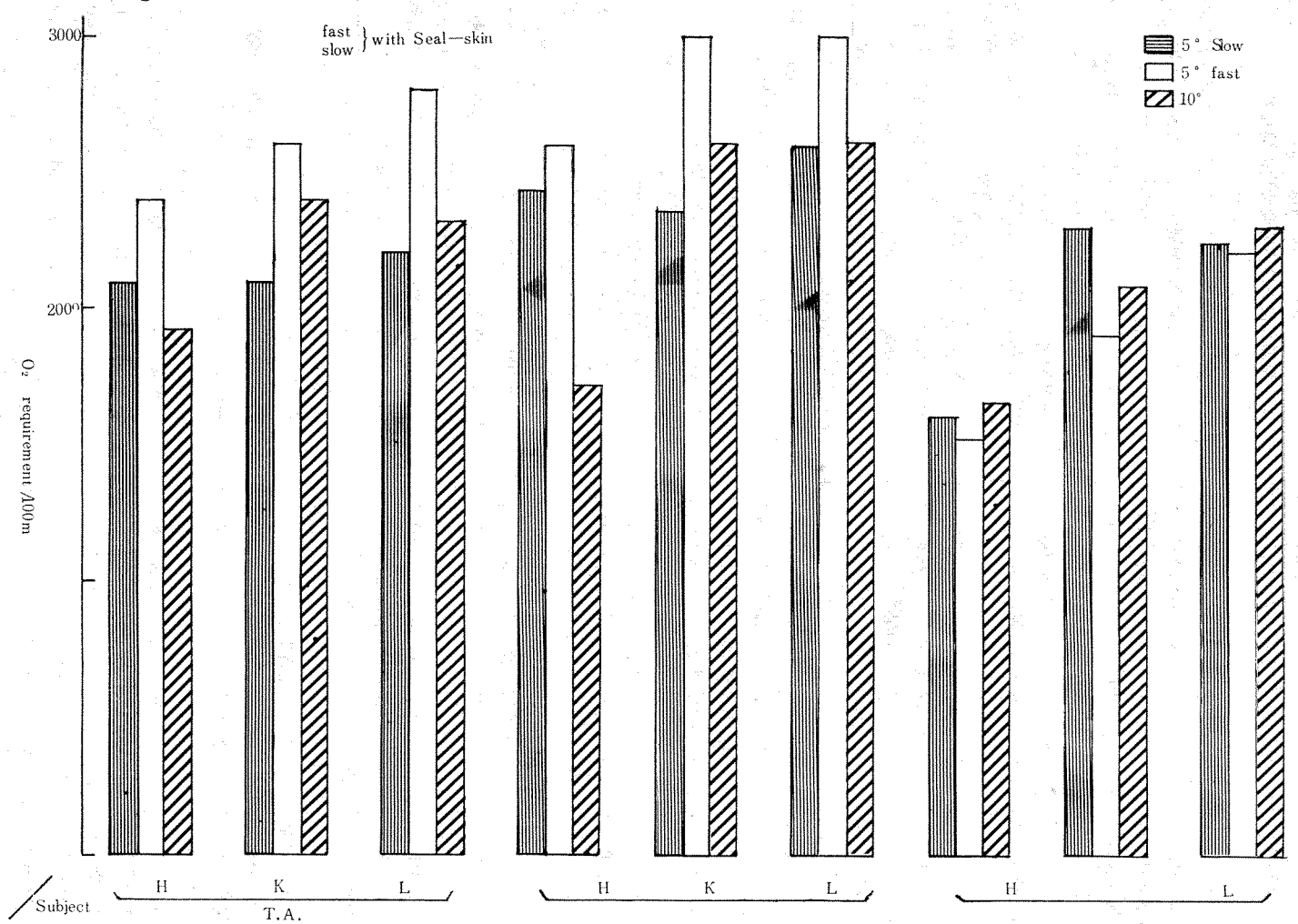


Fig 1 Differences according to bindind level ground
fast
slow
with seal − skin
fast / slow } or with seal − skin
CC
2000
1000
O2 requirement / 100m
K
L
H
K
L
H
K
L
T . A .
M . H .
K . S .
SubJect
※H: Huitfeld K: Kandahar L: Langriemen

Fig 2 Differences accoding to birding degree of slope



※H：Huitfeld　K：Kandahar　L：Langriemen

平地滑走の場合は，2通りの速度指示を与え，両者の比率が1：2になるようにし，5°緩斜面の試技では1：1.5にさせた。なお，平地におけるシール着用の意図は後述の斜度10°登行との比較のために行なわせたものである。

同一規定時間内の歩行距離が再度の試技にもかかわらず一定になることが困難であるために100 m移動に要した酸素需要量に換算した数値を図示したものが，Fig 1（平地），Fig 2（緩斜面5°，10°）である。

この測定結果から，平地，斜面登行いずれの場合でも酸素需要量の平均値は，Huitfeld, Kandahar, Langriemen の順に増加を示す。すなわち，歩行に際しての踵の上下自由度に順じた傾向を示す。

平地滑走時では最少値の Huitfeld と最大値を示す Langriemen との差は約15%の差があり，斜面登行では約25%の差異が生じている。以上の結果から，現今のスキーに関する概念はツアーからゲレンデスキーへと推移しつつあるが，少なくとも歩行に関しては踵の上下が自由にできる締具が，スライドも必然的に大きくなる利点を加ってエネルギー消費が少ないことを明示している。

一方，技術面からの個人差を考慮した場合，総体的に明確な差異はなはが，緩斜面において上・中級技術者では踵の上下動の是非については余り関係がなくなってくる。この理由としては，スキー板上に固定された締具は上級者が常用して馴化されたものであり，斜面に対する角付及びストック使用技の巧なことに起因していると判断できる。

なお，登行時にかはて上級技術者 K. S の酸素需要量が他の2例に比してかなり低値を示していることが特筆される。

さきに池田が肥満者と痩痩者に同一速度で踏台作業を行なわした場合のエネルギー代謝測定成績においては両群の被検者の基礎代謝にも労作代謝にも有意な差が認められなかったにもかかわらず，両者のエネルギー代謝率は明らかな相違を示したことを報告している。

また，山岡も昇降運動のエネルギー需要量はエネルギー代謝率で表わすよりも体重当たりで表わす方が個人差が少なはと述べている。このような作業では重心を上げ下げすることによって労作に伴って発生する運動量もそれを減殺する制動力も体重に比例して増大するため，体重が負荷量の役割を演ずるためであることは推察に難くない。被検者 M. H 及び T. A は肥満者に属し被検者 K. S は痩痩者に属し，前者群と後者の差はかなり顕著であり，技術差も加味されて上記2例の理由に起因するものが多分にあるものと推慮される。

今後，類例数を多くすることとともに被検者各自のスキー歴，年齢，性別等を要因として締具がエネルギー消費に与える影響の究明に当たりたい。

(2′ 雪質差における斜度変化に関して

われわれは，Ski-touring 時に種々の雪質に当面するが，氷雪学会等で類別されている雪質の選定は山岳丘陵地帯において明確に判別することは極めて困難であるために，一般的に呼称されているものの中から“ザラメ雪質”(Granulated Snow),“温々雪”(Moister Snow),“氷盤雪質”(Ice-bound Snow),並びに“旧粉雪”(Piled and pressed Snow) を取り上げ測定当時の積雪量（沈下度）を考慮して，発行斜度については実験場の地形環境に応じた場所を選定したのであるが，その数値はいずれも平均斜度の選定は行ない得なかった。本項目においては技術程度の同等とみられる女子1名を含む4名の大学生を被検者として選定した。なお使用締具は Kandahar を使用，後部掛金をはずし，踵の上・下動が3～4 cm可能な状態に統一して実験を実施した。

Fig 3 はそれらの斜度0°に対する平均値の変動を示す。すなわち平地（0°）に対する斜度増加に対する 100 m当たり酸素需要量についてみると

i）斜度　5°→15%～52%増
ii）〃　10°→30%～60%増
iii）〃　20°→60%～150%増
iv）〃　25°→130%～270%増
v）〃　30°→400%増　※2例以上のように斜度の増加に伴う差が著明に現われてくる。斜度が20°以上になると100 m当たり運動に要した O_2 需要量の急激な増加率は特筆されることであり，単位時間の需要量の面から論ぜられる Johansons law の各種報告と同一の傾向を示した。各斜度毎にかなり広範囲にわたって増加率が散布したことは，それぞれの雪質の特徴と考えられる。また，被検者 S. T（女子学生）において特に上記の傾向が大であることは留意すべきであり，要因について究明の要を感じている。

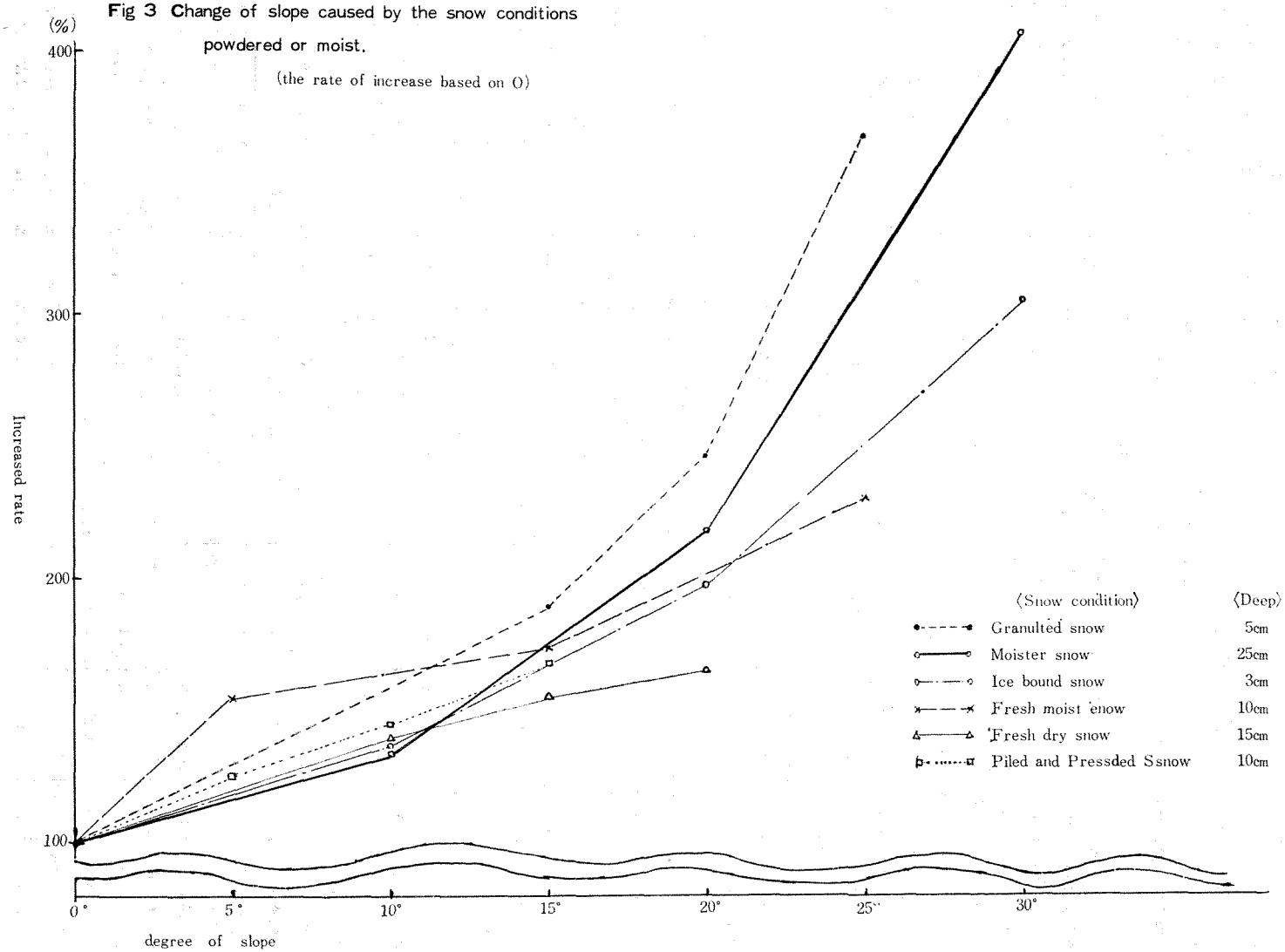
一方，雪質については各種雪質面の硬化度が異なるので論述するには多くの危惧を感ずるが

イ）ザラメ雪質については，積雪状態においてその表面が凍結し，シールの効用がかなり減少するために雪の深さが5 cmの僅少ではあるが，スライドによって生ずる後退を阻止するエネルギーが加担されて斯様な結果を生じたものと判断され，被検者全員について同一傾向が検出された。

ロ）温々雪については別項“歩行順による観点”の項について詳述するが，この種の雪質に関しては踏み固め

Fig 3 Change of slope caused by the snow conditions powdered or moist.

(the rate of increase based on 0)



Tadle 3 (1) **List of various condition** (includ in acility)

Snow-conditions	Deep (cm)	Degree of slope(°)	SubJect	Distance of walking(m)	Speed (m/sec)	Oxygen requirement in this exercise			Cal/1 00m	R・M・R
						CC/min	CC/100 m	CC/100 m /kg		
Piled and pressed snow (Kyu-fun-setu)	10cm	0°	T・A	95	0.79	950	1,970	31	9.6	4.4
			M・M	89	0.75	820	1,810	30	8.8	3.8
			H・N	93	0.77	840	2,000	39	9.7	4.1
			S・T	90	0.75	770	1,710	29	8.3	3.8
			Average	92	0.77	840	1,870	32	9.1	4.1
		5°	T・A	90	0.75	870	1,930	30	9.5	4.0
			M・M	85	0.71	1,110	2,590	42	12.7	4.2
			H・N	90	0.75	1,250	2,770	48	13.6	6.2
			S・T	85	0.71	890	2,140	37	10.5	4.4
			Average	88	0.73	1,030	2,360	39	11.6	5.0
		10°	T・A	90	0.75	880	1,960	31	9.6	4.1
			M・M	90	0.75	1,530	3,410	56	16.6	7.2
			H・N	90	0.75	1,250	2,780	48	13.5	6.2
			S・T	90	0.75	1,110	2,460	42	12.0	5.5
			Average	90	0.75	1,190	2,650	44	12.9	5.2
		15°	T・A	95	0.79	1,720	3,660	57	17.9	8.0
			M・M	88	0.73	1,210	2,710	44	17.8	5.7
			H・N	92	0.77	1,470	3,190	55	15.6	7.2
			S・T	98	0.82	1,160	2,380	41	11.7	5.7
			Average	93	0.78	1,390	2,980	49	15.8	6.6
Fresh dry snow (Shin-fun-setu)	10cm	0°	T・A	90	0.75	710	1,580	25	7.7	3.3
			M・M	95	0.79	860	1,780	29	8.7	4.0
			H・N	100	0.84	1,180	2,370	41	11.6	5.8
			S・T	99	0.83	870	1,730	30	8.4	4.2
			Average	94	0.78	900	1,870	34	9.1	4.4
		5°	T・A	85	0.71	940	2,190	34	10.7	4.4
			M・M	91	0.75	1,380	2,990	49	14.6	6.4
			H・N	95	0.78	2,030	4,220	73	20.6	10.0
			S・T	94	0.78	970	2,060	36	10.1	4.8
			Average	91	0.76	1,330	2,870	48	14.0	6.5
		20°	T・A	55	0.46	1,780	6,480	131	31.0	8.2
			M・M	64	0.53	1,970	6,360	104	31.2	9.3
			H・N	55	0.46	1,790	6,170	106	30.1	8.5
			S・T	55	0.46	1,600	5,810	100	28.5	7.9
			Average	56	0.48	1,780	6,200	110	30.2	8.5
		30°	T・A	45	0.37	2,690	11,710	183	57.0	13.4
			M・M	50	0.42	2,740	10,930	179	53.0	12.9
			H・N	45	0.37	2,290	9,960	172	49.0	11.3
			S・T	47	0.36	3,470	14,480	249	71.0	17.1
			Average	46	0.38	2,800	11,770	196	58.0	13.7
Fresh dry snow (Shin-fun-setu)	15cm	0°	T・A	97	0.78	690	1,400	22	6.8	3.2
			M・M	95	0.79	210	2,530	42	12.3	5.7
			H・N	96	0.80	330	1,740	30	8.5	4.1
			S・T	94	0.78	720	1,530	26	7.5	3.6
			Average	96	0.80	860	1,800	30	8.8	4.2
		10°	T・A	90	0.75	920	2,020	32	9.9	4.3
			M・M	90	0.75	1,430	3,170	51	15.4	6.7
			H・N	90	0.75	1,110	2,470	43	12.1	5.5
			S・T	90	0.75	1,230	2,740	47	13.2	6.1
			I・K	90	0.75	900	2,010	39	9.8	5.0
			Average	90	0.75	1,170	2,480	44	12.7	5.5
		15°	T・A	85	0.71	1,360	3,170	50	15.4	6.3
			M・M	85	0.71	1,250	2,900	48	14.1	5.8
			H・N	91	0.75	1,300	2,820	49	13.8	6.4
			S・T	90	0.75	1,100	2,450	42	12.0	5.4
			I・K	88	0.73	1,240	2,470	43	12.7	5.5
			Average	88	0.73	1,250	2,820	47	13.8	6.0
		20°	T・A	82	0.68	1,340	3,270	51	15.9	6.2
			M・M	80	0.67	1,200	3,010	49	14.7	5.7
			H・N	83	0.68	1,240	2,950	51	14.4	6.1
			S・T	80	0.67	1,010	2,510	43	12.3	4.9
			I・K	80	0.67	1,180	2,630	44	12.7	5.3
			Average	81	0.67	1,200	2,940	49	14.3	5.7

Table 3(2)

Snow-conditions	Deep (cm)	Degree of slope(°)	Subject	Distance of walking(m)	Speed (m/sec)	Oxygen requirement in this exercise			Cal/100m	R・M・R
						CC/min	CC/100m	CC/100m/kg		
Ice-bound Snow (Hyoban)	3 cm	0°	T・A	90	0.75	980	2,170	34	11.0	4.5
			M・M	95	0.79	1,180	2,480	41	12.2	5.5
			H・N	90	0.75	1,170	2,650	46	13.0	5.9
			S・T	90	0.75	970	2,160	37	10.6	7.8
			Average	90	0.76	1,080	2,370	40	11.7	5.2
		10°	T・A	90	0.75	1,360	3,020	47	15.0	6.3
			M・M	78	0.65	1,150	2,950	48	14.3	5.4
			H・N	90	0.75	1,620	3,590	62	12.6	8.0
			S・T	78	0.65	1,280	3,270	56	16.0	6.3
			Average	84	0.	1,350	3,210	53	14.5	6.5
		20°	T・A	90	0.75	1,860	4,140	65	20.0	8.6
			M・M	80	0.67	1,920	4,800	79	23.5	9.0
			H・N	90	0.75	1,840	4,090	71	19.8	9.1
			S・T	60	0.50	1,750	5,820	100	28.5	8.6
			Average	80	0.67	1,840	4,710	79	22.5	8.8
		30°	T・A	65	0.55	2,340	7,360	115	35.9	11.3
			M・M	65	0.64	2,430	6,750	111	32.9	11.4
			H・N	70	0.59	2,110	6,010	104	29.3	10.5
			S・T	60	0.50	3,520	8,400	145	40.9	12.4
			Average	65	0.57	2,370	7,130	119	34.8	11.4
Moister-Snow	25cm	0°	T・A	92	0.77	1,050	2,290	36	11.0	4.9
			M・M	90	0.75	1,430	3,170	52	15.5	6.8
			H・N	90	0.75	1,520	3,370	59	16.5	7.5
			S・T	92	0.76	1,300	2,830	49	13.8	6.4
			Average	91	0.76	1,320	2,910	49	14.2	6.4
		10°	T・A	85	0.71	1,500	3,530	55	17.0	6.9
			M・M	100	0.83	1,870	3,740	62	18.3	8.8
			H・N	90	0.75	1,910	4,250	73	20.8	9.4
			S・T	75	0.63	1,536	4,040	69	19.7	7.6
			Average	88	0.73	1,710	3,890	47	18.9	8.2
		15°	T・A	80	0.67	1,120	2,810	44	13.8	5.2
			M・M	85	0.71	1,340	3,110	51	15.2	6.3
			H・N	90	0.75	1,650	3,670	63	18.0	8.2
			S・T	90	0.75	1,350	2,990	58	14.6	7.4
			Average	85	0.72	1,370	3,150	54	15.4	6.7
		25°	T・A	75	0.63	1,240	3,270	51	16.0	5.8
			M・M	78	0.65	1,740	4,450	73	21.8	8.2
			H・N	90	0.75	2,090	4,650	80	22.8	10.3
			S・T	75	0.63	1,780	4,760	82	23.3	8.7
			Average	82	0.68	1,710	4,280	72	21.9	8.2
Granulated-Snow (Zarame-yuki)	5 cm	0°	T・A	110	0.87	670	1,220	19	5.9	3.1
			M・M	115	0.91	920	1,590	22	7.8	4.3
			H・N	114	0.89	740	1,300	26	6.3	3.6
			S・T	110	0.87	1,000	1,820	31	8.9	4.9
			Average	113	0.88	830	1,480	25	7.2	4.5
		15°	T・A	85	0.71	1,160	2,700	42	13.2	5.3
			M・M	92	0.77	1,270	2,750	45	18.0	5.9
			H・N	90	0.75	1,320	2,430	51	14.4	6.2
				90	0.75	1,390	3,090	53	15.1	6.8
			Average	89	0.75	1,280	2,770	48	15.2	6.0
		20°	T・A	85	0.71	1,570	3,660	57	18.0	7.2
			M・M	85	0.71	1,630	3,800	62	24.0	7.6
			H・N	90	0.75	1,560	3,460	60	16.9	7.6
			S・T	88	0.73	1,690	3,840	66	18.2	8.3
			Average	87	0.73	1,610	3,690	61	19.2	7.8
		25°	T・A	74	0.63	1,890	5,105	80	24.9	8.7
			M・M	76	0.65	2,070	5,450	89	26.6	9.7
			H・N	78	0.66	1,980	5,082	88	24.8	9.7
			S・T	75	0.64	2,280	5,981	103	29.2	11.2
			Average	76	0.64	2,150	5,406	90	26.3	9.8

られる度合が他の雪質に比べて大なる傾向を示すが雪の深さ（スキーの沈下度）が大なるために新雪面を踏みつける力，さらにそれを引き抜く力がむしろ前記の有利条件を凌駕するために前例同様な結果を斉したものと考える。

ハ）氷盤雪質については積雪表面層が一部風化された雪質である。従って踏みつける事により硬化している表面が破壊され，深部に理没する軟雪部をさらに踏みつける因子が加算されることを考慮に入れる必要が生じてくる。

ニ）新湿雪，新粉雪，旧粉雪の三種の雪質については雪の深さが何れも類似しているので斜度に応じて三者同一傾向を示し，雪質そのものについては三者間には明確な差はみられない。

R. M. R についても，各種の雪質間における深度によっては，その示される値には可成りの変動が見受けられるが，前述の 100 m当り運動に要した O_2 需要量との相関から20°以上のコースの選定には十分な考慮が必要である。

従って，長時間の山野 touring のコースを考慮に入れ，一定高度を収得す幾何学的見地から論述するならば約15°の斜度が許容限界であり最も合理的選定方法と推論する。

しかしながら，Table 3 に示した個人差を再検討するならば，個人の技倆，就中ストック・ワークによる要因も実際には大きく混入され得るので，その点ここで単的な推論を下すことは多くの難点がある。（ストックの効用については別述実験を試みている）

いずれにしても，斜度による増加率が大きいのは今回の条件下では20°以上であることは明らかであり，積雪量，雪質が可成りの影響を与えることが判明した。

(3) 速度に関して

スキー歩行時に速度を種々変化させてそのエネルギー代謝を測定すると，毎分速度とともに体の不安定，滑べる，僅少の雪であるが足先で跳ねる雪の量，沈下した雪を引き抜くに要する以外に，速度が大になるにしたがって，姿勢が前屈となる消費が加ってくることがわかる。そこでこの種の労作を行なう場合の労作速度にはエネルギー代謝が最少を示す生理的至適速度があると推察され，この速度を超えると単位時間，単位距離歩行に要するエネルギー代謝が急激に増加するために長時間歩行の ski-touring には大なる影響を及ぼすものと考える。以上の観点から生理的至適速度の発見のために次のような測定を試みた。

測定条件としては湿雪上にコースを設定し，前項との関連から15°斜面を登行させ，用具は Kandahar に統一し，seal skin を付け，さらに16kgの負荷を荷し6種の速度を指示して実験を行なった。

なお速度の決定に当っては指示速度を固守することは各被検者にとって可成り困難を極め，数回の練習後の平均速度を示した。

被検者は何れも大学生でありスキー技術は三者ともに中級者である。Table 4 の本項の測定一覧表である。

Fig 4 は速度の変化に伴う 100 m運動に要した酸素需要量及び R. M. R を示す。

平均速度約 35～40m/min の速度とは各被検者に slow-time を意識させて実施したものであり，100 m運動に要した酸素需要量は3200～3900cc，R. M. R 8～11 に分布する。次で平均速度 45m/min の速度では，熟練されたリーダーを先導者と配して行なったものであり 2900～3700cc，R. M. R 7～9 また平均速度 50m/min の速度は各被検者が山野を歩行する場合の自由速度を指示した場合の速度であり3000～3800・R. M. R 7～10 の値を示し，前者とほとんど変化が見られず僅に R. M. R の値を示し，前者とほとんど変化が見られず僅に R. M. R 増大を見る。さらに平均速度55m，60m，65/min の速度は中程度，高程度全力速度を要述した速度を意味するものである。

以上の結果から各自に自由速度を課した場合の平均約 50m/min の速度では酸素需要量が6種の速度変化の中では最低値を示すが R. M. R では平均8.0を示し可成り強度の労作と考えられる。次で熟練先導者を配した平均速度約 45m/min の場合は酸素需要量では前者より僅少上回るが R. M. R は低値を示している。さらに低速を課した平均約 35～40m/min の時には速度の減少にも拘らず酸素需要量はむしろ前二より者も増大の現象を示してくることは注目に値する。平均速度 50m/min 以上になると酸素需要量・R. M. R の両者はほとんど平行して増大の傾向を呈している。

これらの実験成績から，速度負荷を伴う活動時のエネルギー代謝を考察するときに，単位時間に換算して 1.5～2.0 ℓ 以下の酸素需要量（Fig. 4 は 100 m当り酸素需要量）を必要とする軽度の sports や緩除な運動では，そのテンポの増大に伴うエネルギー需要の増加割合は著明ではなく特例を除いて仕事量に比例するが，大きな力の発現が要求されたり，敏捷な筋収縮を要する労作業においては，僅かの力や速度の増大によって，加速度的にエネルギーが必要となる時点が生じてくるので，生理的至適速度の究明が必要であろう。本項目について総体的に考察するならば，速度の増加とともに R. M. R は一次

Table 4　List of speeds

Average Speed (m/min)	Snow condition	Subject	Distance of Walking (m)	Oxygen requirement in this exercise			Cal/100m	R.M.R
				cc/min	cc/100m	cc/100m/kg		
35～40	Moist	H. N	100	1,580	3,150	67	15.4	8.9
		M. M	125	2,390	3,820	66	18.7	11.8
		S. T	106	2,070	3,860	63	18.8	9.7
45	〃	H. N	84	1,230	2,910	61	14.0	7.3
		M. M	106	1,900	3,580	62	17.5	7.3
		S. T	91	1670	3,680	60	17.9	7.9
50	〃	H. N	82	1,200	2,930	61	14.0	6.9
		M. M	86	1,550	3,610	62	17.6	78
		S. T	85	1,600	3,760	62	18.3	7.5
55	〃	H. N	68	1,010	2,980	63	15.0	5.7
		M. M	61	1,180	3,930	68	19.2	5.2
		S. T	59	1,130	3,830	63	18.7	5.3
60	〃	H. N	110	2,100	3,810	66	18.6	9.9
		M. M	110	2,130	3,860	63	18.9	10.3
		S. T	103	1,130	3,860	69	16.0	9.4
65	〃	H. N	107	1,750	3,280	70	16.0	9.9
		M. M	145	2,910	4,020	69	19.6	14.3
		S. T	126	2,480	3,930	65	19.2	11.6

函数的に増加を示すが，一定距離歩行に要した酸素量との関連を追究すると，被検者全員において45～50m/minにおいて低値を示す。これは路面歩行の通称“ブラブラ歩き”にほぼ匹敵する。それ以下の低速時の場合の酸素需要量の増加理由として，静止的支持動作が加わるために多くのエネルギーの必要性が生じたものと推察し，われわれが日常体験的にも考えられることである。従って低速（40m/min）以下の場合歩行能率（効率）の良否から判断するならば不適当な速度であり，ツアーなどにおけるリーダーの心がける重要ポイントであろう。

また，本実験に関連して，女子1名の測定成績を参考までに述べると，他の男子の場合よりもかなり低値を示す。Booyens and Keating もこの種の歩行では女子は男子に比べてエネルギー需要が少ないと述べているが，性差の影響については明らかでないので今後の課題としておき，例数を殖やして究明に当りたい。

Table 4に本項の成績一覧を示す。

歩行順について

前二項については，実験のために踏み固められたコース上の歩行についてあるが，本項目においては，降雪未踏条件下における先頭者（以下 Russel I と呼称）のエネルギー代謝が極めて大きいことを経験的に知られているので，実際の ski-touring の場合に適切な交代時期を見極めることの必要性に対して標題を取り上げたのである。

以上の諸点に関する知見を得るに当り，実験条件の選定については，時期的・場所的に種々の制約を受けたが次のように設定した。

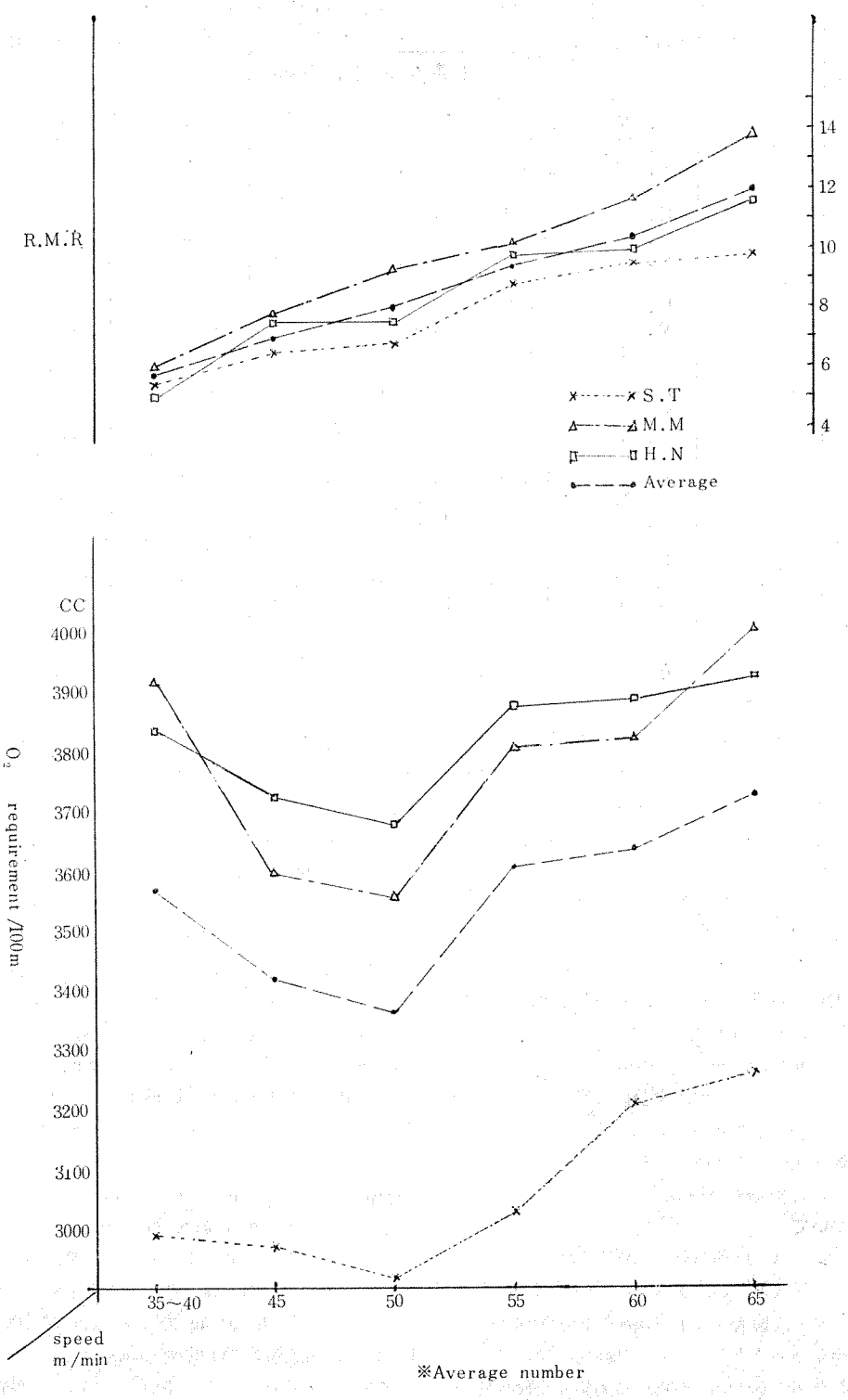
すなわち，Russel，2番目歩行者（(R, II)，3番目歩行者（R, III）の各々が新湿雪（fresh-moist snow），新粉雪（fresh dry snow），極度に湿気を含んだ湿々雪（moister-snow）の雪質条件の下で，それらに相乗する沈下度や速度などの条件のためにどのような変化が起るかについて究明した。その結果を Table 5 に示す。

今回で最少需要量を示したのは，新粉雪，スキー沈下度30cm，速度 5.5～6.6 m/min の条件下であり，そのときの 100 m移動時に要した酸素量を基準にして図示したものが Fig. 4 である。また，測定成績一覧を Table 5 に示す。

Table 5 より R, I についてみると各被検者いずれも規定労作に要した酸素量は，前記諸条件によっても異るが3～4 ℓ の間に分布する。また，雪質が湿気を帯びるに従って動作に負担が多くなることを意味している。しかしながら，R, II，R. III では，これら雪質による差は R. I に比べて顕著には現われない。

さらにこれらのデータから，どのような雪質，沈下

Fig 4 Variation causddeby speed



Tabl 5 (1) List about Order of walking

Order of walking	Snow-condition Deep	Subject	Distance of walking (m)	Speed	Oxygen requirement in this exercise			Cal / 100m	R.M.R	
				(m/sec)	cc/min	cc/100m	cc/100m/kg			
I (Russell)	Fresh-Moist 30cm	T. A	72	0.75	1,360	3,770	59	18.0	6.3	♀
		M. M	100	0.83	1,880	3,780	62	18.5	8.8	
		85	85	0.71	1,930	4,530	78	22.2	9.5	
		S. T	100	0.77	1,990	3,800	66	18.9	9.4	
		Average	89	0.77	1,770	3,970	66	19.4	8.5	
	Fresh-Moist 30cm (Fast)	T. A	110	0.91	1,290	2,340	37	11.0	5.5	♀
		M. M	130	1.08	1,070	1,850	30	9.0	5.1	
		H. N	120	1.00	1,250	2,090	36	10.2	6.2	
		S. T	110	0.92	1,640	2,980	51	14.6	8.1	
		Average	120	0.98	1,310	2,310	39	11.2	6.2	
	Fresh-Dry 30cm (Slow)	T. A	88	0.73	1,330	3,010	47	15.0	6.1	♀
		M. M	95	0.49	1,630	3,440	56	16.9	7.7	
		H. N	90	0.49	1,430	3,180	55	15.6	7.1	
		S. T	85	0.71	1,370	2,570	56	15.8	6.8	
		Avarage	95	0.76	1,440	3,020	54	15.8	6.9	
	Fresh-Moist 40cm	T. A	85	0.70	1,590	3,740	58	18.0	7.4	♀
		M. M	90	0.75	1,770	3,930	64	19.3	8.3	
		H. N	90	0.75	2,140	4,750	82	23.3	10.5	
		S. T	75	0.73	1,320	3,520	61	17.2	6.5	
		Average	85	0.71	1,700	3,980	66	19.5	8.2	
	Moister Moister 25cm	T. A	92	0.77	1,050	2,290	36	11.0	4.9	♀
		M. M	90	0.75	1,430	3,170	52	15.5	6.8	
		H. N	90	0.75	1,520	3,370	59	16.5	7.5	
		S. T	92	0.76	1,650	3,600	62	17.6	8.1	
		Average	91	0.76	1,410	3,100	52	15.2	6.8	
II	Fresh-Moist 30cm	T. A	92	0.76	860	1,860	29	9.1	4.0	♀
		M. M	90	0.85	1,140	2,540	41	12.4	5.4	
		H. N	90	0 75	1,190	2,650	46	13.0	5.9	
		S. T	90	0.76	1,230	2,710	47	13.3	6.1	
		Average	91	0.78	1,010	2,440	41	12.0	5.4	
	Fresh-Moist 30cm (Fast)	T. A	108	0.90	500	930	15	4.6	2.3	♀
		M. M	127	1.05	480	770	13	3.7	2.3	
		H. N	120	1.00	840	1,400	24	6.8	4.2	
		S, T	110	0.91	1,520	2,760	48	13.5	7.5	
		Average	116	0.91	1,520	2,760	48	13.5	7.5	
	Fresh-Dry 30cm (Slow)	T. A	86	0.72	700	1,640	26	7.9	3.3	♀
		M. M	94	0.78	990	2,120	34	10.3	4.7	
		H. N	90	0.75	830	1,830	30	8.9	4.1	
		S. T	85	0.70	8 80	2,090	36	10.1	4.3	
		Average	89	0.74	850	1,920	32	99.3	4.1	
	Fresh-Moist 40cm	T. A	85	0.70	970	2,310	36	11.2	4.5	♀
		M. M	90	0.65	940	2,090	34	10.2	4.4	
		H. N	90	0.65	1,540	3,420	39	16.7	7.6	
		S. T	75	0.63	760	2,040	35	9.9	3.7	
		Average	85	0.63	760	2) 40	35	9.9	3.7	
	Moister 25cm	T. A	92	0.77	390	850	13	4.2	5.8	♀
		M. M	90	0.75	710	1,570	25	7.6	3.3	
		H. N	90	0.75	980	2,170	37	10.6	4.8	
		S. T	92	0.77	1,070	2,630	45	12.8	5 .3	
		Average	91	0.76	790	1,810	30	8.8	3.8	

Table 5 (2)

Ⅲ	Fresh-Moist 30cm	T・A	92	0.77	800	1,730	27	8.6	3.7	
		M・M	90	0.75	1,040	1,100	17	5.3	4.9	
		H・N	90	0.75	1,330	2,520	43	12.3	5,6	우
		S・T	91	0.76	1,070	2,380	32	9.5	5.3	
		Average	91	0.76	1,010	1,930	32	9.5	4.9	
	Fresh-Dry 30cm (Fast)	T・A	108	0.90	530	980	15	4.9	2.5	
		M・M	127	0.91	450	710	11	3.5	2.1	
		H・N	120	1.00	660	1,100	19	5.4	3.3	우
		S・T	110	0.91	1,350	2,460	42	11.9	6.7	
		Average	116	0.91	750	1,310	22	6.4	3.7	
	Fresh-Dry 30cm (Slow)	T・A	86	0.72	820	1,490	23	7.3	3.0	
		M・M	94	0.78	820	1,750	29	8.5	3.9	
		H・N	0. 90	0.65	900	2,000	34	9.8	4.4	우
		S・T	85	0.71	740	1,550	30	8.5	2.6	
		Average	88	0.72	780	1,750	29	8.5	3.5	
	Fresh-Moist 40cm	T・A	99	0.82	940	1,890	30	9.1	4.3	
		M・M	98	0.82	1,360	2,770	45	13.6	6.4	
		H・N	90	0.85	1,300	2,890	50	14.2	6.4	우
		S・T	99	0.83	1,090	2,190	0. 38	10.7	5.4	
		Average	0. 97	0.83	1,170	2,440	41	11.9	5.6	
	Moister 25cm	T・A	92	0.77	790	1,900	27	8.2	4.3	
		M・M	90	0.75	720	1,590	26	7.8	3.5	
		H・N	90	0.75	900	2,010	33	9.8	4.6	우
		S・T	92	0.73	870	1,910	35	9.6	4.5	
		Average	91	0.75	820	1,850	30	8.7	4.2	

度，速度の条件を加味しても R, Ⅰ＞R, Ⅱ＞R, Ⅲ の順位は不動である。

すなわち，R, Ⅰ＞R, Ⅱ よりも新湿雪の状態で約70％増，新粉雪では60％，湿々雪で75％増加を示し，R, Ⅰの労働負担が大なることを示す。一方，R, Ⅱ とR, Ⅲとの間には，30％以下の増減に留まっている。Fig. 5 参照

なお，粉雪時においての速度の変化因子を考慮しての差異が他の諸条件を同一にして行なったにも拘らず生じたのは“速度”の項でも述べたごとく体重の支持動作などに加担された量に起因するものと考える。

作業強度の面から検討すると，スキーの沈下度が30cm以上に及ぶと雪質の如何にかかわらず作業強度としては強度になる。従って時間的因子が加わると労作量は場合によっては莫大になり得ることがわかる。この点からも実際の ski-touring のような長時間歩行に当っては，発汗などを含めた多くの生理的因子が介在するので特段の配慮が必要になってくる。

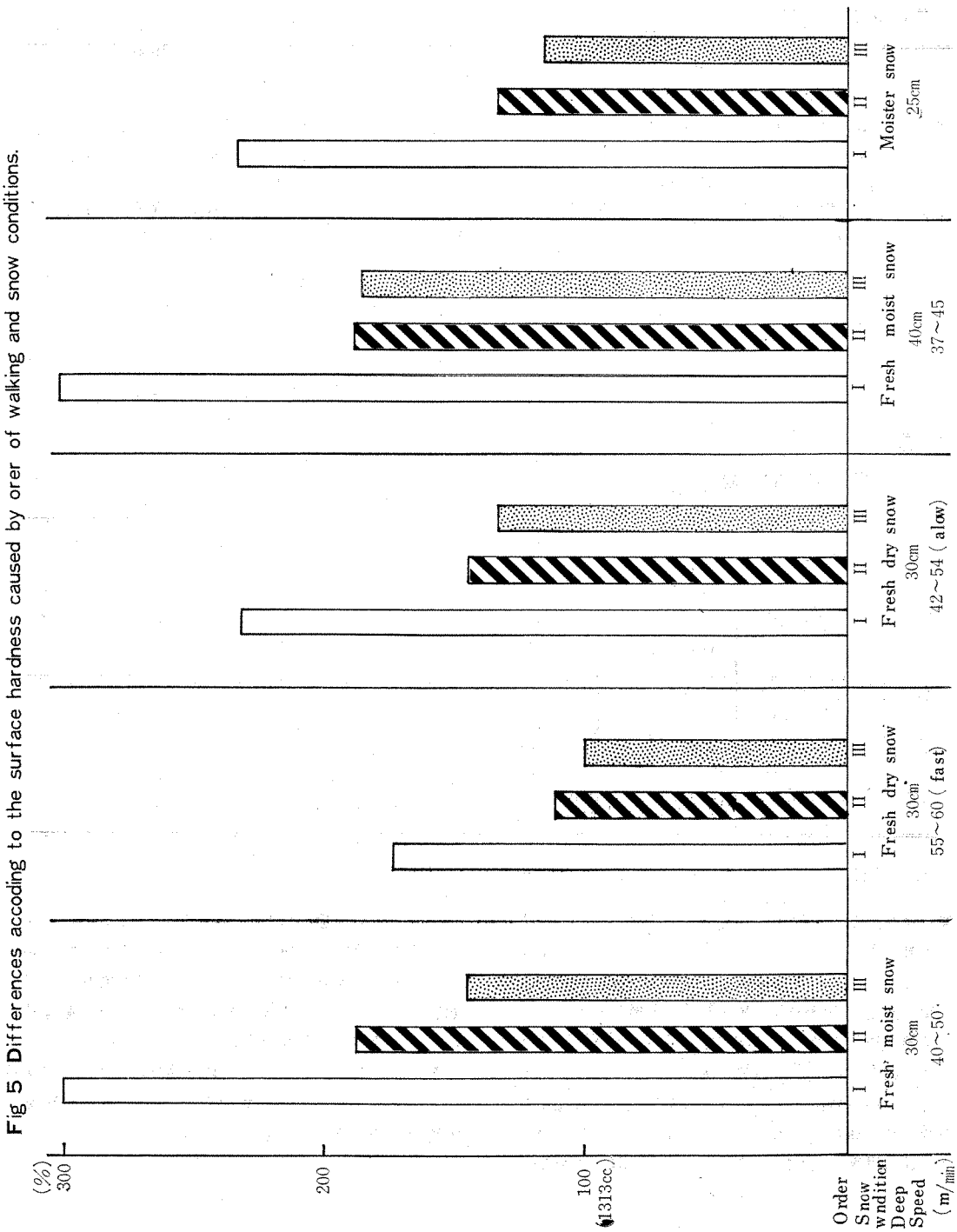


Fig 5 Differences accoding to the surface hardness caused by orer of walking and snow conditions.

総　　括

1)　スキーの締具については，エネルギー消費は，技術の差によってかなり変動するが，踵の上・下動の自由になる用具が消耗度が低いことが判明した。

2)　雪質・斜度の変動については，幾何学的要素から

一定距離を得るためには，約15°の傾斜をコースとして採択することが能率的である。雪質間については端的に推論し得なかった。

3) 至適速度については，R.M.Rと酸素需要量との関連から45～50m/minがこの種の歩行では妥当である。

4) 歩行順位については先頭者のエネルギー代謝量が後続者にくらべると極めて大である。

稿を終わるに当り，ご協力下さった山崎，大宮，室木諸先生に感謝します。

この論文の要旨は第14回，第15回，第16回日本体育学会で口演発表した。

なお，研究費は昭和37年，38年度文部省科学研究費交付金（試験研究）によって支弁された。

参考文献

(1) 小田 俊郎：運動の生理と臨床，1963，診断治療社
(2) 山岡 誠一：スポーツのエネルギー代謝び関する研究，1952，体力科学
(3) 雪面歩行とスキーのエネルギー代謝について，中村 正他，1952，日本公衛誌，9の11
(4) 中村 誠一：歩行のエネルギー代謝に関する研究，1952，日本公認誌 9の11
(5) 山岡 誠一：スポーツのエネルギー代謝と栄養(Ⅱ)1954，教都学大紀要
(6) Jahanson,W,R (ed) :Science and Medicine of Exercise and Sports, Harper and Brathers 1960.
(7) Christensen, E.Hand Hogbery : Physiology of Skiing Albegtsphyfol 1950.
(8) Henry, F.M, and De Moor,J: Metabolie Efficiency of Exercises in Relation to Work Load at Constant Speed, J. Applied Physical, 1950.
(9) Peter V, Karporich: Physiology of Musscular activity, 1958.
(10) Ogawa else: Study on the Energy Metabolism in Skiing, The Japanese of Physical Fitness, 1957
(11) 沼尻 幸吉：歩行・運搬のエネルギー代謝に関する研究(第1，第2報) 労働科学，1962
(12) 小泉 親彦：軍陣衛生 東京，1930
(13) 松本徳之助：歩行の衛生学的研究(1) 日衛誌，1935
(14) 小川 知福：歩行に関する実験的研究，労働科学研究，1935
(15) 古沢 一夫：自由歩行のエネルギー需要量について，同上誌，1936
(16) 奥山美佐雄：無酸素ガス代謝について，同上誌 1933
(17) 福居 謙三：小児日常動作のエネルギー代謝に関する研究，長崎総合公衛誌，1953
(18) 沼尻 幸吉：積雪期のスキー滑降の労働量，第32回日産医学会，1959

第4章 適正運動量に関する研究

緒 論

近年各種スポーツ運動についてその強度をエネルギー代謝の面から測定されている一方人体のメカニズムから，心機能との相関において考察する研究が行なわれ著しい効果を得るようになっている。しかしこの種の研究にみられる種々の報告は必ずしも各分野に亘って網羅されているとはいえず，しかも正課体育時とか，課外活動の一定時間内の運動量が効果的か否かを定量的に把握できるための研究対象となるような類例は余り見当らない。この種の研究は現場指導面に当る教官層からも可成り強い要望があり，それに対する局部的解答として応ぜんがために本研究に着手したのである。

第一番目に，本学において正課体育時において実施されている各種教材の中から，学生の実質的当該時間による運動量を追求しながら運動の効果を究明するとともにエネルギーの需要量と消費との関係，心機能との関連性と考察して指導，管理に関する知見を得たい。

第二に本学において毎年新入学生及び第二学年教養生に，体力測定を実施し各自の体力を認識させ，健康管理のデータとしている筋持久力測定方法の一つである連続片脚跳におけるエネルギー代謝と循環機能に対する影響についての考察を述べてある。

特にこの種目のみを取上げた理由は

第三番目に，小学生の心疾患児童の健康管理に関連して現場養護教諭との協力で，この種の児童に対する適正運動量を検討すべく行なった実験の結果を報告する。

以上3編はそれぞれ異った対象について筆者が行なった実験ではあるが，適正運動量の探究という観点からは何れも同じ方向付をもっているので，この章に纒めたものである。

第1節　正課体育時間内における運動量について

○ 測定方法

体育教科の正課配当時間中の作業量値を，エネルギー消費面と脈搏数の変動から究明すべく今回は basket ball 及び badminton の2種目をこの期間中に測定した。

（昭和40年9月～11月）

被検者の選出は札幌市内K高等学校第2学年生徒3名を抽出し，事前に timesteady 法により当該時間の内容を分析，以後常法によりダグラス法により呼気を蒐集し，分析に当っては Scholander 微量ガス分析器によりその総量と分析値により Retrative Metabolie Rate（エネルギー代謝率）を求め時間因子を加えて労作量値を求め本問題の解析の一因子とした。一方 Telemeter (N. E. C. 製医用）による脈搏数の時間経過に伴う変化を測定し，両者の相関について検討を加えた。

○ 結果並びに考察結論

Table 1は，badminton, basket-ball 教材を，配当時間中第5時限目に取り上げて実施した時間中の被検者3名の平均値を示したものである。（3名は担当教師の指名により，活動度の大，中，小の代表的生徒)。この結果から当該時間中の労作量値は basket-ball の場合，約200cal. R. M. R の平均値は4．3である。これは一般高校生1日の標準カロリーが，別途生活調査票から算出された約2000～3000cal（実働率60%，中等労務者に相当する）とすれば，その約10%が本時限内に消費されたことになる。別途行なったクラブ活動時におけるボート部選手の3時間における消費カロリーは実に，この時間内で実に4000カロリーを越えている。

高校の正課体育1時間（実質的には正味45分）の消費熱量は，その取扱う教材，指導法，編成人員，可動範囲，施設用具 etc. によって大きく左右されるのは当然配慮されねばならないが，前述のように本時単元の展開については，配当時間中第5時限目の授業展開であって，説明に要した時間は約6分半であり，これが導入段階や基礎技術の学習段階であれば，教師の説明する時間も必然的に多くなり，従って単位時間内の運動量も減少するので，指導に当っては本来の目的に approach するためにもかかる点に十分な配慮が必要と思われる。これらの解明が適正運動量の解明の手がかりとなるであろう。

Fig. 1は，basket-ball 授業中の心搏数変化と，R. M. R との変動を図示したものであるが "warming-up" 後の "two-men dash" や "running-shoot" などの労作においては，特に2つ以上の動作を併用して行なう場合，すなわちこの場合 "走ること"，"跳ぶこと"，あるいは次の順番を待機している体息期が混合している状態であるが，特に，その関連動作を含めた R. M. R の算出に当っては，それぞれの個人差を伴うために多くの疑問点が生じ，それによって起算される労作量値についても可成りの変動範囲が考えられてくることは止むを得ないことである。検者の不足により統計的処理を行なうための最低人員の被検者を対象にでき得なかったが，もし，多数の被検者について行えば，偏異も当然大きくなることが予測される。

しかしながら，今回の場合について限定して述べるならば，図中高値を示す場合は実際にその動作を実施したとき斡ものであり，低値を示すものは待機中のものであることはいうまでもない。

さらに "three offens to two defense" 実施中の心搏数と R. M. R，ゲーム中の心搏数と R. M. R との関係についても，今回の測定では，ほぼ比例的な傾向を示していることが推測できた。これは Berggen and Christensen などによって行なわれた酸素消費量と脈搏の関係による尺度と同一傾向を示した。R. M. R の面からこの測定結果を考察すれば，この正課体育時における運動量は，その時間中 100m/min の速度当該時間中歩行を経続しているのと同様の値を意味する。今回は時間の都合上，測定，考察は試み得なかったが心拍の回復率との関係から，平常高等学校における10分間の休憩後の授業面にのような影響を与えるかという点を体育が教育の一教科としてと上げられている以上その目的に到達す意味にいても検討，究明を加えること必要であることを感じている。

(Fig. 2）ついで badminton 授業について考察すると，50分の授業中，今次単元に対する教師の説明並びに師範動作の見学のために要する時間がかなり多く使用されているので，労作量値では 143.2 cal と basket-ball を教材として取り上げた，授業容内に比して低値を示す結果を生じている。R. M. R についても，全体の⅙を占める8分間に限定して実施させているが，本来 badminton, single 試合時では通常約7.0を示し強労作に属し従って実働率もかなり低くならざるを得ないのが論理的にも例証されている。しかしながら，今回の場合，被検者の技術が未熟であるため，ラリーの応酬が持続出来得ず，加えて熟練者にみられる，自己の能力のベストをつくす努力もなされていないために表示されている，強度を現わしていないものと考えられることと，またその他の動作のために費やされる不必要なものと併用して 6.1

の低値を示す結果が得られたものと判断する。従ってbadminton 授業時間の配当時間は Table 2 に示す構成であるが，本時間内の R. M. R の平均値は2.9であり，これは毎分約 80m/min の通常人の歩行に匹敵する労作量とほぼ同じである。

Table 1 ·Baskete-Ball

	点呼	準備体操	2線速攻		ランニングシュート		2対3	ミドルシュート	グループ分	観戦	試合	整理体操	説明	計
			実施	待機	実施	待機								
R.M.R	0.5	4.4	26.4	2.1	24.7	2.1	7.8	3.4	1.0	0.8	7.3	3.1	0.5	4.3
Time（分）	2	2	0.45	2.15	0.50	2.40	3.5	2	12	10	10	2	1.5	45
労作値cal	1.0	8.8	19.8	4.7	20.6	5.6	27.30	6.8	0.0	9.6	73.0	6.2	0.75	193.9

Table 2 ·Badminton.

	点呼	準備体操	打ち合い	見学	説明	試合	見学	打ち合い	説明	整理体操	計
R.M.R	0.5	4.4	6.6	0.5	0.5	6.1	0.5	6.6	0.5	3.1	2.9
Time（分）	4.5	2.5	5	10	3.5	8	7.5	$4\frac{2}{3}$	$1\frac{1}{3}$	2	4.9
労作値cal	2.3	11.0	23.0	5.0	1.8	48.8	3.8	30.6	0.7	6.2	143.2

Fig 1　バスケットボール授業中の心博数変化とRNR

被験者ＹＮ.ＮＳ.ＹＭ３名男子平均
40年７月　Ｋ高体育館第３校時測定

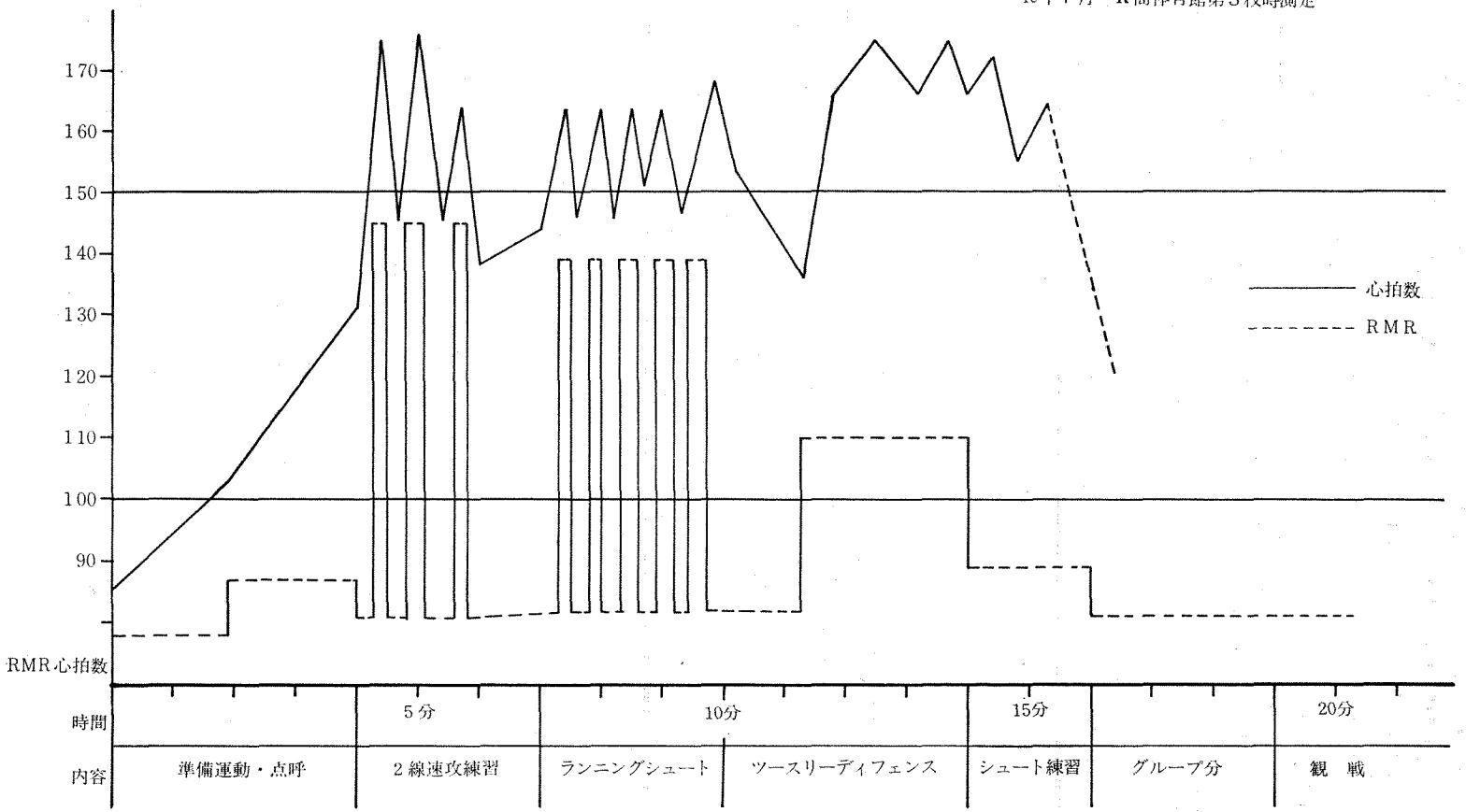
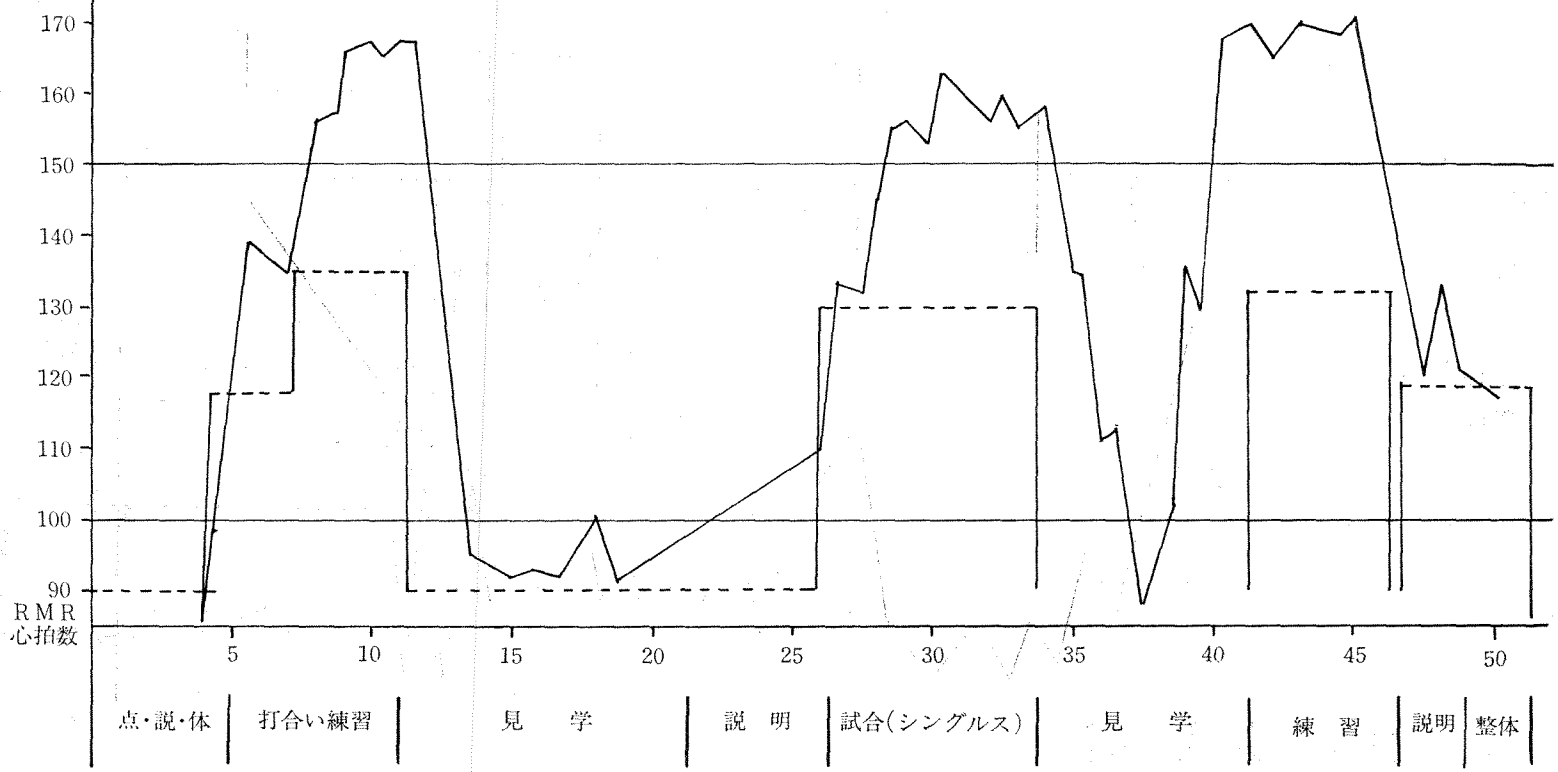


Fig 2 バドミントン授業中の心博変化とRMR

被験者　NY・M・・H・T（いずれも男子)3名の平均
40年　K高体育館 —— 心拍数 ----- RMR



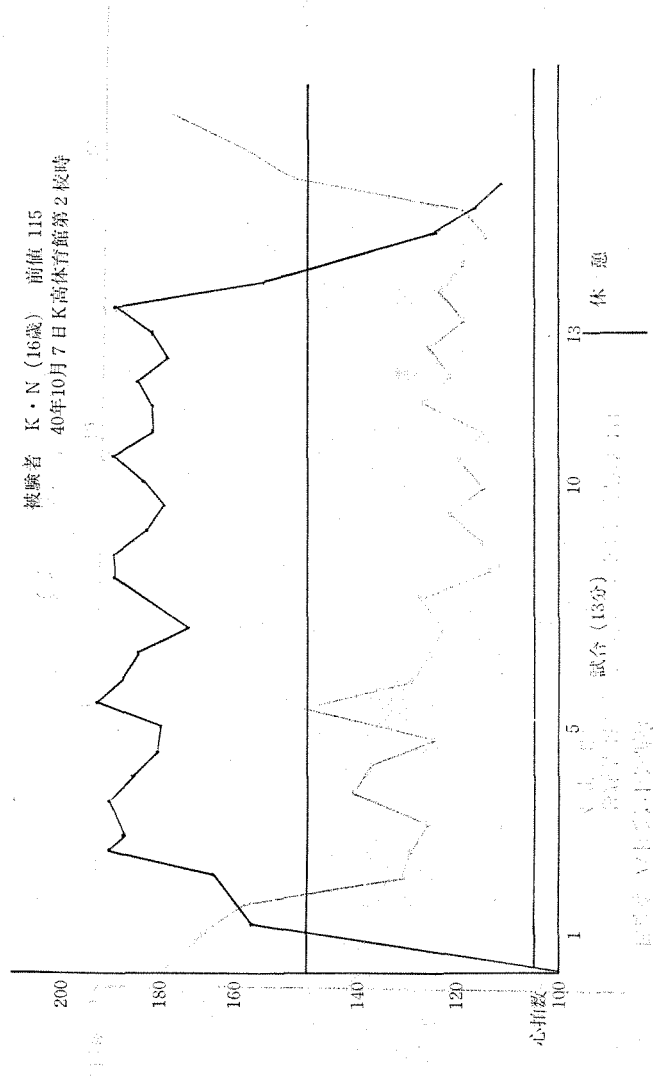


Fig 3　バスケットボール試合

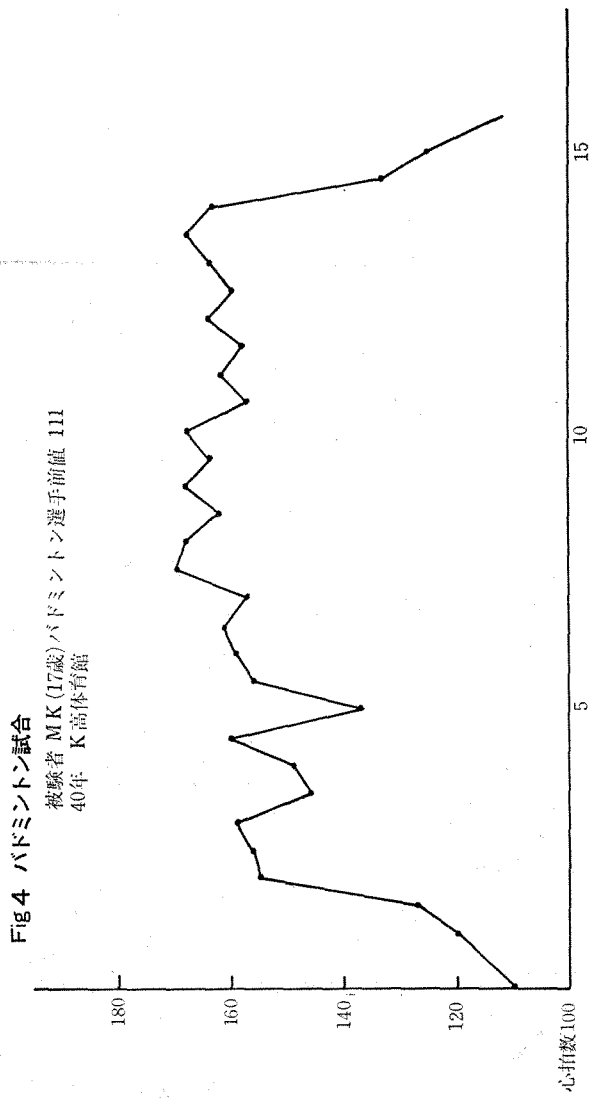
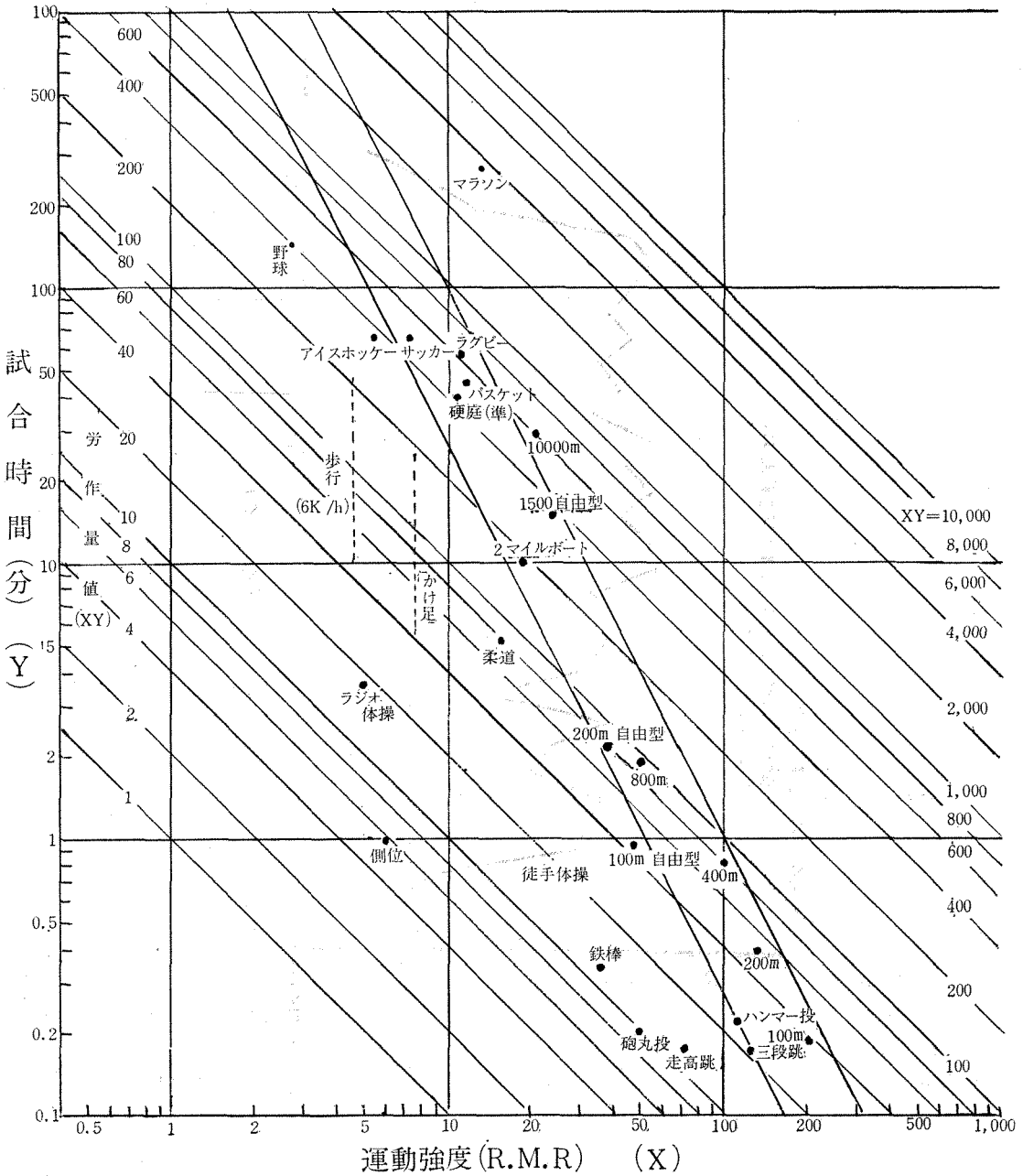


Fig 4 バドミントン試合
被験者 MK (17歳) バドミントン選手前値 111
40年　K高体育館

一般に，作業強度（R. M. R）と実施時間数との相乗値を先に述べたように労作量値と称し，その作業内容の負荷量を論ずる基本的な指標とされているが，この2つの因子を両眼対数で示した場合に Fig. 5 のような関係が示される。

Fig 5 試合時間と運動強度との関係



作業強度（R. M. R）と持続時間数との間には負の相関が成り立ち，athletic-sports と考えられているものは，一定の範囲内の帯域の中に散在する。従ってこの帯域の下限が athletic sports と recreation-sports の

境界と考える。またこの帯域の上に散在する種目は特殊な鍛練者のみに可能な sports 種目であり，この帯域後方にある sports は，recreation 的 sports である。勿論，何れの種目でもその強さ（R. M. R）を弱めたり，あるいは試合時間を操作することによって，両者は入れ替ることは当然である。

従って実際に当っては，これらの点に留意し合目的な授業展開をなされて行くことが必須である。今時は一時的現象を捕えたに過ぎないが，特に寒冷期において実施せねばならない本道各地の特殊条件下では，積極的にこのような問題に取りくむことが必要であろう。

なお basket-ball, badminton において参考までにそれぞれの教材についての鍛練者の心拍の変化のみを，ゲームについて図示したものが，Fig 3, Fig 4 である。実施内容は既述のものと若干の相違はあるが平均して心拍数で鍛練者は control に比して10～15 低値を示している。この理由は R. M. R では前述の如く，例えば badminton ゲームでは鍛練者が，むしろ高値を示している点を考え併せれば，この鍛練者の労作において R. M. R と心拍数の間には逆比例の関係にある傾向を示し，今回の類例のみでは，この両者間に比例関係が成立すると断定出来得る資料にはなり得なかった。

なお，運動量の測定に当って最も妥当と思われる作業強度を示す R. M. R の観点から本測定以外の正課体育時に取上げられている種目について telemeter を使用して心拍の変動を測定した結果次のような値を得た。調査種目全項目にわたって個人差が著明であり，成って運動量の適否についても冒頭に述べた如く，あらゆる角度から追究した結果から推論で出来得るものと考えている。

（各種運動中の心拍数）

歩　　行（至適速度）	100～115	R.M.R	2.1～2.4
急　　歩(100m/min)	120～140		4.7
トロット走	140～155		6.5～7.0
卓　　球（練　習）	85～110		2.2
インターバル走	130～180		7.5
ラグビー（練　習）	145～175		7.6
ウエイトトレーニング	120～140	（スクラッチ）	
〃	95～130	（プレス）	
1500m走	170～190		

結　　論

今回の測定，実験から当初の目的である一応の傾向，端緒のみは把握できたが R. M. R によって各種運動の強度を比較できるのは厳密には，呼吸器系，循環機能が，その労作に適応できる限界以下の強度労作についてであり，運動能力に対する個人差もあって一般的に取扱うのは困難が多く，極端な場合をも生じる可能性を含んでいる。また，心拍数の変化，その他からの結果を総合して，授業展開に際しては可能ならば他教科と同様能力別による指導型態が望ましく，そのことが効果を挙げ得るものと判断する。

なお，今回の測定調査は1学級50名編成であり，全体育館を full に使用可能な極めて理想的条件下で行なわれたものを対象にしたが，現状はほとんどのこのような状態が望めず，今後さらに測定調査を促進し，現実に各学級で行なわれている多学級，多人数指導中の実態を明らかにし，よりよい授業効果及びカリキュラム編成の一指標になり得るように検討を進める所存である。

さらに適正運動量は，いかにあるべきかについてあらゆる角度から究明に当りたい。

本稿の要旨は昭和40年日本体育学会において口演した。

稿を終えるに際し，終始協力して下さった現美幌高等学校教諭須田力，旭川高専本間実助教授の両氏に深甚なる謝意を表します。

参 考 文 献

(1) 久松栄一郎他：スポーツ医学，1963，杏林書院
(2) Benediet, F. G: Carn. Inst Pub, No.503 (1938)
(3) Du Bois, E, F.: Basal Metabolism in Heath and Disease, 1959.
(4) 高比良英雄：栄養研究所報告，1.61，1925
(5) 福田　正弘：日本生理学雑誌，1953，15，68
(6) 鈴木慎次郎：栄養学ハンドブックのうちエネルギー代謝，1959，技報堂
(7) Robinson: S, et al: J. Appl, Physiol, 1958, 12,197
(8) 山岡誠一・他：体育学研究，1938，12，197
(9) 白井伊三郎：体力科学，No.2，12，1950
(10) 浅野　辰三：米子医学雑誌，8，675，(1957)

第2節　体力診断の指標としての“連続片脚跳におけるエネルギー代謝と循環機能に対する影響について”

〈緒　　論〉

北海道大学では昭和30年来，全入学生に対して体力測定を春秋2回教養部在籍中，都合4回にわたり実施し，本人の体力の自覚，指導の資料及び低体力者の発見に寄与し，その結果は過去数回に及んで日本体育学会に発表して来た。

当該論文は，各種測定項目の中で持久能力測定方法の一つである“連続片足跳/min 間における労作強度並びに負荷前後値の心電図の究明に当った。特にこの種の測定項目を取り上げた理由は近年体位の増強は真に目覚しいものがあるが，行動体力の一要素である持久力は，むしろ戦前より低下し，サイバネテイックス支配による自律神経失調者が頻出することに着目したのである。

測定方法

エネルギー代謝については，指定した1分間の跳躍中及び回復期20分間の呼気総量値から，常法による分析方法でR. M. R を算出した。循環機能の測定は跳躍中及び回復期3分間の脈拍を tele meter で測定し，pulse-rate を算出し，別途行なった Hevert-step test の値と比較検討し，さらに心電図を負荷の pre 値 post と値において考察を加えた。

結果並びに考察

被検者14名（本学学生）14名の体位と，1分間の跳躍距離及び同時間の歩数との間には何等相関が認められない。(Fig. 1)

なお，本実験の場合，口及び鼻腔にガスマスク，背中にダグラスバック，胸部に電極を装備をしての試技を行なわせるため，各被検者の T-scores は，この種の装備を着用しない場合に比べて可成り低値を示し，別途行なった跳躍距離との差は，被検者全員において20～25%下回っている。

ついで，跳躍距離と各自の示したR· M. R との間には r=0.45(0.10> p> で10%との危険率で両者の間に有意な相関が認められる。

このことは，跳躍距離が大いなると必然的に与えられた時間内の運動量も増大し，その結果，斬様な差が生じたものと判断している。(Fig. 2 参照)

一方，▲環機能と作業強度との間では，pulse-rate, hevert-step-test の何れの成績とも相関が認められない。Fig. 3 , Fig. 4 参照。但しP. R と H. S. T との比較においては，その回復率は H. S. T が P. R よりも大であることが判明している。この事実は連続片脚跳の作業強度が1分間の作業時間にもかかわらず3分間の持続運動の H. S. T 負荷よりもはるかに大きいことを意味し，低体力者の負荷としては妥当か否かについて再検討の必要が生じて来ている。(※ 昭和44年度からは，全国大学保健体育協議会で H. S. T に変更している。) 身長との間にも同様のことがいえる。(Fig. 5)

次に心電図所見であるが，被検者全員に対し，運動前後に，12誘導全部を記録した。V_1, V_2, V_3 誘導は，双極誘導，V_4, V_5, V_6 で既に別途行なって得られている知見に新しく追加するような成績が得られなかった。

この実験中，僅か1例に，R. S. T 分節が，V_4, V_5, V_6 誘導では変化がないが，Ⅱ，Ⅲ，$_aV_F$ 誘導で有意の波型変化を示したものであった。その平均ＱＲＳ軸は，約＋120°で異常であり，現在 aneina があると考えられる。変化があった場合には，それは常に V_4, V_5, V_6 誘導に最も大きく現われるので，その意味でも肢誘導の必要性が再確認されている。

以上のことから，現在では乏血性疾患において V_4, V_5, V_6 誘導に生じたＲＳＴ分節の変化が有意の変化であると諸家が報じている。しかしながら，QT 間隔，RP 間隔の計測と，その理由は明らかではないが“正常範囲内変動 innocent varriant”のＲＳＴ分節の特徴ある変化は，Ⅰ，Ⅱ，Ⅲ誘導で最もよく測定されるので今回のような激労作の妥当性について云々する場合に大いに役立つことが判明した。

今回の負荷終了後，2～6分後の心電図波型には，特筆される変化はない。心拍数は，通常負荷直後心電図では 110～140/min の範囲まで増加するが，4～6分後の心電図では，安静時心拍数に戻るか稍々減少している。それにもかかわらず，心拍数が時々この様式にならず頻脈（100～110）に持続することが従来の実験で例証され，今回においても2～3の例に見受けられた。

しかし，ほとんどが，正常反応態度 physiological response を示した。すなわち，接合点は，0.5㎜ 乃至それ以上下降しているが，ＲＳＴ分節はT波の頂点まで上昇している。心拍数により補正された QT 間隔は，運動負荷直後2分で短縮し，4分，6分では，安静時補正 QT 間隔よりも延長している。平均ＱＲＳ軸は若干偏位しているがＱＲＳ群は波型並びに時間幅には有意の変化を示していない。心拍数により補正されたＰＲ間隔は，通常変わらないといわれているが，運動負荷後 4～6 分の E. K. G では，安静時 E. K. G に比べて PR 間隔の僅かの延長がみられた。しかしU波は依然と現われていない

が，運動直後その大きさを増してきている。このことは，心房性ならびに心室性期外収縮が，運動負荷前にあったとしても，1分間の短時間の労作では余り影響されないものと判断する。これらのことは，全く異常のない人にも運動負荷後の時期に心房性が心室性期外収縮の散発することがあるので注意の必要があると思う。T波については，波高値が増大するもの不変のもの，軽度減高のものが見られ，端的に推論を下し得なかった。

Fig 1 Relationship of Distance per minute to the Numbers of step

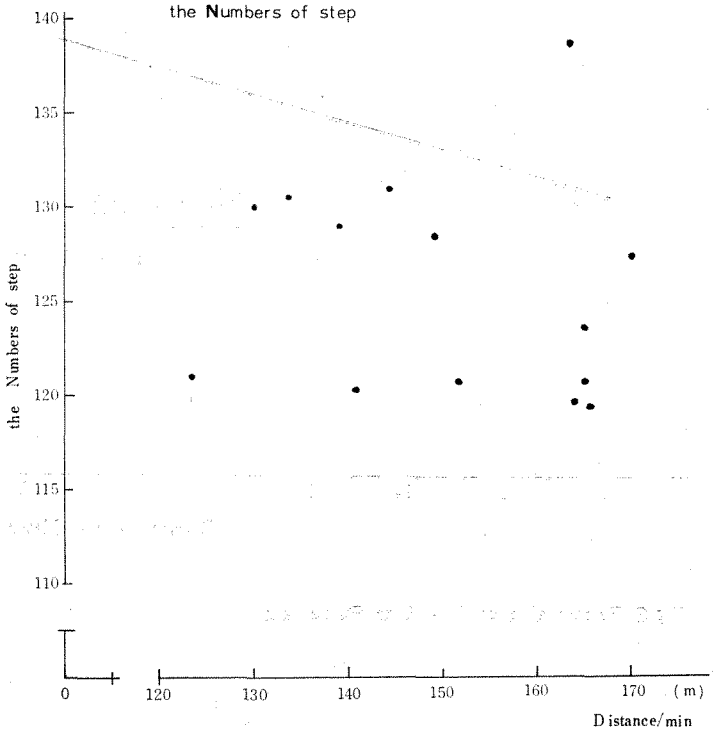


Fig 2 Correlative coefficient bettween R.M.R and Distance per minute

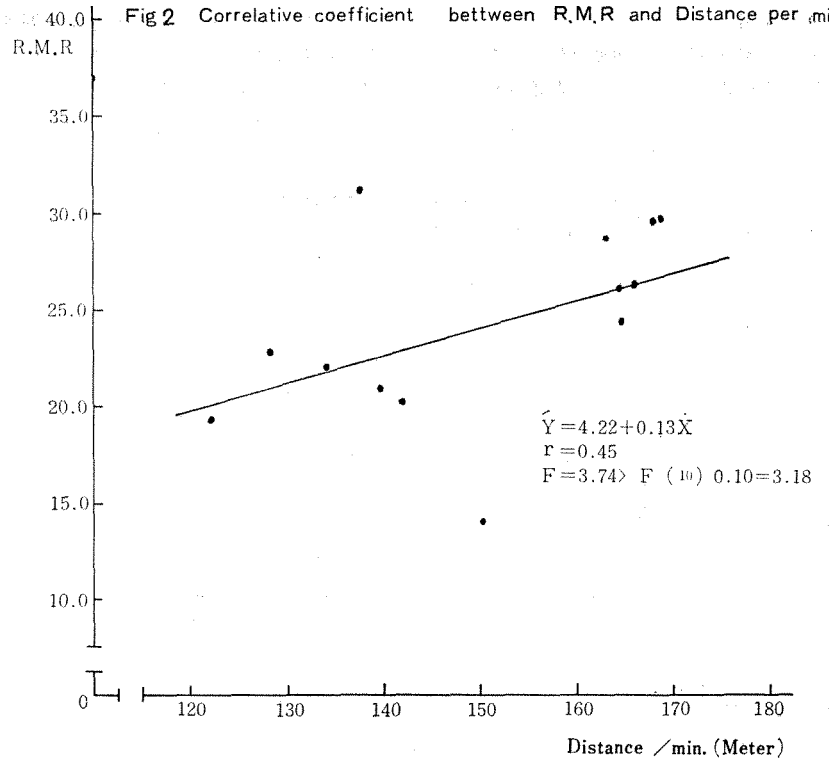


Fig 3 Relationship of R.M.R to Pulse rate

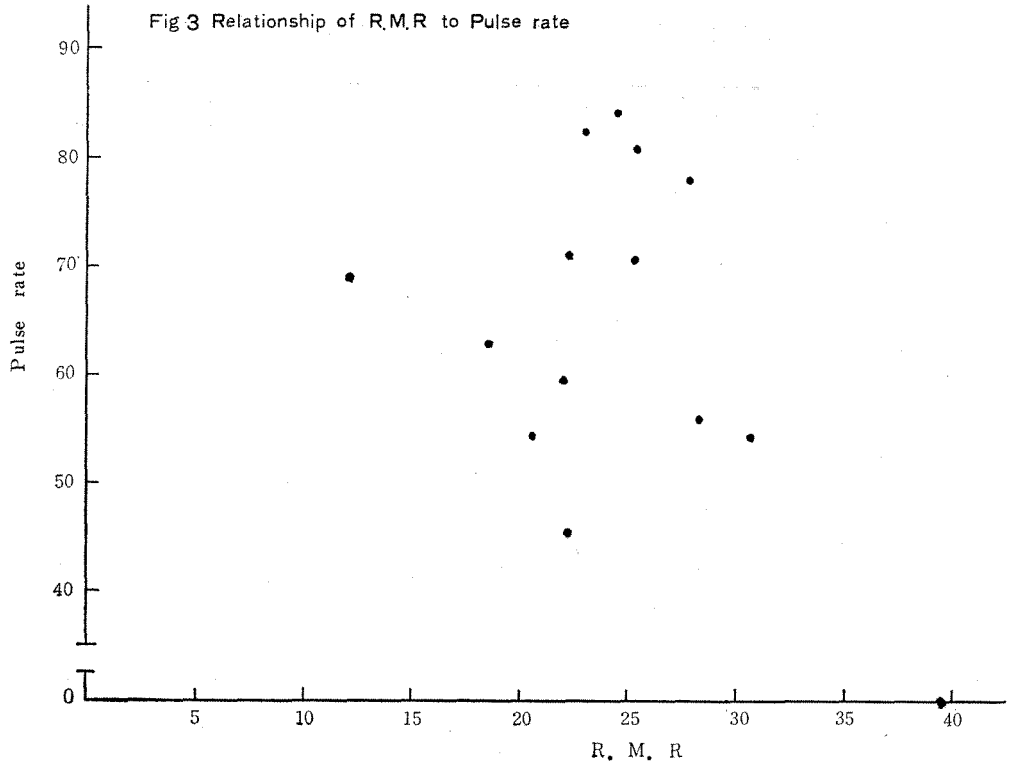


Fig4 Relationship of R.M.R to H.S.T.

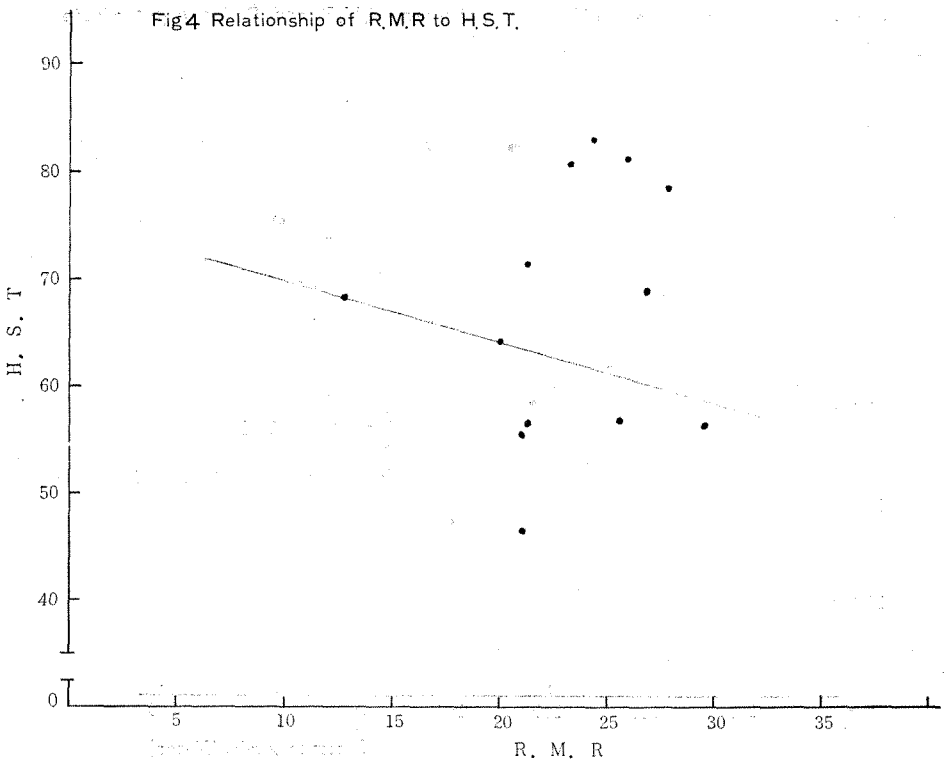
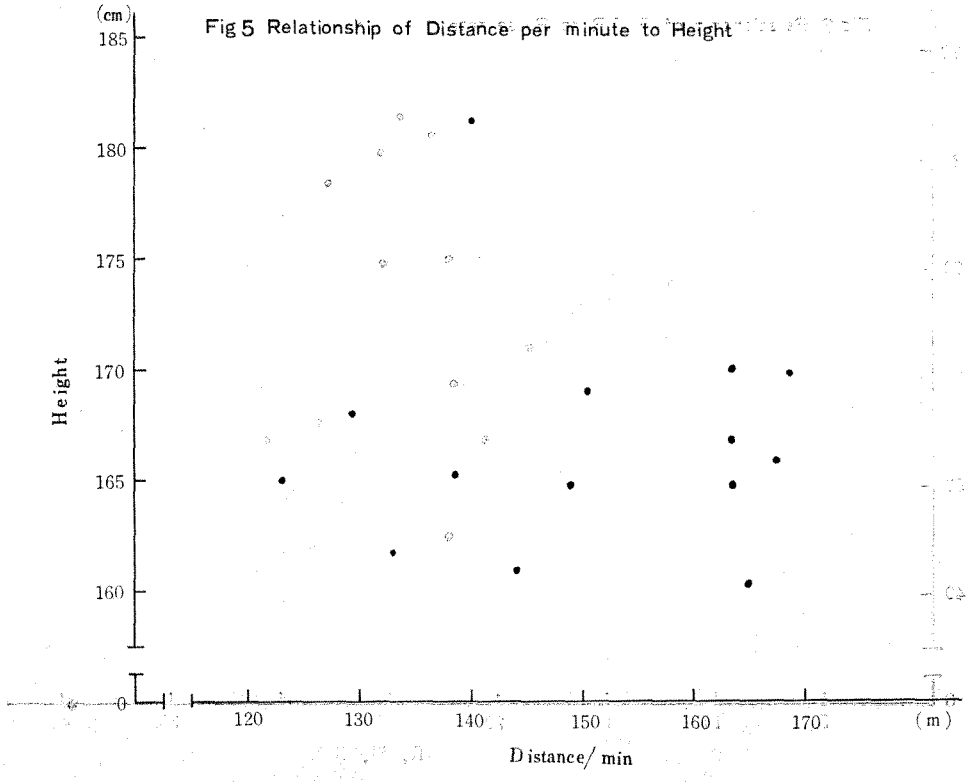


Fig 5 Relationship of Distance per minute to Height



〈結　　論〉

連続片脚跳が直線路の折り返し方法から，サークル上の回転方式に変わってから，被検者にとっては技術的な問題，さらに通過行程が必ずしも信頼できるか否かについても疑問は覆い隠せないものがある。さらに身体動揺，精神的緊張の欠如等 Field survey によるので決定的なことは勿論いえないにしても，今回の実験から次のような諸点が観察される。

1) この種の測定項目は激労作に属し，事前に健康診断の必要性があり，低体力者をスクーリーニングすべきである。
2) T-score と被検者の体位，特に身長との相関はない。従ってスポーツ医学全般にいえる，定量的分析不能の精神力が多分に成績に影響する。
3) R.M.R と T-score には10%の危険率で有意の相関が認められた。
4) T-scrs 及び P.R には有意な相関が見当たらない。
5) 心電図所見では，1例に RTS 分節がⅡ，Ⅲ，$_{a}V_{F}$ で波型変化を示した。また，波については波高値について3様のケースが生じたので，今後の検討する点としたい。

本稿の要旨は，昭和41年，第17回日本体育学会生理分科会（東京大学）で口演した。

稿を終わるに当たり，ご協力願った吉田敏雄，須田力両氏に感謝します。

参　考　文　献

(1) Baurne G. H: The Structure and Function of Muscle, Vol 1. 1960, Academic Press, Newyork, London.
(2) 筋生理学：名取　礼二　　1950，丸善
(4) E. Grey Diamond.　福田　市蔵訳：運動負荷心電
(3) 白石，他：体力医学　　1954，南山堂
(4) E. Grey Diamond.　福田市蔵訳：運動負荷心電図，1963，永井書店
(5) 労働科学研究所編：労働衛生ハンドブック，1962

第3節　心疾患児童の適正運動量に関する研究

Ⅰ　研究目的

適正運動量に関する一連の研究分野として，心疾患児童の健康管理に関連してこの種に属する児童に対して適正運動量を見出すために，今回最初の試みとして，比較的軽度の運動負荷を与えて，安静時・負荷労作中・負荷後の快復過程について観察した。

Ⅱ　実験方法

対象は昭和42年度の定期検診で精密検査の必要ありと診断された札幌市立M小学校6年生22名の心疾患児22名と，健康児童6年生24名である。なお，この場合の心疾患児童は，日常生活及び体育時における特別な障害は見られていないものである。すなわち，日常の学校生活には，特別の支障が見つけ得ないものである。

運動負荷としては運動による心拍出量の増大はあるが，肺機能が正常である場合，肺血管床の増大のために肺動脈圧の上昇をみない限界とされている R.M.R＝4 の程度にとどめることが今回の実験目的に対しての妥当な負荷量と考え，高さの踏台昇降台を作り3分間cmstep-test を実施した。

測定項目は酸素消費量，heart-rate，X線の正面・側面像より算出した心容量，血圧及び心音図，心電図である。

Ⅲ　成　　績

心疾患児との間では，健康児心拍数，酸素消費量及び酸素脈については，安静時・運動負荷時・運動快復時，いずれの場合においても有意な差は認められなかった。

その内容を図1に示してある。

また，総呼気量について心疾患児と健康児を比較すると，安静時・運動負荷中・運動終了後を通じて心疾患児の方が著しく大である。図に示す。

心容積と酸素脈との関係をみると，健康児群，心疾患児群ともに運動中・運動後のいずれも有意の相関が認められ，心容積の大きい者ほど酸素脈の大きい傾向を示した。表1に示す，なお，運動負荷中に苦痛を訴えたものはなかった。

表1　心容積と酸素脈との相関

	健康児		心疾患児	
	運動中	運動後	運動中	運動後
S	0.581	0.658	0.551	0.430
F	10.658	16.711	8.601	6.597
P	＜P-01	＜P.01	＜P.01	＜P.05

Ⅳ　結　　論

心疾患児に運動負荷を与えて心機能を検索する際には，常にその負荷量に対する危険性に対して十分な配慮を払わなければならない。

今回は，適正運動量に関する研究の一端として，前述

図1 Step test における酸素脈 (M+SE)

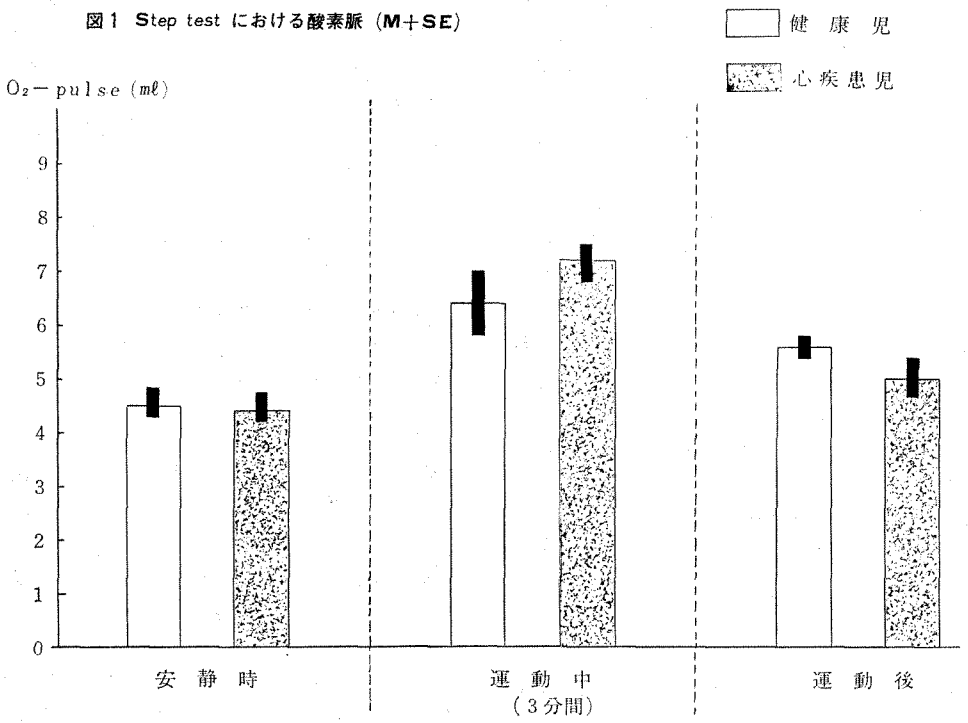
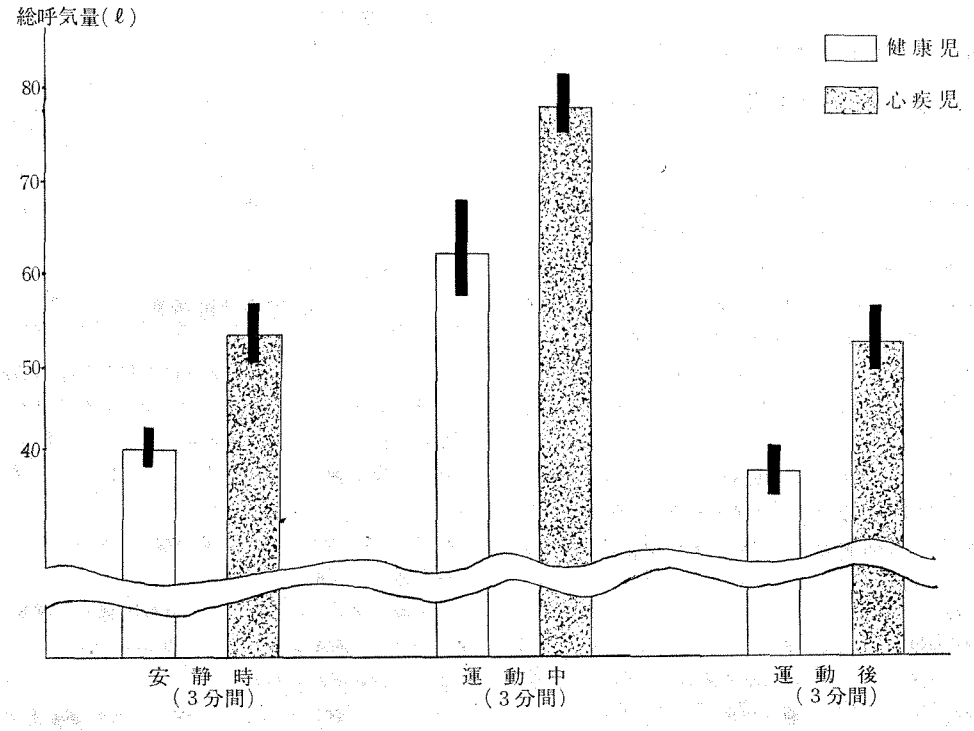


図2 Step test における総呼気量 (M+SE)



のような中等度に値する負荷を用して，特に右心室の肺動脈圧に対する仕事の増大するのを極力避けた。今回の被検者の中で心疾患児群は要注意者ではあるが重症者を含まず，上記のような負荷に対しては，運動負荷による心拍出量の増大にもかかわらず，心機能において健康者の間に差がないことが判明した。

一方，心疾患児における総呼気量の著明な増加は潜在する心作業能低下に対する呼吸亢進による代償と解され，今回の負荷量では，ほぼ完全に代償されて酸素脈には心機能低下の影響が現われなかったものと考える。

負荷量が著しく増大する場合に初めて心機能低下の酸素脈に対する影響が現われるものと推測する。

なお，心容積と酸素脈との間に相関が認められる心疾患児において認められることは，今回の与えた負荷量が，心疾患児の心機能に破たんを惹起しなかったことを示している。心疾患児で要注意とされている者については，心疾患の種類及び程度について検討する必要があるので，さらに臨床医の協力を得て心音図，心電図について検索を行なった。

本稿を終えるに当り北大医学部衛生学教室各員に深甚なる謝意を表します。

なお，本稿の要旨は昭和43年4月第38回日本衛生学会で口演発表した。

第5章　運動負荷量ならびにスポーツ適正と集中維持機能（TAF）

1　緒　論

本編は筆者が医学部衛生学教室において，当教室員と協同研究を行なったときの成果の一部である。

〝集中維持機能〟(The funetion of concentration maintenance, TAF) は1960年高桑によって提唱された〝疲労〟に関する新しい概念である。これに関する研究は，すでにその mental stress 表現法としての有用性，自待神経平衡や脳波との関連などについて数多く報告されている。

今回，筆者などは集中維持機能法により，高等学校運動部の合宿期間中の疲労度及び適正運動量を検討し，併せてスポーツの適性検査への応用を試み，若干の知見を得たのでそれに関するものを寄稿する。

2　実験方法

対象は札幌市内の高等学校バスケットボール部員19名であり，調査項目は，1) 集中維持機能（TAF)，2) 膝蓋腱射閾値（K.R)，3) 皮膚空間閾値（(Es)，4) フリッカー値（E.F)，5) タイム，スタデー法（時間研究)，6) 肺活量（(V.C)，7) フリースロー得点の7項目を3日間にわたり測定し，負荷トレーニングの前後の値について比較検討した。

※フリースロー得点算出法は，体力測定基準により，3回の試技においてゴールインしたものを3点，リングに触れたものを2点としそれ以外のものを＋点として，累積したものを総合得点とした。

3　成　績

準備運動から始まり整理運動に至る110分間のトレーニングの内容は Table 1の通りである。

また，運動負荷前，後の TAF-L, EF ならびに K.R の変化は Fig. 1に示してある。

表1　バスケットボールのトレーニング内容

項　目	内　容	(分)
準備運動	1．走	(2)
	2．準備体操	(6)
	3．両脚跳	(2)
主運動	4．腕立て伏せ	(1)
	5．クロスステップ	(2)
	6．フォローアップ	(6)
	7．二線速攻	(13)
	8．ジャンプショット	(7)
	9．三線速攻	(12)
	10．フリースロー	(9)
	11．スクエアーパス	(3)
	12．サークルドリブル	(8)
	13．マンツウマンドリブル	(14)
	14．二線速攻	(8)
	15．四線速攻	(3)
整理運動	16．歩　行	(7)
	17．サイドステップ	(5)
	18．整理運動体操	(2)

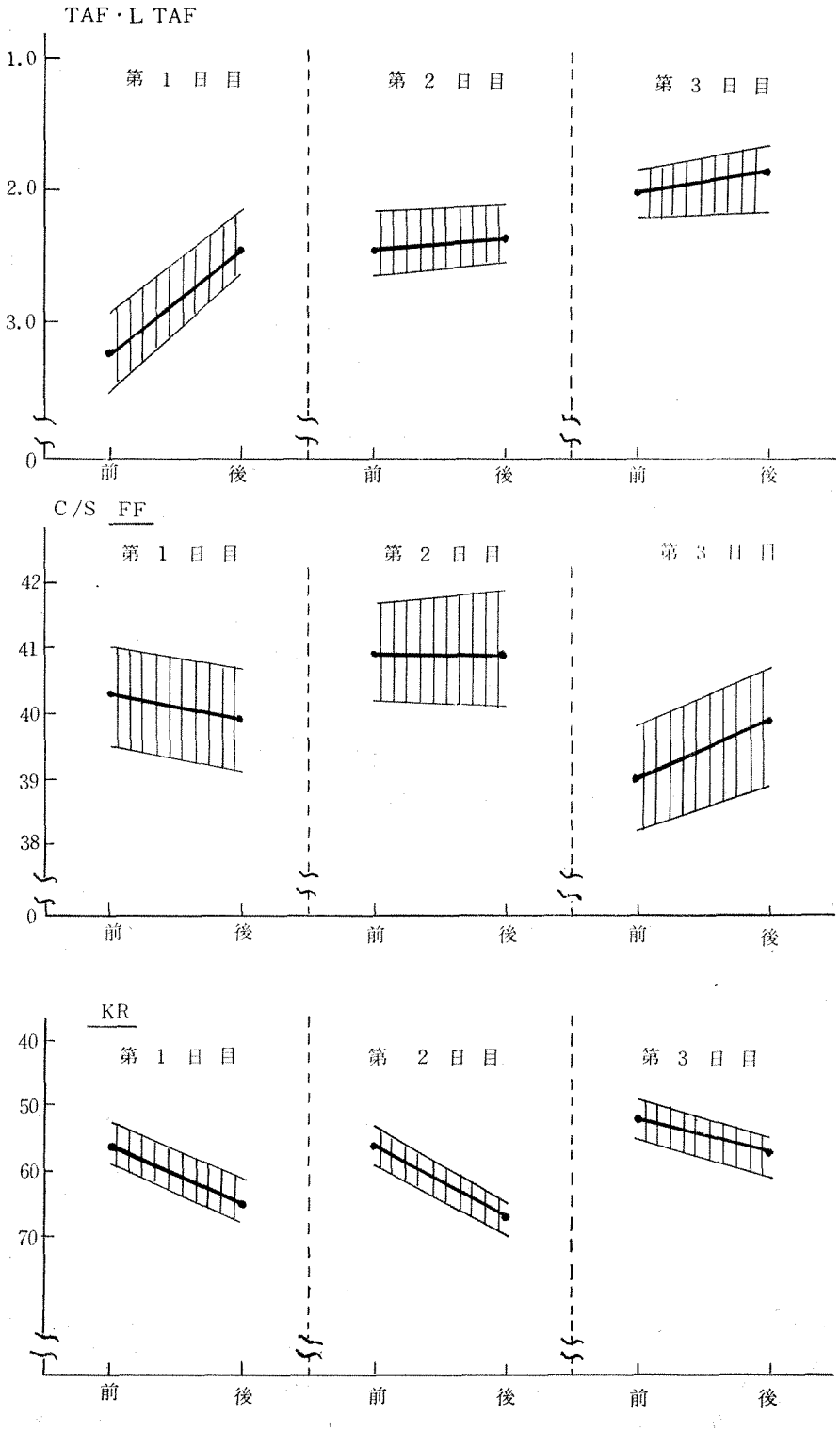
TAF-L についてみると，合宿練習第日目は前値に比して有意の上昇を示し，第2日目，第3日目では有意の差は認められないが上昇の傾向を示していた。F.F については3日間を通じていずれも一定の pattern はみられなかった。

K.R では3日間を通じて漸次低下の傾向がみられ特に第2日目に有意の低下を示した。

肺活量の変化については，全期間を通じて著明な変化は，いずれの被検者においても見当らなかった。

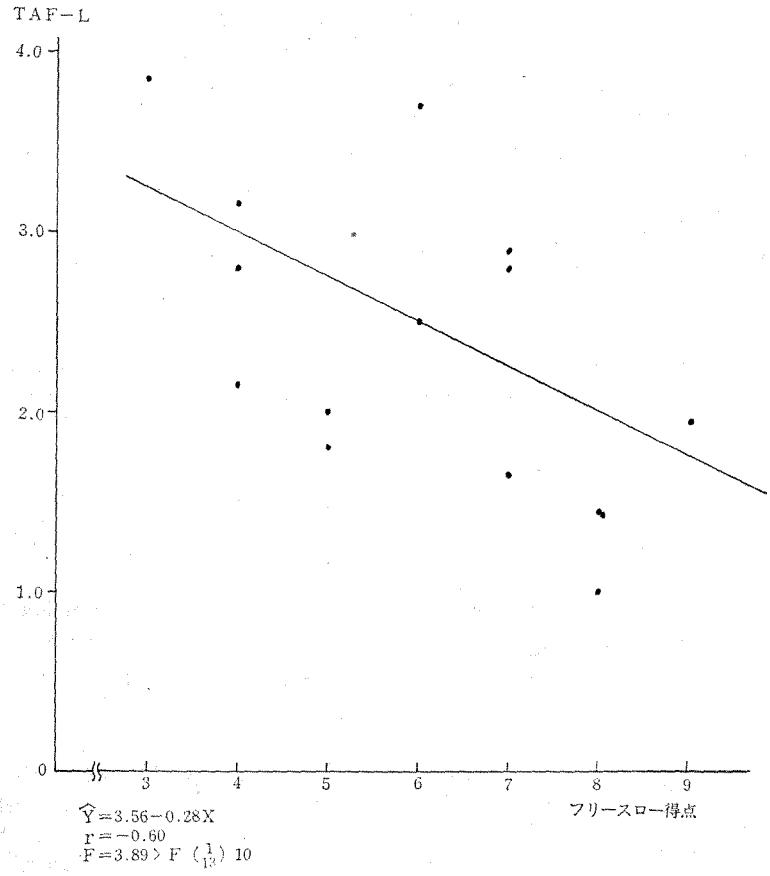
また，運動負荷前後に行なったフリースロー得点とと TAF-L の関係をみると，第1日目の運動負荷後に

Fig 1 バスケットボール訓練による生理的機能検査成績　　(平均値Ⅰ標準誤差)



おいて TAF-L の優れているほどフリースロー得点が　高いことを示した。その成績は Fig. 2の通りである。

Fig 2 TAF-Lとフリースロー得点との相関



4 考　察

TAF に関する研究によると，一定条件下において各個人はそれぞれ特有な集中維持曲線を描き，TAF の良否は知能指数，クレペリン精神作業成績とも深く相関を示している。また，主として精神要素の強い作業に従事している労働者に対してこの機能を測定した成績では，監視業務と事務作業の質的相違ならびに日勤，宵勤，夜勤別の勤務形態による返担度の相違などを含めて合理的に捉えることができた。また，種々のサイクル・ホンを組み合わせた変化騒音を負荷として与えることにより，人間にストレスを惹起せしめた際に TAF は明らかに低下し，この変動は自律神経機能検査法の一つであるメコリール試験の変動と有意の相関を示している。さらに，大脳皮質活動水準の低下に伴い TAF は低下を示すことが明らかにされ，集中維持機能の劣っているものは優れたものに比べ，意志的調節の占める割合が大であり，TAF の優劣は皮質の活動水準そのものだけではなく，個人が本来有している皮質，皮質下などの協応能を含めたいわゆる素質といったものが大きく関与するのではなかろうかと解されている。

今回の測定成績について，TAF-L の第1日目の後値が有意の上昇を示し，さらに第2日目，第3日目でも上昇の傾向が見られた。これは今回のような内容的にみて中等度と考えられる運動負荷量に対して，一種のウォーミング・アップ効果と考えられ，特に第1日目のTAF-Lの有意の上昇は，合宿練習に入った直後でもあり，一つの生体機能亢進状態を示す諸条件下にあったと解せられる。

このことは，協同研究者らの運動負荷量と，3種類の負荷量〔LW(R.M.R=1.84±0.17)，HW(R.M.R=4.53±0.27) いずれも30分，LMW (R.M.R=3.39±0.31) 120分〕を与えるとき，LW での TAF-L は上昇の傾向

を示し，LMW では有意の低下を示したことからも帰納できるのである。このことから考えてみると，今回の合宿練習中の第3日までの運動負荷量は適正であったものと解釈される。

スポーツにおいてはしばしば，精神的ならびに肉体的ストレス状態のもとでもさらに運動を遂行せざるを得ないし，それを克服してはじめて効果をもたらすものであり，しかも競技の成績を支配する大きな要素の一つとして目標に対する集中（concentration）と肉体的協応能が要求される。

十分にトレーニングを積んでいるプレーヤーにおいては，随意，不随意運動が合目的に集中するようにトレーニングされているものと考えるが，バスケットボールにおけるフリースロー得点を左右するのはこのように激しい動作の最中に身体を調整し，精神の集中を投げて目標に入れるという意識的動作およびその動作に関係する不随意的反射とのバランスがよくとれた状態である。これらの観点から総合して，TAF はバスケットボールにおけるフリースローのような静止した状態で目標を定めるというような競技において適正を評価するのに役立つであろう。

次に肺活量については，今回の測定では，手軽に利用できるものであるから，負荷の前後に測定したが，一定の pattern は見出し得なかった。前記のように簡便に使用できるので肺機能の指標として用いられ，体力の大小を決定する因子の如くいわれている。しかしながら，一般に鍛練者が非鍛練者に比して大であることは事実であるが，前者は体格が大であって従って体表面積も大きいと目され，V.C はこの体表面積との相関が高いことを諸家によって立証されている。従ってトレーニングによる呼吸機能の改善が表われか否かは，個人についての V.C の絶対値の増大をみるか，鍛練者と非鍛練者との体表面積 1 ㎡の比較をみる方法がとられている。West は体表面積 1 ㎡当りでは鍛練者が大であることを明示し，山川は，日本のボート選手50名について1.5年のトレーニングの結果，平均 500 ㎖の増加を示したことを報告している。また，今回の測定を含めた激労作，特に持久時間と肺活量／体表面積との相関は，r＝0.70（2％水準で有意）であると浅見らは報じている。また，鍛練者の間でも呼吸機能が優れていると思われている長距離ランナーと通常の人びとの間にも余り差が見られない。

従って，絶対値では両者間に差が見受けられるが，肺活量／体表面積では差がなく，結局体格によって依存することが多くトレーニング効果は特殊な場合を除いてほとんどない。実例として，肺活量が非常に少ないにもかかわらず優れたマラソン選手も存在している。結論として V.C は体力の指標としては不適当であり，呼吸機能改善の一指標になるということのみに意味があるといえる。

5 結　論

結論札幌市内の高校のバスケットボール部員について，合宿練習中の疲労状態並びに労作量が適切か否かについて TAF を中心に測定し，次のような結果を得た。

1) 合宿練習第1日目における TAF-L は有意の上昇がみられ，これは一種のウォーミング・アップ効果を十分に果していると思われる。
2) TAF-L の優れているものは，フリースロー得点が高く，両者に有意の相関（r＝−0.60, P<P1.0）が認められた。
3) 肺活量については，一定の pattern が認められず，他の測定方法と併用して，呼吸機能改善の一指標として利用すべきである。

以上のことから，TAF はスポーツ適正や適正運動量における判定指標として有用であると考えられ，今回行なった運動負荷量は合宿練習初期段階としては適正であると推測する。

本研究に協力下さった札幌開成高，本間，佐藤，網島，北斗高，中川先生に感謝をします。

（本稿の要旨は第14回日本学校保健学会において発表した）

参考文献

(1) 高桑栄松，大中吉人他：新中維持機能（TAF）に関する研究（XIV）筋疲労における筋電図学的変化と関連，1969，日衛誌
(2) 高桑栄松他：集中維持機能とＴＡＦの変動－ＣＤＴ動揺値とＴＡＦの変動－日衛誌，1969
(3) 大中吉人他：集中維持機能（ＴＡＦ）に関する研究（ＸＩＶ）－特に筋肉労働について：第26回日本衛生学会総会号，1966
(4) 松井三雄他：体力測定法，1962，大修館
(5) 朝比奈一男：スポーツと疲労，スポーツ医学，1963，杏林社
(6) Weber H. H: The Motility of Muscle and Cells, 1958 Harvard University Press.
(7) 石河利寛他：体育学実験法，　杏林書院

第6章　筋運動負荷がMicrovibrationに及ぼす影響

年間の半分有余を寒冷曝露下で生活をしなければならない本道住民にとって，寒冷に対する生体反応を見極めることは極めて重要である。特に教育の現場において，厳寒冬期を含めての体育館，及び戸外における体育運動の妥当性について究明せねばなるまい。

当教室においての調査結果では，道東，道北地方の一部では，最低温度が年間を通じて −20℃ に及ぶことは度数に及ぶといわれている。

今回，われわれは，適正運動量の発現の一貫として，Microvibration が，筋活動にどのような変化を有するか，さらに寒冷曝露との二重の負荷に対しての反応を各機能から究明しているので報告する。

A)　Microvibration

恐怖や寒冷下でおこるふるえや，アドレナリン投与によるふるえ，バセドウ氏病，パーキンソン氏病の患者にみられるふるえは，よく知られている。しかし，これらのふるえは特殊なものであって，生理的に存在している肉眼でとらえることが困難な極少なふるえについては，余り知られていない。〝ふるえ〟そのもの，研究については従来，Schiiter(1886)，Grittiths(1886) 以来数多くの研究が報告されている。

例えば，Jasper および Andreus は，身体の一部，一例として，指の部分のふるえが正常人では8～12secの頻度でおこっているし，17～30c/s のものを混合していることを認めている。そしてこれらの波型が，脳波におけるα波及びβ波のリズムとよく類似していることを考えた。同じ年代に Schuab と Cobb は，震顫麻痺の患者について，ふるえの頻度と脳波のリズムとの関係を対応して研究したが，両者の間には一義的な関連を見出していない。Lindguist も，ふるえと脳波とのα波との関係について研究し，両者との間に一定の関係がないと報告している。Ditchburn などは外眼筋で，30～80c/s のふるえがあることを報告している。管野，稲永らは正常人で手拳を最大に握ったときのふるえを，光電管を用いて記録した際に，約10c/s の明瞭なリズムを捕えた。

Microbivration の元祖をいわれる Rohracher は，温血動物では観察できないことを特殊の pick-up を用いて見出したことは，M.V 以下 MV と呼称する）のその後の研究に画期的な発展をもたらしている。温血動物における体表面の振動は，発熱状態で強められ，冬眠状態で抑制されるので，Rohracher は，体温を調節する自待神経の活動によって，この現象が惹き起こされるかも知れないと推慮している。振動の振幅が肉眼で見られぬ位に細いもので，Rohracher はこの現象を Microschwingung, Microvibration と呼んでいる。

1955年来，管野，稲永らは，この細かいふるえの生理学的基礎，薬理学的研究，及び臨床への応用を試みている。そしてこの現象に及ぼす影響を観察すると同時に，その発生のメカニズムについても多くの研究を重ねている。

こまかいというのは普通肉眼で明確にとらえないことから，パーキンソン氏病などに見られる粗大な眼に見えるふるえ，major-tremor に対して，minor-tremor と呼ぶこともある。

以上のことから M.V は，生体の生物学上重要な持続運動であり，他方生理学的なふるえは，外部もしくは刺激に対する暫次的反応，換言すれば，ある特殊な状態においてのみしか発生しない〝ふるえ〟とは根本的に結論づけられる。従って M.V は，筋の tonus の表現として重要な因子であると考えられる。何故ならば筋の tonus は持続的に変化する筋活動によるものと判断したからである。

このような事実から，筆者らは主として，筋の tonus はγ系（Muscle-Spindle 内に分布して，Muscle-Spindle の感度を調整する中枢からの遠心性神経）を中心とした脊髄反射によると考えた。

上述のように M.V は筋の tonus に密接に関係しているので，周波数分布と筋疲労，その他従来用いられている筋電図と違った方面で，体育生理学部門に応用できるものと判断したのである。

◎実験方法

1　正常男子20名について昭和45年7月中一カ月にわたって，常温（+20℃）における M.V を測定した。

2　同様20名について昭和45年12月人工気候室（−10℃）を使用して行なった。

※　−10℃を選択した意図は，M.V は shivering との区別が生ずる限度と考えたからである。

使用機器については，M.V が極めて小さいため，この記録には特殊な高感度 pick-up （日本光電製 MT—3T型，直径23㎜，厚さ5㎜，重量3g）を使用し，不用意に M,V に類似した振動が混入することを極力除去するように配慮した。記録に当っては，同じく日本光電製ポリグラフに連結し，他の研究者と同様，左手拇指球及び負荷時における走行の一主働筋と目される大腿直筋

(膝蓋腱骨上端より10cmの部位) から誘導，これはdata-recorder に記録した後再生した。なお，M.V の波型は適当な data 処理を行なって，はじめて量的な表言が可能になる。従って脳波分析の技術はそのまま応用され，現在の M.V の研究はこの方式を用いているので，筆者らもこの方法を採用した。すなわち data-recorder によって集録されたものを脳波分析装置（2チャンネル同時自動周波数分析装置）にかけ，原波型を増幅した後 δ(2～4c/s)，θ(4～8c/s)，α(8～13c/s)，β_1(13～20c/s)，β_2(20～30c/s) の各周波数帯濾波器を通し，それぞれの出力を一定時間 (10sec) 積分して，その積分結果を δ, θ, α, β_1, β_2 の順序にパレス状の波高値を表する方法を用いた。それらを測尺後各帯域の出現頻度を次のような方式で計算して統計処理を行なった。

例：θ 波

$$\theta\text{波の出現率}=\frac{(\theta)\text{count}^2\text{ 値}}{\Sigma\text{count}^2\text{値}}\cdot 100(\%)$$

但し Σcount^2 値$=(\delta)\text{count}^2$ 値$+(\theta)\text{count}^2$ 値$+(\alpha)\text{count}^2$ 値$+(\beta)\text{count}^2$ 値

count とはその帯域の1分間の出現度を示す。

◎成績並びに考察

A：常温時における M.V について

a）安静時左拇指球

○安静時次定には臥床，両腕を体軸に平行に伸し左手常に上に向くように外転位にする。

○一般に筋肉の少ない場合は M.V が少ない。

○呼吸運動は M.V と比べると振動数が非常に小さいので呼吸のリズムと関係ないこと。

○M.V と心拍については，心そうを剔出した諸動物の実験結果からこの種の実験では M.V の振中は減少するが周波数は心そう剔出後30分に至って完全に止まるまでほとんど変化を示さない。

従来の研究成果から以上の諸点について留意し測定した。

諸家の実験結果から，M.V の落付く時間が感情状態の指標として利用できるかもしれないといわれている。そこでこの安定時間は，Settle-Down Time(SDT) と呼ばれ，臥床後5分位で β 波成分が消失する時間に相当する。また，個人差も若干あるが同一被検者で15～20回都合20人の実験の平均値は平均3～7分であった。

今回筆者らは以上の結果を確認したので15分間の安静臥床後の経過を5分ごとに追跡した。その結果，臥床直後では7～13c/s の帯域のみではなく，4～8c/s 及び13～30c/s の帯域，あるいはそれ以下及びそれ以上の帯域の波型の出現もかなりみられた。しかし5分後にはほとんどの被検者でも 8～13c/s (α波) の出現頻度が増加して4～8c/s 及び13～20c/s の帯域が残り大半をしめ1～4c/s (δ波)，20～30c/s (β_2波) の出現頻度は無視できる位に減少してくる。

すなわち脳波と同じく α 帯域が優位に出現することがわかると同時に，その他の帯域は活動的な機能と関係していることが推測される。これらの結果は他の研究者と同様の結果を示した。一方安静時における大腿直筋部位の M.V については，拇指球部に比べて α 波は優位ではあるが θ 波及び β_1 波の占める割合が大である。これは，大腿直筋部位の筋肉量が多く，従って血流量がはるかに拇指球部位に比して大きいものと思われる。（図1，図2参照）

◎運動負荷後の M.V の変動

○運動負荷量は自転車エルゴメーターを用いて 2KP 50回転，20分間（約100Watts）を与えた。

◎結果並びに考察

a）拇指球 M.V の周波数スペクトル（図3）は安静時においては，α 波と β 波が大半を占めているが特に α 波が優位であることは既述した。運動負荷後4～6分の時点では α 波の有意の減少が見られ，逆に θ 波および β_2 波の有意な増加が発現している。すなわち，周波数スペクトルが高周波及び低周波帯域に移行することが認められた。時間経過を追跡すると12～14分で α 波は再び増加し，α 波優位となってほぼ安静時の周波数スペクトルに回復しているが，θ 波はなお依然として有意に多く出現している。

左大腿部の M.V の周波数スペクトルを図4に示す。安静時では α 波優位であるが，拇指球部位に比較して θ 波の占める割合が大であることが明瞭である。筋運動負荷後についてみれば前項同様に時間経過について検討を加えると，4～6分値では δ 波と β_2 波の有意の増加が見られる。α 波は漸次減少傾向となり他の部位と同様，労作負荷によって周波数スペクトルは高周波及び低周波帯域に移行することが観察された。運動後12～14分では，ほぼ安静時の周波数スペクトルに回復した。次に同様に平均電圧の変動をみると図5にみられるごとく拇指球部位，左大腿部位ともに運動後5分前後で著明な増加を示した。

平均電圧の増加は測定部位に対する。かなりの負担度が生体に関与するとも考える。

当教室が，積年にわたって，適正運動量を種々の条件下で網羅すべく検索中である別途行なったエネルギー代謝の実験からも十分であったと判断している。

M.V は脊髄反射，特に γ 系と密接な関連性を有し，筋肉の tonus の表現として重要であるといわれてい

る。筋運動負荷による M.V の周波数スペクトルの変動を検討すると，常温，低温ともに負荷の影響によりα波が有意に低下してβ帯域（$\beta_1+\beta_2$）が有意に上昇するパターンを示す結果を得た。この理由は，肯髄 Neuron の興奮性の増大によってα波優位の同期性が崩れ，各 Neuron の非同期性を生じ，互いに干渉し合って乃帯域に移行するものと思われる。非同期性の度合いが強ければ強いほど(換言すれば負荷量が大きくなればなるほど)それは高周波成分への移行傾向が大になると思われ，従ってβ_2の著しい増加とβ_1の一時的減少を示すものと推論する。θ波あるいはδ波の増加は，これらが心拍動あるいは血流と関係していることからもうなづける。これらの周波数スペクトルの変化は，大腿部より拇指球において特に著しい。

なお，今回の実験における負荷量を与えての post 値では，9～12分後においてα帯域の出現が最も低下している。同時にβ波の出現頻度が最も高い。このことは，筋 tonus の調節機構がこの時点において最も大きな影響を受けるものと解される。従って筋 tonus の恢復は筋の労働負荷直後から直ちに始まるものではなく，労働負荷強度に応じて一定の time lag（時間的遅れ）後に始まるものと推論する。この点 pulse または呼吸数恢復過程とは必らずしも一致しない。その後，時間的経過とともに漸次，各帯域とも安静時の pattern に戻る傾向を示す。

◎低温状態（－10℃）筋運動の M.V に及ぼす影響

寒冷曝露下での生体が，安静時において M.V の発現にどのように影響するかを常温時と比較図示したものが図1，図2であるので，再び参照されたい。

常温（20℃）同様にα波優位であったが，右拇指球 M.V でβ_2波が有意に増加している。平均電圧は両部位ともに低下した。

筋運動後の M.V の周波スペクトル（図6），（図7）はそれらの時間経過の出現率を示してある。すなわち，負荷終了後4～6分値でα波の有意の減少と，θ波およびβ_1波の有意の増加が認められ，運動後12～14分では，α波，θ波もほぼ前値に回復したが，β波はなお著しい増加を示し，β_1波優位のパターンであった。

左大腿部では，運動終了後4～6分値ではδおよびθ波の有意の増加があり，α波は減少したが有意差は認められなかった。β波に関してはほとんど変化がない。12～14分値でも同じ成績を示した。次いで平均電圧の変動では，両部位とも，運動後ではともに有意の増加を示した。（図5）

以上のことから，低温の直接の影響が直接は平均電圧の低下となって表われてきたが，周波数スペクトルでは余り変化が認められず，右拇指球でβ_2波が増加していることは興味深いことであり，今後検策の余地がある。さらに右拇指球の周波数スペクトルは，常温では負荷14後分で安静時パターンに回復しているが，低温では負荷後12～14分でなおβ_1波優位であることが特筆される現象である。

総　　括

常温および低温下で筋運動負荷を与え，右拇指球および左大腿部の M.V について比較検討した。相方の条件下で，周波数スペクトルの変化および平均電圧の増加が認められた。

周波数スペクトルの変化は左拇指球において大腿部より著しかった。また，本題の重要なるポイントである低温が M.V に及ぼす影響は著しい平均電圧の低下となってあらわれ，周波数パターンの回復は常温時に比べて遅延傾向にあることだけは判明したが，当初の意とするところには，ほど遠いものがあり，今後の研究対策に一考を要せねばなるまい。

本研究と併行して，表面電極法により左大腿部，左腓腹部の E.M.G を導出し，労作実施期間中の変化について写真撮影を行なった。その結果，負荷開始時の振幅を1として，piper リズムの乱れとして表われた高振幅の波高を5分間隔で連続撮影装置を用いて追跡すると，最初の10分目において有意に高い振幅値を示し，最終段階で最高値に達した。従って十分な負荷強度と思われる。

M.V は Rohracher 以来，主に生理学的分野において，その本態の究明についての研究が行なわれて来た。その発生機序について緒論の項でも述べた如く諸学者の中で種々の見解がとられて来たが，M.V の固有波といわれるα波，β波は脊髄反射，特にγ系との関連性が重視され，筋の tonus の表言であるという点は一致している。個人の示す M.V の周波数分布は特有であり，stress に対する反応にも一定の pattern があり，再現性が強いので，運動負荷に対する個々の生体への影響の一指標として利用できるものと考えている。さらに筋電図とは違った利用法で主に周波数の分布から筋疲労についても応用でき，率いては適性運動量の究明にも推進してゆきたい。

稿を終えるに，適切な示唆を賜りご指導下さった高桑栄松教授に深甚なる謝意を表します。研究期間を通じて，全面的に協力下さった，現北大整形外科三上一成先生には特段の感謝の意を表します。

なお，本編の要旨は，昭和46年4月日本医学総会，第

44回日本産業医学会において口演発表した。

図1　常温及び低温安静時間MVの比較

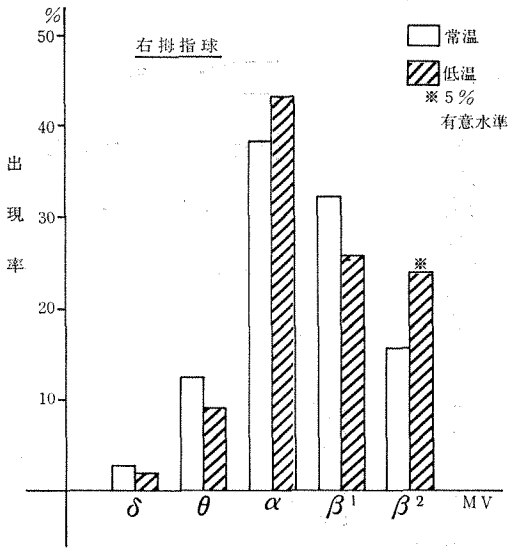


図2　常温及び低温安静時のMVの比較

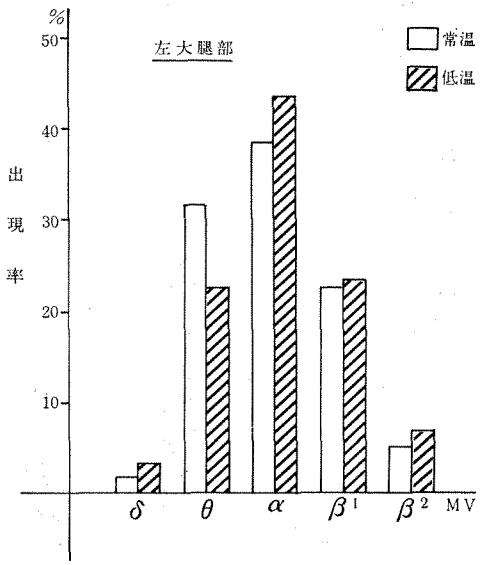


図5　筋運動によるMV平均電圧の変動

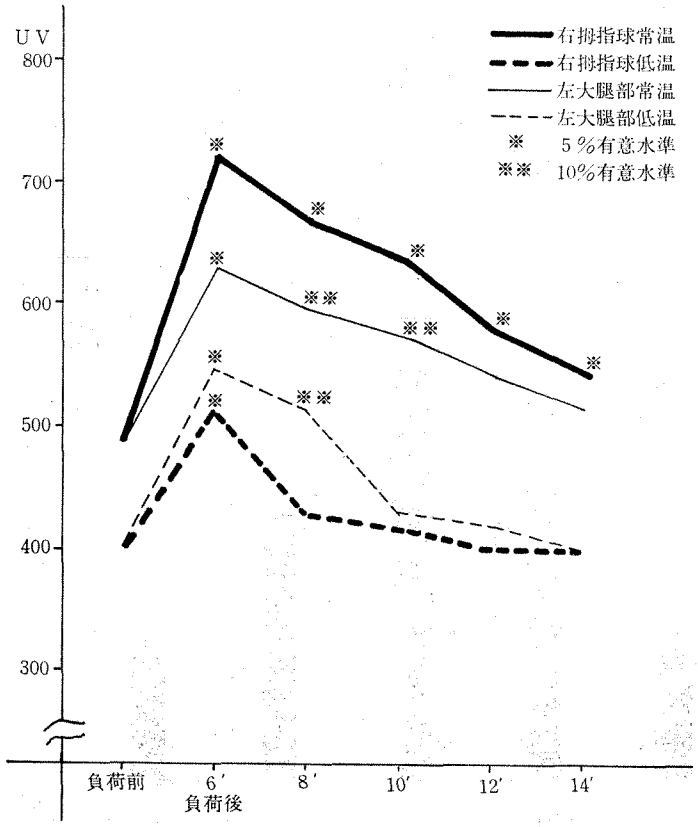


図3 常温下筋運動によるMVの変動

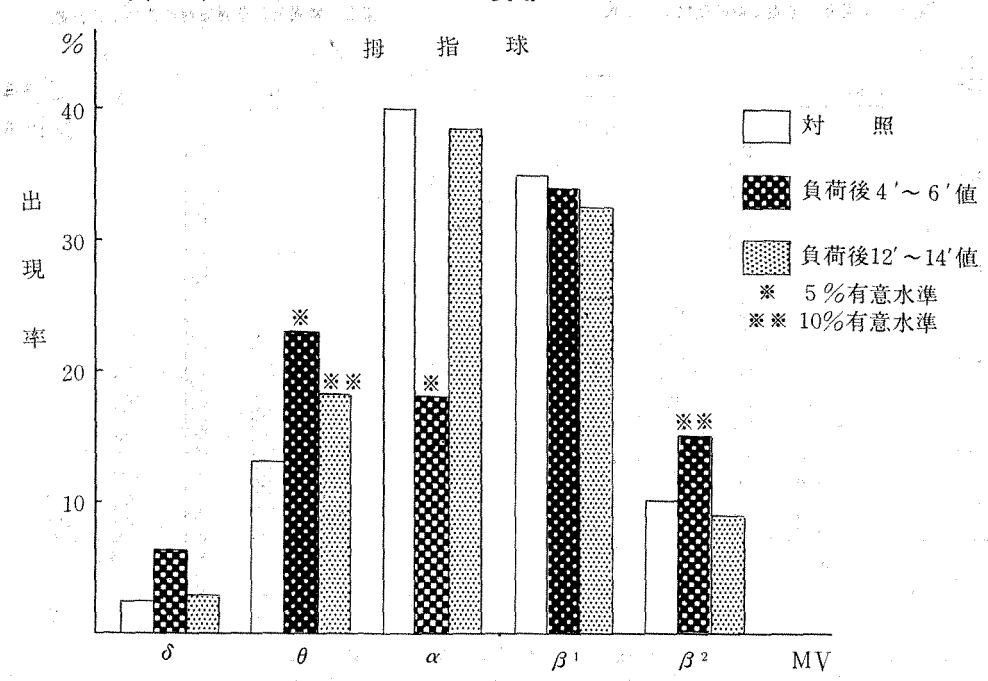


図4 常温下筋運動によるMVの変動

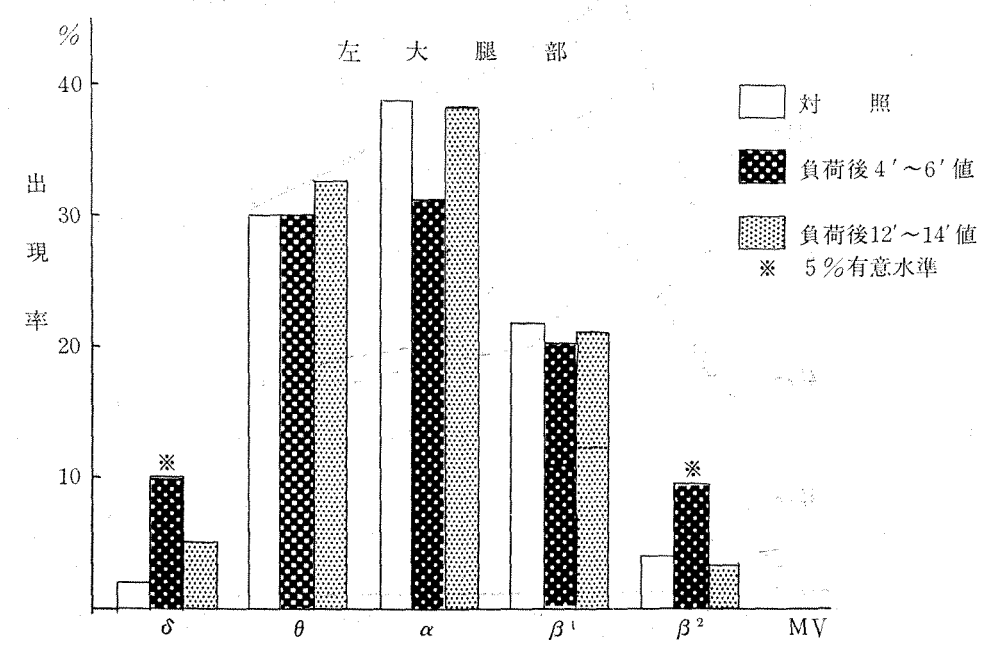


図6　低温下筋運動によるMVの変動

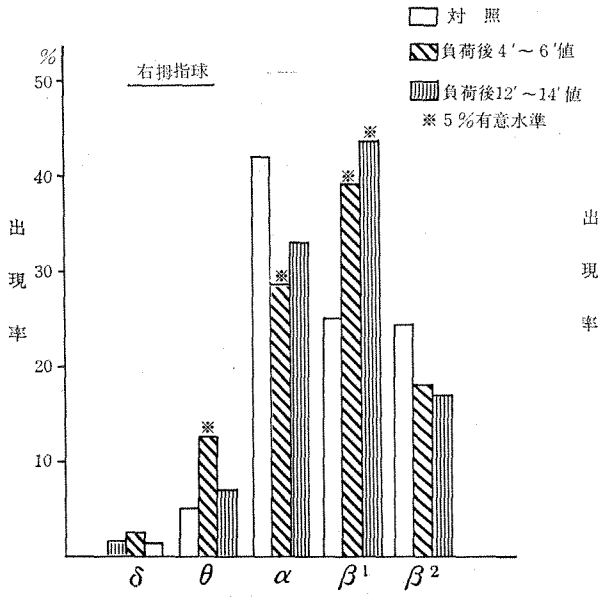
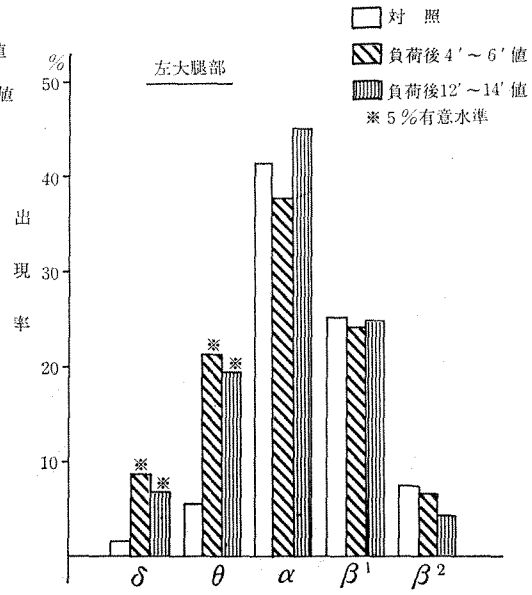


図7　低温下筋運動によるMVの変動



参考文献

(1) Schafer, H. A : On the rhythm of muscular response to volitional impulse in man. J. Physial 7.11 1886.

(2) Griffiths. W : On the rhythm of muscular re ponse to volitional impulse in man. J. Physiol 9.39,1888.

(3) Jasper, H. H and Andrews, H L : Brain potential and voluntary muscle activitiy in man. J. Neurophysieal 1:87,1938.

(4) Schwab, R. S and Cobb, S : Simulaneous electromyograms and E. E. G in paralysie agitans. J. Neurophysical, 2:36, 1939.

(5) Ditchburn, R. W and Ginsborg : B L on volurtary eye movement during fixation. J. Physiol, 119-1, 1953.

(6) Robrabor, H : Medinanische Mikroschwingunge des menschlinchen Korpers. Urban und Schwarzenberg, Wien 1949.

(7) Sugano, H : Studies on the Microvibration, Kurume Med. J. 4, 1957.

(8) Veki S : Pharmanlogical study on the afferent impulse from the skeletal muscle, Kyshn Mem. Med. Scie. 5:183, 1955.

(9) T. Awazu : Studies of Human Minor Tremor Japanese Jounal of Physiology. 1965.

(10) K. Ito : Studies on the Minor Tremor 'Settle Down Time" of Human Tremor-Yonago Acti. Med. Vol 5, 1961.

(11) N. Yoshi : Frepueney Anaiysie of 'Minor Tremor" on the Boby Surface. Folia Psychiatrica et Neurologica Japonica, Vol, 17, No.3, 1963.

(12) 稲永　和豊, 他 : Microvibration の基礎と応用, 1963. 医学書院

第6章　結　び

今回の寄稿にあたって完成直前に，不覚にも全資料が盗難に会う不幸に襲われた。残されたスライドなどから多くの人たちのご好意によって，何とか拙稿が完成したことを深く感謝する。

学科制所属教官として，講座制所属教官と差別待遇を受けて今日に至っているが，何よりも自己のあり方を猛省せねばなるまい。〝人間の生命がもっとも尊い〟ということは，戦後とくに，わが国が折目を正したものである。体育とは単にスポーツ種目の技術を収得であってはならないことはいうまでもない。筆者は10年余にわたる医学部衛生学教室に通って自然科学の厳しを味わった。ここで得た〝医学〟に関する知識を総論にも述べた如く教育学に導入したい悲願も抱いている。健康という教育目的の具体的なすがたを探求するときに科学のもつ厳密さと謙虚さとを要することを再確認し，たえず，一教師として謙虚にして真摯な探求態度を肝に銘じて，今後の研究生活に臨みたい。