

浮身と水泳能力, 肺容量,
身体組成との関連

所属学科: 体力学

著者: 岩波力

論文指導教員: 栗本関天

昭和49年3月4日

東 俊郎

石河利貴

加賀秀夫

目次

緒言	1
関連文献の考証	5
目的	24
実験の方法	25
第1節 被験者	25
第2節 測定項目	26
第1項 浮力能力	26
第2項 身体比重	29
第3項 肺容量	31
第4項 体脂肪量と浮力指数	35
第5項 水泳能力	36
結果と考察	37
第1節 測定結果	37
第1項 浮力能力	37
第2項 肺容量	39
第3項 身体組成	40
第4項 水泳能力	41
第2節 身体比重・水泳能力と各変 量との相関	42

第3節	浮身能力と肺容量・身体組成項目との関連	43
第1項	背浮き能力	44
第2項	タックフロート	46
第3項	2種の浮身能力の総合値によって識別された上位 下位グループの比較	49
第4節	浮身能力と水泳能力の関連	51
第5節	水泳能力によって識別された上位・下位グループの比較	53
結論	-----	55
要約	-----	59
引用文献	-----	61
英文要約	-----	67
付録	-----	69

緒言

水泳が持つ体育実技教材としての価値は高い。カリキュラム検討の一方法として、多くの体育指導者にスポーツ実技種目の教材価値の評価を依頼した結果によると、水泳は実技種目の中で群を抜いて高く評価されている。³²⁾

水泳は短時間に大きな運動量を与え得る全身運動である事、習得された技能が生涯にわたる *Carry over value* を持つ事、また、この活動に付随して保健、安全、衛生などの学習の機会がさわめて豊富である事から、小学生から大学生に至る体育カリキュラムの実技教材として最も価値の高いものとして扱われている。¹¹⁾

さらに、生活水準の高度化と余暇の増大に伴い、海岸や湖水でのレジャー活動が拡大多面化され、また、健康産業と称し、各地に室内温水プール施設が多く作られる様になり、この様な生活のための基礎的資質としての水泳能力の重要性も強調されている。¹⁸⁾

この様に重要なスポーツ技能である水泳の習得には、明らかに他のスポーツ種目とは異なる場面が展開される。地上に於けるスポーツ活動が常に地面や床面という堅固な支持面の上で行なわれているのに反して、水泳の場合には、流動体である水の中に身体をゆだねる事を学ばなくてはならない。何も支持のない水中でいかにバランスを保ち、呼吸をし易くするかは、繰り返し体験する事によって習得するより他はない。この学習体験は一部の初心者にとってわざわざ困難なもので、特に不安や恐怖の要素が加わった場合には問題はさらに複雑となる。この様な場面での指導が、体育指導者が直面し対処しなければならぬ最も重大な課題の一つであると指摘されている。⁵⁰⁾

水泳を習う者にとっても、それを指導する者にとっても“浮ける”か“浮けない”かという事は非常に重要な問題である。“浮ける様になった”という表現はしばしば“もうすぐに泳げる様に

なる”という事を意味し、“まだ浮けない”という事は“まだ泳げる様にほほりそうもない”という事を意味している。

また、日本水泳連盟公認指導員検定の試験項目の中にも浮身(背浮き)能力テストが組み込まれ、水泳能力の一つと考えられている。

一方、最高度の水泳能力を保有しているはずのオリンピック競技会ゴールドメダリストの中にも、どの様な姿勢の浮身能力テストでも決して合格しない *true sinker* がいる事も報告されている。^{註)}

この様な矛盾は、人体が水に浮くかどうかを決定する要素が水泳の学習によって習得された能力以外に単純な身体比重などによる物理的な要素の支配も受けている事を示唆している。

この様に、さわめて重要な体育実技である水泳の指導過程で特に問題となる“身体が水に浮く”という事について解答の得られていない

註) 文献番号10)のP17~18

疑問は多い。その疑問の一部に関して基礎的
な知見を得ようという試みとして本研究を行
った。

関連文献の考証

本研究の目的に関連する文献として、水泳に関する研究、浮身能力についての研究、人体の浮力に關与する要素としての身体組成と肺容量に関する研究が考えられる。本章ではその各々について考証を試みる。

第1節 水泳に関する研究

水泳に関する研究は、陸上に於けるスポーツ活動に関する研究と比較すれば相対的にその数が少ない様に見受けられる。古く、1905年 Du Beiss Raymond によって行なわれに舟で曳航されに人体の水中抵抗の測定が、水泳の研究の先駆りとして記録されている^(註)。その後本格的な水泳の研究は、1930年代に入って始められに様に見受けられる。

Cureton (1930)⁽²⁾ は、槌子原理を応用した "Kick meter" を考案し、足の各関節を副木とテープで順次に固定したり種々の変則キックを試みたりして、クロールの足の蹴りの力がど

註) 文献番号39 P28より引用

の部分から発生しているのかを測定した。さらに、被験者の疲労感や手触からクロールキックの主動筋群を推定した。また、Curetonのこの論文は、Pettigrowの古典的名著“Animal Locomotion”(1891)以来の水泳理論を歴史的に考証している。

²⁷⁾ Karpovich (1933) は、回転ドラムを用いた装置により人体の水中抵抗を測定した。回転ドラムと泳者とを紐で連絡し、一定速度で紐を巻き取る事によって水中抵抗を測定するという方法であり、この実験から、水中抵抗は速度の2乗に比例するという結果を得た。その後彼は、腕のかきのみで泳いだ時の速度、脚の蹴りのみの速度、それに、腕・脚を用いた時の速度をそれぞれ測定し、腕のかきと脚のキックの速度の2乗の和は、腕・脚を用いた時の速度の2乗に等しい事を示した(1935)。²⁸⁾

ついで Karpovich は Lemaister と共に(1940)²⁹⁾、平泳について酸素需要量と水泳タイムとの関連の検討を試み、Millman と共同で(1944)³⁰⁾、

水泳のエネルギー消費量の測定を行なっている。

³⁾ Alley (1952) は、Karpovich の回転ドラムの測定方法を改良し、ストレインゲージを用いたクロール泳の水中抵抗、推進力を測定した。ストロークとキックを変化させ、合計9種類の泳ぎ方についての測定が行われ、それぞれの比較検討が試みられた。

²³⁾ Cureton ら (1955) は、41名の大学水泳選手を用いて、52項目にわたる水泳能力、循環器、エネルギー代謝の測定を行ない、水泳を種々の角度から検討した。100ヤード、440ヤード水泳パフォーマンスを最も良く予測するテスト項目を選び出すために重回帰分析が行われ、それぞれ7テスト項目との重相関係数 .815, .865 が得られている。

⁹⁾ 同時期に於いて Counsilman は、Alley と同様のストレインゲージを装備した回転ドラム装置を用いて、3名の全米水泳選手を対象に2つのタイプのクロールストローク(グライド

ストロークとコンティニューアスストローク) について研究した。そのストロークのテンポとスピードを変化させ、それぞれの水中抵抗と推進力を報告した。その後 Counselman は、この様な研究の結果と水泳の指導者としての体験知識を取りまとめて、著名な水泳指導書 "The science of swimming (1968)¹⁰⁾" を表わしている。

²¹⁾ Newett (1948) は、12種類の水泳の分類テストを用い、大学生のためのノルムを作成し、翌年²²⁾ (1949) には、テスト項目を変えて5種類の水泳テストに高校生を対象としたノルムを発表した。

¹⁷⁾ Fox は、水泳パワーテストを考案し、1957年に発表している。このテストは完全に静止した状態から5ストロークダッシュし、その時に泳ぎきった距離を測定するものである。97名の被験者を対象とした測定の結果、クロールで $r = .69$ 、横泳ぎで $r = .83$ の妥当性係数が得られ、T-得点によるノルムが発表され

ている。

⁷⁾
Carlisle (1956) は、Hot shower によるヒーティングの効果が水泳パフォーマンスに及ぼす影響についての研究を試みた。Hot shower をあびてから泳いだ者のパフォーマンスが、コントロールに比較して著しく向上したと報告している。

¹⁹⁾
Grossら (1957) は、水泳の能力、スピードと Dynamic balance との関連を検討した。Bass test ^{註)} によって測定される Dynamic balance と水泳の所用時間との相関 -0.75 、水泳能力との相関 $.65$ が算出され、Balance 能力は水泳と重要な関連を有しているという結果を得た。

一方日本では、²⁵⁾石田 (1958) が、流水中に於ける人体の抵抗を測定した。伏し浮き姿勢を6分類し、毎秒1mの速度の流水中でそれぞれの姿勢が生じる抵抗を比較した。ゼンマイ秤に結ばれた紐の他の一端を被験者に固定し川に流すという方法が用いられ、腕体側の姿勢より腕上伸の姿勢の抵抗が小さく、特に

註) 松井三雄他：体育測定法，P128-129，(体育の科学社：東京(1970))

伸張した時が最小であると報告している。

山岡⁵⁹⁾は、遊泳時のスピードと酸素需要量の関係についての実験結果を石田と同年に発表している。競泳4種目について2種類の測定法(泳時及び回復期の呼気を採集する方法と無呼吸で泳がせて泳後の酸素負債を測定する²⁸⁾方法)を用いて測定した。これらは、Karpovichの研究結果と比較され、Karpovichが示したに酸素需要量はスピードの2乗に比例するという結果とは異なる見解を示した。平泳ではKarpovichの結果と一致をみたが、クロール、背泳、バタフライではそれぞれのスピードの3~4乗に比例するという結果を得た。また、比較的速い速度ではクロールの効率が良く、緩速の場合は平泳が適しているという事も付け加えている。

猪飼²⁴⁾ら(1961)は水泳中の筋電図を記録し、クロールでは大胸筋、大円筋、上腕三頭筋、三角筋、僧帽筋、大腿屈筋群が動作に関与している事を示した。これらにはかなりの個人

差が存在するが、同一選手についてほぼほとんど筋電図の様式（パターン）が変化しなかに報告している。

宮下³⁷⁾ (1961) は、筋力の面から水泳の研究をすすめるに。ローマオリンピック、中・高校選抜選手、大学水泳選手について、腕筋力、脚筋力、背筋力の測定を行ない、一般に筋力のある選手が水泳速度も速いという事を示した。翌年には江橋と共に³⁸⁾、さらに深く筋力と水泳技術との関連についての分析を行ない、その結果を報告している。

阿久津 (1964) は、各競泳法についてその泳型の持つ生理学的特性を検討するために、水泳のエネルギー代謝に関する研究を発表した。それまでのエネルギー代謝測定は比較的緩速で行なわれていたのに対して、彼は緩速泳から全力泳に至る20段階のスピードの酸素需要量を求めている。水泳スピードから酸素需要量を予測する回帰方程式の算出により、平泳の酸素需要量はスピードの2乗に、クロ

ール、背泳、バタフライは約3乗に比例する
 という結果を得た。この部分の結果は山岡⁵⁹⁾の
 研究結果とほぼ同様なものであったが、山岡
 の平泳は緩速泳に適した泳法であるという結
 論とは相反する結果を得、緩速でも平泳より
 クロールや背泳の方が適していると結論した。
 また、スピードと酸素需要量との関係に於い
 て、緩速の場合には酸素需要量は *Steady state*
 を示し、一定速度を越えると指数的に増加す
 る2つの *Component* より成り立っている事を
 示唆した。

同年、阿久津²⁾は、水泳のスピードと効率の
 関係についても発表している。泳ぎに要した
 酸素需要量と泳いで行なされた仕事量から効率
 を算出し、効率は緩速泳でも高速泳でも低く、
 中間に最も効率の良い経済速度を生ずるとい
 う結果を得た。各泳法別の比較によると、平
 泳は効率が悪く *R.M.R.* も小さい。クロールは効
 率よくスピードにも優れた動的な泳法であると
 している。バタフライはスピードに優れている

が効率悪く R.M.R. も大きいので疲れ易い泳法であり、背泳は効率よく R.M.R. も小さいので楽な泳ぎであるがスピードが劣るなど各泳法の生理学的裏づけを試みている。

宮下³⁹⁾(1970) は、過去数年間にわたる研究結果を総括し“水泳の科学”と題して、水泳技術と筋力、水泳のキネシオロジー、水泳の生理、水泳指導とトレーニングの4章からなる著書を発表している。

第2節 浮身についての研究

前述のごとく水泳に関する研究としては、水泳の速度、推進力、酸素需要量、効率、キネシオロジー的解析などが検討されて来ているが、水泳能力の一つと考えられる水中の浮身能力についての実験研究は、ごく少数の研究者らによって研究されているにすぎない。

人体の浮力測定に関する文献として最も頻繁に引用されているのは Frank Sandon^{註)}(1935) の実験であろう。Sandon 父子が三代にわたっ

註) この文献は現在まで入手不能であるため文献番号(48)のP19, (57)のP84, (61)のP15-17の記述より引用した

て12才から40才以上までの被験者に最大吸気状態で錘を持たせて水中に沈めその体量を測定した結果より、比重が.9875以上の者は淡水に浮く事は出来ないと結論した。また、18才から19才が最も浮き難い年代で、児童と中年者は浮き易く、女子はほぼ例外なく浮けるはずであるとしている。

Sandenの方法を踏襲して Rork & Kellebrandt⁴⁸⁾ (1937) は、女子の浮力測定を行なった。彼女らが測定した27名の成人女子被験者には、最大吸気状態での身体比重が1を越える者も含まれ、女子は全員水に浮けるはずであると断定する事はできないとした。また、3種類の背浮きについて検討を試み、浮身能力に身体組成、肺容量が関与している事を示した。さらに、浮力の中心と重心の中心の距離は背浮きの姿勢によって異なるがほぼ0.5~1.1cmであり、この距離を小さくする事により浮身能力を向上させ得ると報告した。

Cureton & Huss²³⁾ (1955) は、52項目の水泳の

運動能力テストの一つとして浮身を取り上げ、水泳能力との関連を研究した。Caretton自らが考案した浮身能力テストの得点と110ヤード、440ヤード水泳タイムとの相関はそれぞれ.219, .192ときわめて低く、浮身能力と水泳能力との間に関連性はないと結論した。

Whiting⁵⁷⁾(1963)は、タックフロートと背浮きを用いて、9才から24才の男子の浮身能力を測定した。10才から13才の被験者の浮身能力が高かったのに対して、13才以上の被験者の浮身能力は低い事から、この能力に関して年齢差が存在する事を示した。特に背浮きに於いて、13才以上の被験者はほとんど完全な無能力を示し、身体比重と共に浮力の中心の相対的位置が関与している事を示唆した。

また、同研究者は1965年には、女子を対象とした同様の研究⁵⁸⁾を行ない、男子の研究結果との比較を行なった。女子に於いては、10才から13才、15才から17才に浮身能力のピークがあり、男子の年齢差の傾向とはかなりの相異

が見られる。同年令の男子と比較すると、13才以上の年令に於いて女子がかかり高い浮身能力を示し、年令差と共に性差が存在する事を示唆した。

日本では、人体の重心の位置に関連して浮力が検討されている。松井³⁵⁾は、直立した姿勢に於ける人体の合成重心を測定し、ほぼ男子で全身の54%、女子で53%の高さ⁵⁶⁾にある事を示し、宮畑は、著書“水泳”(1972)の中で、重心と浮力についてメネシオロジー的解説を加えている。1973年同研究者は小林と共に、浮力の中心の測定法を日本体育学会にて発表している。その結果は、浮力の中心の位置と重心の中心の位置との距離が最大で2.0cm、平均して1.0cm程度である事を示し、浮力の中心が低い位置にある者は重心高も低く、逆に浮力の中心の位置が高い者は重心高も高い事³⁶⁾を示唆した。さらに、浮力の中心の位置は重心高と同様に女子の方が男子より低く、性差が存在する事も付け加えている。しかし、浮

力と水泳能力との関連については追求されていない。

また、水泳の上手な者の中にも“true sinker”と呼ばれる全く浮身を行なう事が出来ない者がいる事が報告されている。⁴⁸⁾⁵⁷⁾⁵⁸⁾

水泳指導書の中では、“浮く”事を初心者指導の第一歩として取り上げているものは多い。しかし、その内容の認識は必ずしも統一されていない。いずれもその根拠となるデータは含まれていないが、あるものは、人体は確かに浮けるはずのものであるとし、⁴⁹⁾あるものは、個人差、性差、年齢差を指摘し、⁴⁰⁾⁴⁴⁾⁶¹⁾あるものは、練習によって習得出来るという考え方を示している。⁴¹⁾全く反対にどの様に練習しても絶対に浮けない人もおり、“良く浮ける”者を水泳技能に優れている者と判断するのは誤りであると主張しているものもある。³³⁾

第3節 身体組成と肺容量に関する研究

この様に、浮身能力が直接水泳能力と関連

している事を示した結果が報告されていない
とすれば、人体が水に浮くための要素として
考えられるのは身体組成と肺容量であろう。

身体比重の測定結果によれば、人体の比重^{註)}
はほぼ1に等しい事が示されている。^(4) 31) 45) 51) 52) Pascale
⁴⁵⁾ら(1956)は、若い兵士を用いて身体比重と皮
下脂肪量の関連について検討し、ピンチカリ
パーによる皮下脂肪量測定値から身体比重を
予測する重回帰方程式を算出した。水中体重
測定法による身体比重測定の結果、17才から
25才男子の身体比重は1.020から1.089の範囲で、
平均1.0678であると報告している。

³¹⁾ Katchら(1967)は、18才から23才の女子大
学生の身体比重は平均1.051で、1.011から1.093
の範囲内にあると報告した。また、10回にわ
たる再測定を行ない、それらの測定値の間に
.92から.99の高い再現性係数を報告した。

同年、¹⁴⁾ Durninらは、12才から33才に及ぶ幅
広い年齢層の男女を用いて比重の測定を行な
い、年齢差と性差を報告した。14~15才の年

註) ここでいう比重は先のSandenやRerkとHellebrandtの最大吸気
状態で測定したものでなく、最大呼出の上に肺残気量を測定するに
推算してそれを除いた値である。

令では平均値が男子 1.0625, 女子 1.0445 であるのが、年齢が進むにつれてその性差は大きくなり、成人女子は 1.0442 と変化がないのに対して、男子は 1.0682 と比重が重くなる傾向にあった。4部位の皮下脂肪厚測定の合計値との間に .70 を越える負の相関が存在する事も報告している。

⁵²⁾
Sloan (1967) は、男子大学生を対象に比重を測定し、平均値 1.0754 (範囲 1.0339 ~ 1.0968) を示した。皮下脂肪との相関に於いて、大腿の皮下脂肪厚との相関が最も高く .80 であつたと報告した。

⁵¹⁾
Shepherdら (1969) の結果では、10才から12才男子の身体比重は 1.0628, 女子 1.0511 であり、ここでも性差が報告された。

⁴²⁾
Nagamineら (1964) は、96名の日本人男子大学生と112名の成人女子を被験者として、排水法により身体組成の測定を行なった。男子に 1.0694, 女子に 1.0472 の身体比重を得て、いずれもアメリカの研究者らが報じている値より

りも高いと述べている。

Forsythら¹⁶⁾(1973)は、特に大学運動選手を対象に体格と身体組成との関連について検討した。水中体重測定法による比重測定の結果、他の一般成人男子を対象とした研究結果よりやや高い平均値 1.072 を示した。

被験者や測定法の違いから多少の測定値の差は見られるが、これらの結果から、成人男子の身体比重は平均しておよそ 1.06 から 1.07 で、1.03 から 1.09 の範囲内にあると判断されるであろう。

体脂肪量は、主として身体比重から逆算される変数であるが、身体組成の指標として用いられる場合が多い。

Durnin¹⁴⁾(1967)は、12才から33才の体重に対するパーセンテージで示される体脂肪量は、同年齢に於いて男子より女子に大きく、年齢が若いほど大きいという結果を示し、年齢差と性差を報告した。

同じ時期に Sloan⁵²⁾は、ピンチカリパーと超

音波による皮下脂肪厚測定値から体脂肪量を予測し、18才から25才の男子に於いて体重比10.7%であると報告した。その後 Sloan⁵³⁾は、長年の研究結果を基に皮下脂肪厚から成人男女の身体比重と体脂肪量を予測するノモグラムを発表した。さらに彼は⁵⁴⁾(1971)、大学生を対象として体脂肪量を算出し、各国の研究結果と比較した。これによると、各国の成人男子の体脂肪量は10から15%程度で、特に身体運動を多く体験している体育学専攻学生などには8から10%と低い値が記録されている。

この様に、ほぼ体重比10~15%の体脂肪を持ち、1よりもわずかに大きい比重を示す人体が水に浮くとすれば、肺内の空気が持つ浮力に依存する事となる。肺活量と肺残気量とが全肺容量を構成する。

肺活量は測定が容易で、古く、柳⁶⁰⁾(1925)の東京帝国大学の学生を対象とした測定以来数多くの研究がなされ、日本人の標準値はほぼ確立されており、20才男子で⁵⁵⁾3940ccという平

均値が示されている。この変量が最も高い相関を示すのは体重と身長⁶²⁾で、運動能力諸変量の中では、身体の大きさの要素と重複して筋力との相関⁸⁾が高い。概して、他の運動種目の選手と比較すると、水泳選手の肺活量は大きい様に報告されている⁴⁾が、この変量を浮力や浮身能力と関連⁴⁸⁾させて検討した論文は前述の Park と Nallebrandt の女子を対象としたもの以外には見当たらない。

最大に呼出した後になお肺内に残存する空気量。すなわち肺残気量の測定は、肺活量の測定に比較すれば技術的にほるかに困難である。この測定には、体内に吸収され難い一定濃度のガスを肺に吸入させ充分に肺内気と混合させてそのガス濃度の変化から容積を求め^{5) 15) 26) 34) 43)}る稀釈法が最も多く行なわれてきた。

一般に肺残気量は、肺活量の30%とも1000cc^{20) 註)}~1500ccともいわれているが、この測定値⁴⁶⁾については、日差の検討⁴⁶⁾や、じん肺、肺気腫⁴⁷⁾などの臨床的⁴⁷⁾な興味に基づく研究が多く、健康

註) Comroe, J. H. et al. "The Lung" 3th ed. Year Book Medical Publishers: Chicago (1973) の P7-26

人の体力や運動能力を対象としたり、水泳能力や浮身能力と関連づけたりした研究の報告例は見当らない。

この様に、人体が水に“浮ける”という事と関連するであろうと思われる要因については、それぞれの項目について別個の研究がなされてはいるが、これらを結びつけて、水に“浮ける”という事が全面的に水泳の練習によって習得され得る能力なのか、身体比重の様な単純な物理的要素にどの程度支配されているのかという事については検討が試みられていない。

したがって、人体の浮身能力を測定し、それに影響を及ぼす要因を観察し、身体比重、肺容量、水泳能力とそれらの要因との関連の検討を試みる事は意義ある事だと考えられる。

目的

浮身能力に関連する要素と考えられる身体組成、肺容量、水泳能力を測定し、これらの測定項目と浮身能力がどの様に関連しているかを解明するために下記の諸点について検討する。

1. 肺容量と浮身能力

2. 身体組成と浮身能力

3. 水泳能力と浮身能力

4. 浮身能力がきわめて優れている者と
きわめて劣っている者の肺容量、
身体組成、水泳能力の比較

5. 水泳能力がきわめて優れている者と
きわめて劣っている者の肺容量、
身体組成の比較

実験の方法

第1節 被験者

本研究の被験者として、順天堂大学、東京医科大学に在籍する年齢18才から24才（平均21.1才）の男子学生50名を用いた。その内分けは下記の通りであった。

順天堂大学 水泳部員 10名

非水泳部員 33名

東京医科大学 水泳部員 7名

被験者50名のうち39名は体育学専攻学生であり、水泳部を含めて何らかの運動部に所属し、長期の運動経験を有する者であった。残りの被験者は医学専攻学生であるが、彼らは全て水泳部に所属し、かなりの運動経験を有していた。

これらの被験者の身体特徴を表1に示す。文部省が発表した昭和46年度20才大学生の平均値^註と比較すると、身長、体重、胸囲共に本研究被験者の平均値の方が大きく、その差はいずれも1%水準で有意であった。しかし、

註) 文部省体育局 昭和46年度 体力・運動能力調査報告書 P117~119

Variable	Subjects used (N=50)		Minist. Edu. (N=1441~1497)		t
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	
Height (cm)	172.32	5.04	168.9	5.40	4.408**
Weight (kg)	64.19	6.89	59.3	6.74	5.036**
Chest Girth (cm)	90.32	6.95	86.8	5.02	4.797**

** .01 level of significance

Table 1. Comparison between the Means of Ministry of Education Statistics for College Students('71) and Subjects used for this Study

ローレル指数に換算すると、本研究の被験者の平均値は125(標準偏差9.5)で、一般に示されている成人男子の標準値⁵⁵⁾と大差なかった。

第2節 測定項目

(1). 浮身能力

浮身能力については、a)背浮き b)タックフロートの2方法によって判定する事とし、あらかじめ良く訓練された判定員3名が主観的にこの能力を査定した。いずれの方法に於いても、被験者が肺に一杯空気を吸い込んだ状態のもとで測定を行なった。

a). 背¹³⁾浮き能力: Cureton の背浮きを用いた浮身能力の測定法を参考にして 4段階の基準を設け、アルファベット記号で査定した。査定基準は次の通りである。

(A) ほぼ水平に近い状態で完全に浮身の出来る者

(B) (A)と(C)の中間の者

(C) ほぼ垂直に身体が立ってしまう者

(D) 水中に潜ってしまう者

なお、(A)から(D)の浮身程度は図1に示す。

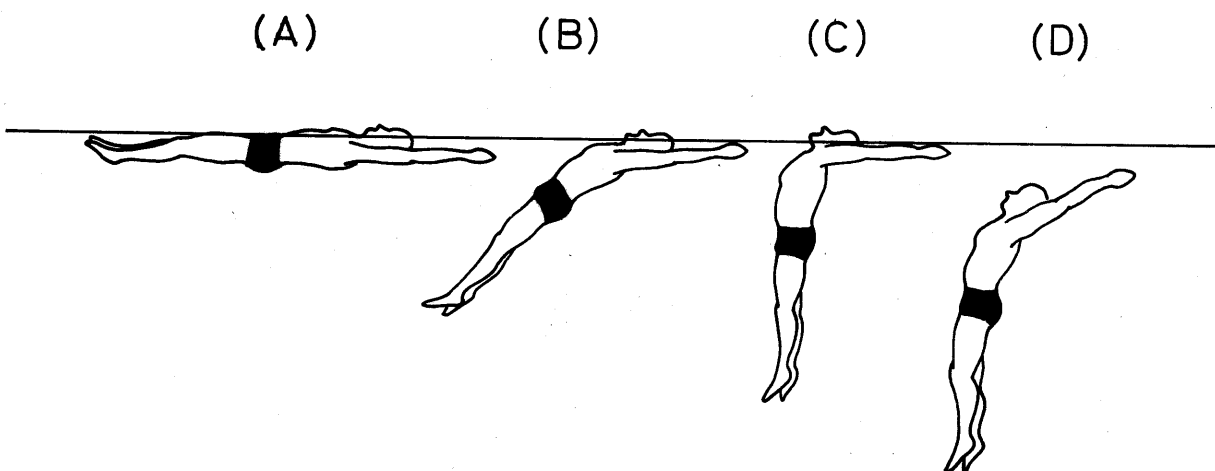


Figure 1. Horizontal Floating Test

b). タックフロート能力: Whiling⁵⁷⁾が用いたタックフロートに従って3段階の査定基準を設定し、数字記号により背浮きと同様3名の判定員が主観的に査定した。査定基準は下記の通りである。

(1). 背部がほとんど水面上に出た状態で浮ける者

(2). 水面すれすれで浮いている者

(3). 完全に水中に沈んでしまう者

なお、(1)から(3)の浮身程度は図之に示す。

(1)

(2)

(3)

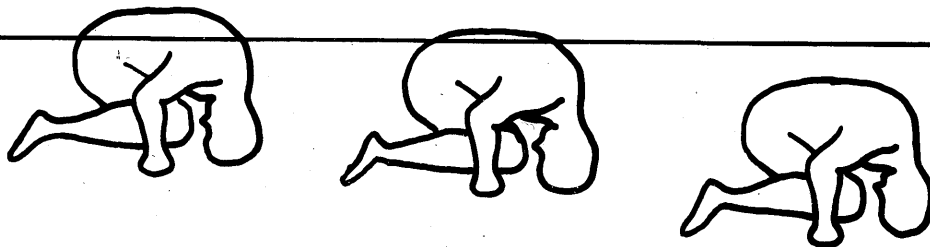


Figure 2. Tuck Float Test

(2). 身体比重

a). 装置: 被験者を水中に沈降させ、その時の水中体重を測り比重を算出する水中体重測定法を用いた。図3の様に最大10kg, 最小感量50kgの重量計を介して、長さ230cm, 幅34cm, 重さ3.6kgのアルミ製水中ラダーを水槽内に吊した。水槽は長さ300cm, 幅170cm,

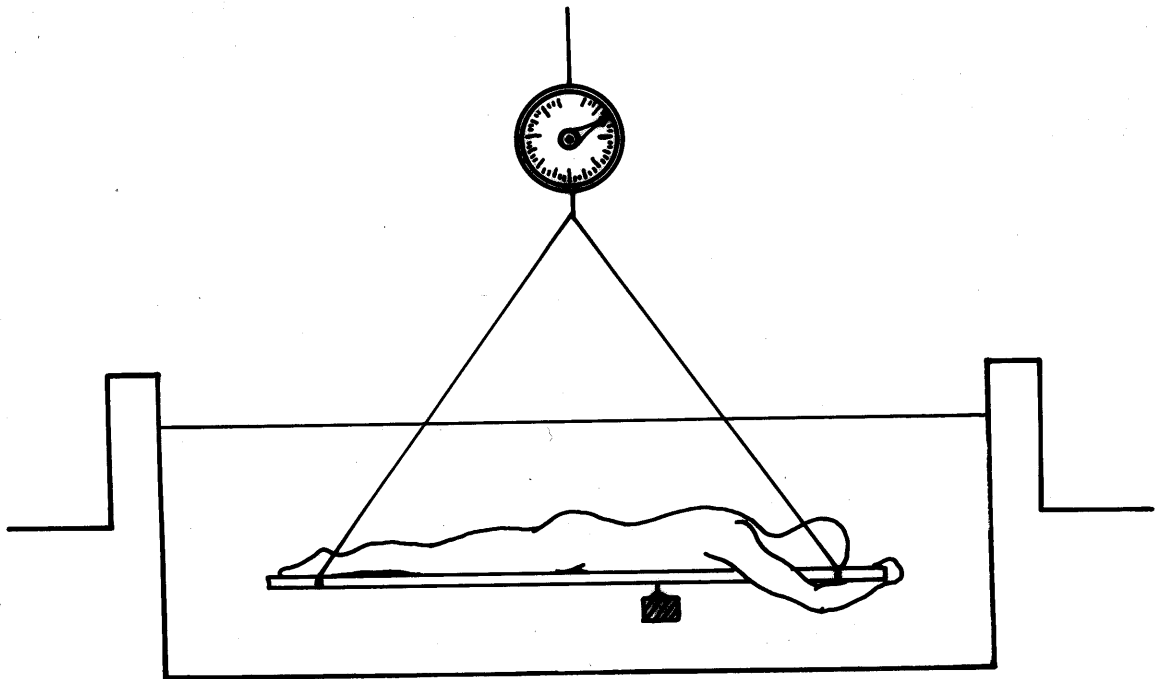


Figure 3. Diagram of Under-water Weighing

深さ80cmである。水中ラダーには鉄製の2kgの重量を固定した。(使用した重量計、水中ラダー、固定重量は図4に示す)このラダーは全ての被験者を水中に沈降させるのに十分な重量である事を予備実験に於いて確認した。

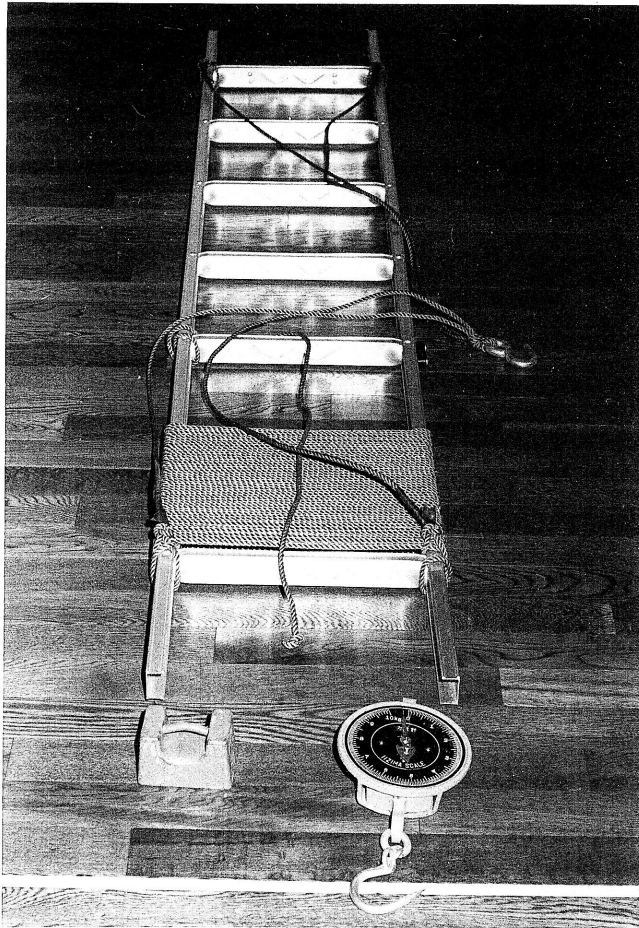


Figure 4. Apparatus used for Under-water Weighing

b). 測定方法: 測定の方法は全体として ICSPFT Test Manual の記述に従った。被験者

を伏臥位姿勢で水中ラダーと共に水中に沈め、最大呼出時の水中体重を求めた。(図3) 水中体重が最大となった時が最大呼出時であるとして測定を繰り返す。その最大値を最終水中体重とした。比較的水に慣れていない非水泳部員の測定は時には10数回に及ぶ事もあったが、ほとんどの被験者は3~5回の測定で最大値が得られた。水槽内の水温は、体温への影響度を少なくするために 36°C ~ 40°C の範囲内に調節した。また、被験者は全裸で事前に石けんを用いて全身を洗い、体毛・毛髪内に小気泡を生じない様注意した。出来るだけ運動直後は避け、食事の直前に測定する様に努めたが、胃腸内ガスをコントロールするための餓餓状態を規定する事は出来なかった。

この装置を用いた再テスト法による再現性の検討の結果、.98の高い係数を得た。

(3). 肺容量測定

a). 装置：ヘリウムの稀釈状況を測定す

る閉鎖回路装置を用いた。装置は9 l型レスピロメーターを中心とする測定回路、指標ガスであるヘリウム濃度を測定するカサロメーター、二酸化炭素を吸収するbaralyme筒、送風器からなっている。(図5) この測定法はMeneely³⁴⁾らによって開発され、中村と田村⁴³⁾の改良を経たもので、機能的残気量を測定し、別に求めたスパイログラムより予備呼気量を求め、これを機能的残気量から差し引く事によって残気量を算出する間接法である。

全ての測定は中村と田村⁴³⁾の測定法に従ったが、彼らがカサロメーターの作動子エツクの際の許容誤差範囲を100mlとしているのに対して、本研究ではそれを50ml以内に押さえて測定した。

b). 測定方法: 30分間臥位で安静にさせた被験者を伏臥位姿勢で回路につながれたマウスピースをくわえさせ、正常呼出状態で回路と連絡した。そのまま5~7分間反復呼吸させ、肺内ガスと回路内ヘリウム混合ガスと

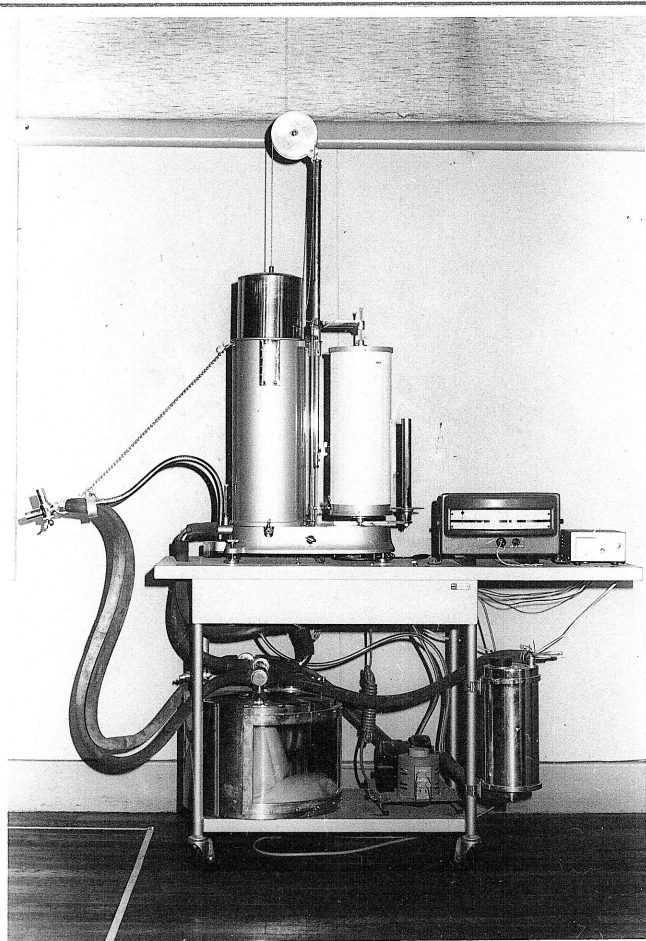
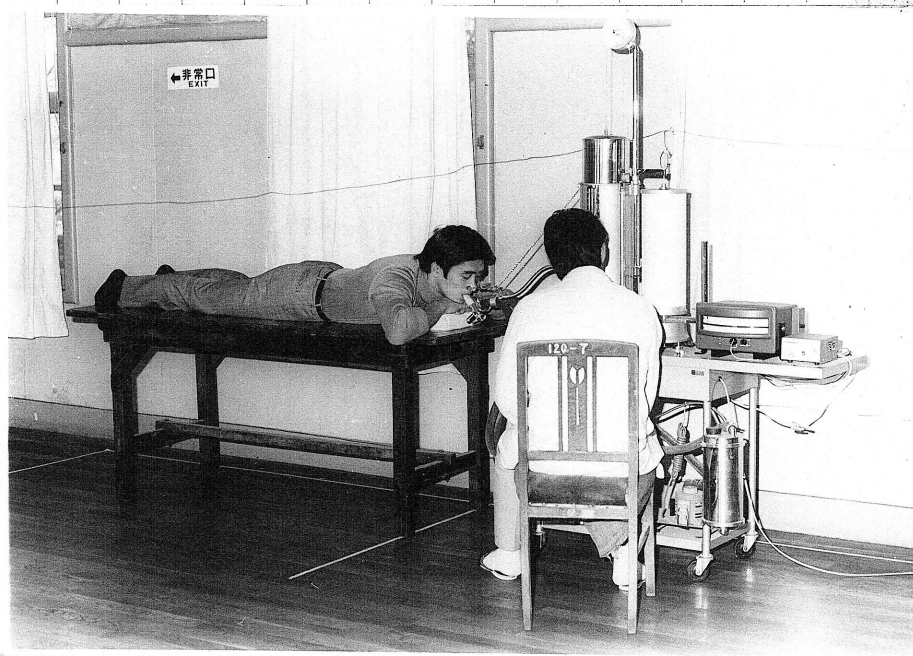


Figure 5. Closed Circuit
Helium Dilution
Apparatus measuring
Residual Volume

Figure 6.
Measurement of
Lung Volume



が充分に混合された状態でカサロメーターが示したヘリウム濃度の変化から機能的残気量を求めた。同時に、予備呼気量、肺活量を測定し、機能的残気量から予備呼気量を差し引いて残気量を、肺活量に残気量を加えて全肺容量を求めた。測定は、被験者が激しい運動をした後や食後は避け、身体比重測定と同日か、最も遅れの場合でも5日以内にこの測定を行なった。(図6に肺容量測定時の状況を示す)

C). 肺容量測定値に関する予備実験: この装置による測定値にどれだけの再現性があるか、被験者の姿勢の違いに伴う測定値の変動があるのかを検討するために予備実験を行なった。この予備実験については付録1に記述するが、その結果次の3点を確認した。

1. 測定値はほぼ満足の出来る再現性を示している
2. 再現性は立位時よりも伏臥位時に於いて高い

3. 機能的残気量, 予備呼気量, 肺活量は測定時の被験者の姿勢によって変動するが, 肺残気量は姿勢の影響を受けずにほぼ一定の値を示す

この様な結果から, 本研究では水中体重測定の際の姿勢と同様の伏臥位姿勢で測定した肺容量測定値を用いる事にした。

(4). 体脂肪量と浮力指数

前述の身体比重はそのまま身体密度(Density)と呼ばれるが, この数値より Brožek⁶⁾の回帰方程式^{註1)}を用いて体脂肪量を算出した。また, この体脂肪量を用いて lean body mass を求め, lean body mass 1 kg 当たりの全肺容量を算出した。これを本研究に於いて仮りに浮力指数^{註2)}(Buoyancy Index)と呼ぶ事とした。この浮力指数は, 水に沈む要素(lean body mass)に対してどれ位浮く要素(全肺容量)があるかを見るための指標として算出した。

$$\text{註1)} \quad \text{Body Fat} = 100 \left(\frac{4.570}{\text{Body density}} - 4.142 \right)$$

$$\text{註2)} \quad \text{Buoyancy Index} = \frac{\text{Total lung volume (cc)}}{\text{Lean body mass (kg)}}$$

(5). 水泳能力

25mプールに於いて、クロール、平泳、背泳、バタフライの競泳4種目の25m全力泳タイムを測定した。総合水泳能力として、これらの記録の平均値、標準偏差を算出し、その平均値を50卓に置き、標準偏差を10卓としたT-得卓に換算し、4種目を合計した。25m完泳出来ない種目のある者はその種目のT-得卓を0卓とした。

結果と考察

第1節 測定結果

(1). 浮身能力

背浮き、タックフロート能力の査定結果を表2に示す。背浮きに於いて、浮身がほぼ水平の状態ですべて出来た者(A)は50名中わずか1名しか観察されず、ほとんどの被験者は(B)、(C)に集中した。また、浮身の姿勢が取れずに沈んでしまう者(D)が6名、パーセン

Horizontal Back Float

	Excellent Floater Rating "A"	Good Floater Rating "B"	Poor Floater Rating "C"	Sinker Rating "D"	Total
N	1	28	15	6	50
(%)	(2)	(56)	(30)	(12)	(100)

Tuck Float

	Excellent Floater Rating "1"	Good Floater Rating "2"	Poor Floater Rating "3"	Sinker Total
N	2	29	19	50
(%)	(4)	(58)	(38)	(100)

Table 2. Number of Subjects as classified by the Two Test of Floating Ability

ページにして12%見い出された。これらは、Whiting⁵⁷⁾の結果とほぼ同様の傾向を示し、この年齢層の被験者は背浮きについてほぼ無能力である事が示された。

タックフロートでは、水面で浮ける者(1)、(2)が50名中31名(62%)、その中で背部がほとんど水上に出た状態で浮ける者(1)は2名であった。残りの19名は水面下に沈んだ状態がしかこの浮身姿勢を保持する事が出来なかった。この結果もWhiting⁵⁷⁾の結果とほぼ一致を見た。

この2種類の浮身能力テストの結果がどの程度に一致しているかを検討^{註)}するために算出された χ^2 の値は32.475(df=6)で、この2テストの結果の一致傾向は有意であった。しかしながら、Kendall 係数は $\gamma_k = .407$ で、全く同じ能力を査定しているテストとしてはかたまり大きな不一致といえるであろう。

これらの理由により、浮身能力と各変量の解析に当っては、この2種類の浮身テストを

註). このデータは付録2(P72)に示す。

別個に取り扱う必要があろうと思われた。

(2). 肺容量

肺容量測定の結果は表3に示される。

Variable	N	\bar{X}	SD
Vital Capacity (cc)	50	4543.1	587.4
Residual Volume(cc)	50	1588.8	280.5
Total Lung Vol.(cc)	50	6131.8	696.2
R. Vol./V. Capa.(%)	50	35.52	7.59

Table 3. Measurements of Lung Volume

肺活量の平均値は4543ccで、日本人成人男子の標準値⁵⁵⁾3940ccを上廻っている。これは、本研究の被験者が一般男子に比較して体格的に優れているため⁶²⁾と思われる。

肺残気量は1589ccの平均値を得、Rahan⁴⁶⁾らの値1536ccよりわずかに大きく、Sloan⁵²⁾の平均値1683ccより小さい値であった。

肺活量に対する肺残気量パーセンテージは35.5%と一般に示されている30%前後という値より幾分高い感もあるが、伏臥位姿勢を用いて測定されたための影響^{註)}と考えられる。

註). 付録1(P69)の肺容量測定予備実験の結果を参照

(3). 身体組成

水中体重測定法を用いて身体比重が測定され、その測定値から算出された体脂肪量、浮力指数が表4に示される。

	N	\bar{X}	SD
Body Density	50	1.0810	.0115
Percent Body Fat	50	8.93	5.50
Buoyancy Index	50	105.82	13.98

Table 4. Measurements of Body Composition

身体比重の平均値は1.0810で、海外の一般成人男子の平均値^(14) 31) 45) 51)よりも、また、日本人成人男子を対象とした研究結果⁴²⁾より大きい値であるが、本研究の被験者が何らかの運動部に所属し、多くの運動経験を有している事から理解¹⁰⁾出来る。

体脂肪量も一般の値10~15%より小さい値(8.9%)であるが、他に報告されている体育学専攻学生⁵⁴⁾の値とはほぼ一致している。

本研究の目的のために試算した浮力指数(全肺容量と lean body mass の比)の平均値は、

105.8(cc/kg)で、83~128の範囲内であった。
50名の被験者のこの指数は平均値の105を中心
にほぼ正規に分布した。

(4). 水泳能力

水泳能力の測定結果を表5に示す。平泳は
50名中49名が完泳し、記録が得られなかった
のは1名のみであった。同様に、クロールで
完泳した者は46名、背泳では43名であったが、
バタフライでは5割強の28名が完泳したにと
どまった。バタフライを完泳した者は、完泳
出来なかった者と比べて他の3種目の記録が
優れている傾向にあり、バタフライは技術的

	N	\bar{X}	SD
Crawl Stroke	46	17.90 ^{sec}	2.54 ^{sec}
Back Stroke	43	22.90	3.43
Breast Stroke	49	21.90	3.96
Butterfly Stroke	28	20.19	4.20
Swimming Ability	50	41.79 ^{a)}	15.45 ^{a)}

a) T-scale Point

Table 5. Measurements of Swimming Ability

に高度な種目である様に見えに。

総合水泳能力の平均値は丁一得卓にして
41.8卓で、ほぼ10卓から60卓の範囲内に分散
した。

第2節 身体比重・水泳能力と各変量との相 関

身体比重・水泳能力と各測定変量との間に
算出された相関係数を表らに示す。水泳能力
と各変量との相関係数はいずれも.110を下廻
る低い値で、有意な相関は認められなかった。
水泳能力に優れているという傾向は、ここで
検討された肺容量と身体組成の変量と特別の
関連を持たないもの様に見受けられた。

身体比重の相関では、肺残気量とに.393、
浮力指数とに-.392と1%水準の有意な係数
が得られた。これらの相関は、身体比重が重
いと肺残気量が大きく、浮力指数が小さいと
いう傾向を示すものである。しかしながら、
身体比重算出の過程に於いて肺残気量を補正

	Vital Capacity	Residual Volume	Total Lung Volume	Buoyancy Index	Swimming Ability
Body Density	*.130	*.393**	*.268	-.392**	*.139
Swimming Ability	*.107	-.004	*.089	-.052	-

** .01 level of significance

Table 6. Correlation Coefficients between Body Density, Swimming Ability and Measured Variables

している事、また、浮力指数は比重によって推定される *lean body mass* から求められているのであるから、この種の相関係数はむしろ意外に小さく、さしたる意味を持つものとは考えられない。

第3節 浮身能力と肺容量、身体組成項目との関連

浮身能力は背浮きとタックフロートの2種のテストによって査定された。この2種のテストについて別個に検討した結果が表7、表8に、また、2種のテストを組み合わせで査定した浮身能力の分析結果が表9に示されている。

(1). 背浮き能力

背浮き能力は主観的に(A)~(D)までの4段階にその能力が査定されたが、完全な浮身能力を示した者(A)はわずか1名しか観察されなかつたので、^{註)}ここでは(B),(C),(D)の3グループについて肺容量・身体組成の平均値、標準偏差を算出し、分散分析を行なった。(表7-a)

肺容量項目に於いて、(B),(C)グループの平均値はほぼ近似の値であるが、(D)グループの平均値はそれらより小さい傾向にある。肺活量では有意水準に達するF値は算出されず、グループ間の平均値の差は有意ではないと結論された。肺残気量と全肺容量には5%水準で有意なF値が算出された。

身体組成変量に於いて、身体比重は(B),(D)グループがほぼ同様の値(1.0787, 1.0799)を示し、中間の(C)グループのみがこれらより大きな値(1.0851)を示し、一定傾向は観察されなかつた。体脂肪量は比重測定値から予測される値であるため比重と同傾向にあり、(C)グル

註) 表2参照

Variable		Good Floater Rating "B" (N 28)	Poor Floater Rating "C" (N 15)	Sinker Rating "D" (N 6)	F
Vital Capacity (cc)	\bar{X} SD	4576.4 548.3	4610.1 610.5	4139.8 568.4	1.542
Residual Volume (cc)	\bar{X} SD	1633.3 273.9	1624.1 244.1	1324.3 260.9	3.332*
Total Lung Volume (cc)	\bar{X} SD	6209.7 660.0	6234.2 684.4	5464.2 566.8	3.262*
Body Density	\bar{X} SD	1.0787 .0121	1.0851 .0110	1.0799 .0081	1.837
Percent Body Fat	\bar{X} SD	9.84 5.89	7.08 5.03	9.40 3.86	1.207
Buoyancy Index	\bar{X} SD	106.13 15.18	106.93 11.42	99.08 11.84	.718

* .05 level of significance

Table 7-a. Comparison in Measurements of Lung Volume and Body Composition between three Groups classified in terms of their Floating Ability as rated by Horizontal Float Test

		Residual Volume	Total Lung Volume
Good Floater	Vs Poor Floater	.106	.112
Good Floater	Vs Sinker	2.453*	2.494*
Poor Floater	Vs Sinker	2.370*	2.322*

* .05 level of significance

Table 7-b. Student's t computed between the Groups of Different Floating Ability for the Variables in which Significant F was obtained as indicated in Table 7-a.

ーゾのみが他のグループと異なつて小さい値を示した。浮力指数では(B),(C)グループが大きい値を示し、傾向としては理解し易い順序となっている。しかし、分散分析の結果からはこれらグループの平均値の間に有意な差は検出されず、背浮き能力と身体組成変量とに関連性は見出されなかつた。

上記の結果有意なF値が算出された肺残気量と全肺容量について、背浮き能力の異なる3グループの組み合わせによるt検定を行なつた。この結果を表7-bに示す。肺残気量、全肺容量共に、(B)と(D)、(C)と(D)グループの間に5%で有意な差が検出された。しかし、(B)と(C)グループの平均値には有意差はなかつた。すなわち、良く浮くか、または普通より劣る程度のグループと比較して背浮きの全く出来ないグループは、肺残気量と全肺容量の平均値が小さいといえよう。

(2). タックフロート

主観査定により(1)~(3)の3段階にタックフロート能力が測定されたが、査定基準(1)に査定された背部がほとんど水面上に出た状態で浮く事^{註)}の出来た者は50名中2名しか観察されなかったため、この特によく浮くグループを除き、よく浮く者(2)、よく浮けない者(3)のグループについて背浮き能力と同様に各項目別にグループ間の平均値の差の検定を行った。(表8)肺活量、肺残気量、全肺容量はいずれも(2)グループの平均値が大きく、タックフロート能力の優れた者は肺容量が大きいという結果を得た。特に全肺容量では5%水準で有意な差が観察された。この全肺容量に有意差が見い出されたという点では背浮きの結果と一致した。

身体比重は浮身能力にあった(3)グループが大きく、体脂肪量、浮力指数では浮身能力に優れた(2)グループの平均値が大きい。このうち、検定によって身体比重、浮力指数に於いて5%で有意な差が検出された。この結果

註) 表2参照

Variable		Good Floater Rating "2" (N=29)	Poor Floater Rating "3" (N=19)	t
Vital Capacity (cc)	\bar{X} SD	4670.2 588.7	4291.8 509.7	.387
Residual Volume (cc)	\bar{X} SD	1600.9 246.7	1566.4 328.4	.406
Total Lung Volume (cc)	\bar{X} SD	6271.2 711.2	5858.3 595.9	2.050*
Body Density	\bar{X} SD	1.0784 .0126	1.0855 .0089	2.059*
Percent Body Fat	\bar{X} SD	10.14 6.13	6.97 3.99	1.951
Buoyancy Index	\bar{X} SD	109.45 14.42	98.57 9.18	2.820*

* .05 level of significance

Table 8. Comparison in Measurements of Lung Volume and Body Composition between two Groups classified in terms of their Floating Ability as rated by Tuck Float Test

身体比重が軽く、浮き易い身体組成を有した者が高いタックフロート能力を示すという事が見出された。

この様に、背浮きとタックフロートの二種類の浮身テストの結果は必ずしも一致した結果を示してはいない。背浮きは肺容量に強く関連し、タックフロートには肺容量に加えて

身体比重が関与している様に見える。背浮きの姿勢は胸廓が拡張される姿勢である事、また、この姿勢に於いては浮力の中心と体の重心とのバランスをとるのに特別のスキルが要求されると考えられる。一方、タックフロートは屈曲された姿勢のため肺の拡張が制限され、重心のバランスをとるスキルはこの姿勢の場合さほど関与しないのではなかろうか。

(3) 2種の浮身能力テストの総合結果によって識別された上位・下位グループの比較：これまで、背浮き、タックフロートを個々に検討して来たが、ここでは上記の2種のテストを併せて査定した浮身能力と各変量との関連の検討を試みた。特に浮身能力の優れた者一例えば、背浮きで(A)、タックフロートで(B)に査定された者を上位グループ、かなり劣った者一例えば、背浮きで(D)、タックフロートで(3)に査定された者を下位グループとし、両グループの比較を行なった。(表9)

Variable	High Group (N 14)		Low Group (N 10)		t
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	
Vital Capacity (cc)	4794.0	274.2	4152.4	410.1	4.401**
Residual Volume(cc)	1577.4	235.9	1503.1	296.5	2.665*
Total Lung Vol.(cc)	6373.3	454.6	5655.5	576.0	3.267**
Body Density	1.0787	.0044	1.0830	.0059	1.965
Percent Body Fat	10.14	3.38	7.94	4.74	1.272
Buoyancy Index	110.7	13.59	95.4	10.55	2.853*

** .01 level of significance

* .05 level of significance

Table 9. Comparison in Measurements of Lung Volume and Body Composition between the High and Low Groups as classified in terms of their Floating Ability so rated by the Composite of Horizontal and Tuck Float Test

肺容量項目に於いては、いずれも上位グループが高い平均値を示し、下位グループとの差は肺活量と全肺容量が1%水準、肺残気量が5%水準で有意であった。

身体組成変量に於いて、浮力指数、体脂肪量は上位グループが大きく、身体比重は下位グループが大きき平均値を示した。しかし、有意差が認められたのは浮力指数のみで、身体比重、体脂肪量の上位・下位グループの差は有意ではなかった。

これらの結果から 浮身能力には肺容量と
 身体組成の両方が関連しているが、身体組成
 よりも肺容量の影響の方がより大きく関与し
 ていると推定される。これは、⁴⁸⁾ RerkとNellebrandt
 の肺容量が増加すれば身体比重が軽くなり浮
 身能力が向上するという推論を支持する結果
 であった。また、本研究で試算した浮力指数
 は、肺容量と身体組成の両方を考慮しており、
 浮身能力の予測手段として有用の様に見受け
 られた。

第4節 浮身能力と水泳能力との関連

背浮きに於いて査定された(B),(C),(D)グルー
 プ別の水泳能力の比較を試みた結果を表10に。
 同様に、タックフロートによる査定(2),(3)グ
 ループの水泳能力の比較を表11に示す。各競
 泳種目で25m完泳出来なかった者は除き、完
 泳した者のみの記録により平均値を求めた。

背浮き、タックフロートいずれのテストで
 も、浮身能力に差のあるグループの水泳能力

		Good Floater Rating "B"	Poor Floater Rating "C"	Sinker Rating "D"	F
Crawl Stroke	N	26	14	5	
	\bar{X}	18.03 sec	17.84 sec	17.96 sec	.010
Back Stroke	N	23	15	4	
	\bar{X}	22.52	23.40	23.35	.309
Breast Stroke	N	28	14	6	
	\bar{X}	22.41	20.96	22.88	.727
Butterfly Stroke	N	15	9	4	
	\bar{X}	18.99	21.29	22.10	1.325
Swimming Ability	N	28	15	6	
	\bar{X}	41.87 ^{a)}	43.19 ^{a)}	37.95 ^{a)}	.230
	SD	4.39	3.49	1.95	
	SD	3.95	2.77	2.40	
	SD	4.73	2.75	2.03	
	SD	4.51	3.58	2.47	
	SD	18.06	11.35	11.22	

a) T-scale Point

Table 10. Comparison in Swimming Abilities between three Groups classified in terms of their Floating Ability as rated by Horizontal Float Test

には有意差は見られなかった。

これらの結果は、²³⁾ Huss と Cureton の実験結果と同様に、浮力能力は水泳能力と関連がないという方向を示している。

		Good Floater Rating ^{"2"}	Poor Floater Rating ^{"3"}	t
Crawl Stroke	$\frac{N}{\bar{X}}$	27 18.07 sec	17 17.98 sec	.076
	SD	4.50	2.77	
Back Stroke	$\frac{N}{\bar{X}}$	26 22.72	15 23.56	1.735
	SD	3.74	2.77	
Breast Stroke	$\frac{N}{\bar{X}}$	28 22.39	19 21.45	.788
	SD	4.75	2.15	
Butterfly Stroke	$\frac{N}{\bar{X}}$	14 19.85	13 21.00	.714
	SD	4.65	3.27	
Swimming Ability	$\frac{N}{\bar{X}}$	29 40.72 ^{a)}	19 42.32 ^{a)}	.656
	SD	16.60	13.49	

a) T-scale Point

Table 11. Comparison in Swimming Abilities between two Groups classified in terms of their Floating Ability as rated by Tuck Float Test

第5節 水泳能力によって識別された上位・

下位グループの比較

T-得点総点によって示される総合水泳能力に於いて、特に優れた者上位20%、かなりあった者下位20%をそれぞれ上位グループ、下位グループとし、肺容量、身体組成項目の

平均値の比較を試みた。

	High Group (N=10)		Low Group (N=10)		t
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	
Vital Capacity (cc)	4698.7	333.5	4526.8	745.2	.632
Residual Volume(cc)	1603.2	276.1	1634.4	257.3	.248
Total Lung Vol.(cc)	6301.9	542.2	6161.2	916.6	.396
Body Density	1.0840	.0108	1.0772	.0195	.917
Percent Body Fat	7.40	3.93	10.75	8.47	1.074
Buoyancy Index	104.7	11.3	109.4	22.4	.562

Table 12. Comparison in Measurements of Lung Volume and Body Composition between the High and Low Groups as classified in terms of their Swimming Ability

表12に示される様に、いずれの項目に於いても、グループ間の平均値の差は有意水準に達していない。水泳の上手な者と下手な者は、肺容量、身体組成項目のいずれに於いても、その平均値間に有意差を示さず、これらの変量の中から水泳能力に関連のありそうな項目を指摘する事は出来なかつた。

結 論

本研究の結果から次の諸点を結論する。

- 1). 日常かなり活発にスポーツ活動を行なっている21才前後の男子大学生で“泳げる”者の中にも、ほぼ10%前後浮身テストで“浮けない”と判定される者が含まれる。
- 2). 水泳能力と肺容量及び身体組成変量との間に有意な相関は見出されない。身体比重は肺残気量と本研究のために試算される浮力指数(全肺容量と脱脂体重の比)と低いが有意な相関を示す。
- 3). 背浮きとタックフロートの2種類の浮身テストの結果はやや異なり、背浮きは肺容量に依存するが、タックフロートは肺容量に加えて身体比重が関与する様に見える。
- 4). 浮身能力には肺容量と身体組成が関与するが、身体組成よりも肺容量の影響の方がより強く働いている様に見える。本研究で試算した浮力指数を浮身能力の予測

指標として見る事も可能であろう。

- 5). すでに“泳げる”被験者の25m競泳時間で記録された水泳能力は浮身能力とは関連がない。また、その水泳能力で識別された水泳が“上手な者”と“下手な者”は肺容量と身体組成変量の平均値に有意差を示さない。

これらの結論から、水泳指導に関連しさらに次の様な推論を進める。

1). 全ての学習者が必ず静止状態での浮身姿勢で“泳げる”様になれるはずであるという前提のもとに初心者指導を行なう事は誤りである。

2). かなりの個人差がある身体組成と肺容量とが静止状態で浮力を決定する主要な因子として働く。

3). 最も浮力に欠ける人体でも、その比重は1にごく近く、これにわずかの推進力が加えられれば浮いている状態を保

つ事は容易であろう。

4). "泳げる"状態の対象では、浮身能力、肺容量、身体組成は水泳能力と関連しない。

5). "浮ける"様になるための水泳技術の習得は、"水に慣れ"て解緊、弛緩した身体の状態を作り、より大きな胸廓拡張によって肺容量の増大を可能とする事、水中での姿勢で身体の重心と浮力の中心を一致させて身体の回転を防ぐ様になる事、手足の動作で推進力をつけて顔面を水面上に保持できる様になる事などによって構成される様に憶測される。

6). 完全な静止状態での浮身を初心者に習得させるために多くの時間をさく事は得策ではない。また、これを水泳能力の一部と考えて水泳の技能テストの中に加える根拠はない。

なお、身体組成や浮力については、性差や

年齢差が報告されており、今後、異なった性
年齢グループを対象としたこの種の研究を進
める必要があるであろう。

要約

水に“浮ける”能力は、初心者水泳技能を習得する場面でさきわめて重要な意味を持ち、水泳の指導にあたる体育指導者にとっては重大な関心事である。この水に“浮ける”能力がどの程度に水泳技能として習得し得るものであり、どの程度に身体の物理学的浮力に依存するものであるかについての知見を得る目的で本研究が行われた。

水泳部員も含む運動競技に参加している男子大学生50名を対象として、背浮きとタックフロートによる浮力能力査定、4種目の水泳タイム、肺活量、肺残気量、全肺容量、身体比重、体脂肪量、それに“浮力指数”と名づけるに全肺容と脱脂体重の比(cc/kg)を測定・算出し、これらの変量間の関連を検討した。

結果として次の結論を得た。

- 1). ほぼ10%前後の被験者が浮身テストで“浮けない者”と判定された。
- 2). 水泳能力と肺容量及び身体組成変量との

間に有意な相関は見出されない。身体比重は肺残気量と浮力指数とに低い有意な相関を示す。

3). 2種類の浮身テストの結果はやや異なり、背浮きは肺容量に依存するが、タックフロートは肺容量に加えて身体比重が関与する様に見える。

4). 浮身能力には肺容量と身体組成が関与するが、身体組成よりも肺容量の影響の方がより強く働いている様に見える。浮力指数を浮身能力の予測指標として見る事も可能であろう。

5). 水泳能力は浮身能力とは関連がない。また、その水泳能力で識別される水泳が“上手な者”と“下手な者”は、肺容量と身体組成変量の平均値に有意差を示さない。

これらの結論に結びつけて水泳指導場面に適用し得るいくつかの見解を提示した。

引用文献

- 1) 阿久津邦男：水泳のエネルギー代謝に関する研究(そのI)；水泳のスピードと酸素需要量の関係。体力科学 13, 173-179 (1964)
- 2) _____：水泳のエネルギー代謝に関する研究(そのII)；水泳のスピードと効率の関係。体力科学 13 180-188 (1964)
- 3) Alley, L. E.: An analysis of water resistance and propulsion in swimming the crawl stroke. Res. Quart. 23 253-270 (1952)
- 4) Azuma, T.: Olympic medical archives report. 35
The Organizing Committee for the Games of the 18th Olympic:
Tokyo (1964)
- 5) Bateman, J. B.: Studies of lung volume and intrapulmonary mixing.; Nitrogen clearance curves: Apparent respiratory dead space and its significance. J. Appl. Physiol. 3
143-160 (1950)
- 6) Brožek, J., Grande, F., Andersen, J. T. and Keys, A.:
Densitometric analysis of body composition; Revision of
some quantitative assumptions.: Ann. N. Y. Acad. Sci. 110
113-140 (1963)
- 7) Carlile, F.: Effect of preliminary passive warming on
swimming performance. Res. Quart. 27 143-151 (1956)
- 8) Clarke, H. H.: Application of measurement to health and
physical education. 3rd ed. 288, Prentice-Hall, Inc.:
New Jersey (1959)
- 9) Counsilman, J. E.: Forces in swimming two types of crawl
stroke. Res. Quart. 26 127-139 (1955)

- 10) Counsilman, J. E.: The science of swimming. 1st ed.
Prentice-Hall, Inc.: New Jergey (1968)
- 11) Cowell, C. C. and Hazelton, H. W.: Crriculum designs in physical education. 3rd ed. 135-368, Prentice-Hall, Inc.:
Hew Jergey (1959)
- 12) Cureton, T. K.: Mechanics and kinesiology of the crawl stroke; The crawl flutter kick. Res. Quart. 1(4)87-121(1930)
- 13) _____ : How to teach swimming and diving.
Association Press: New York (1934)
- 14) Durnin, J. V. G. A. and Rahaman, M. M.: The assessment of the amount of fat in the human body from measurements of skinfold thickness. Br. J. Nutr. 21 681-689 (1967)
- 15) 海老名敏明, 金上晴夫, 桂敏樹, 青沼賢治, 白石晃一郎; ヘリウムによる *Functional Residual Capacity* の測定. 呼吸と循環 7 401-409 (1959)
- 16) Forsyth, H. L. and Sinning, W. E.: The anthropometric estimation of body density and lean body weight of male athletes. Med. and Sci. in Sports 5 174-180 (1973)
- 17) Fox, M. G. Swimming power test. Res. Quart. 28 233- 237 (1957)
- 18) Gabrielsen, M. A., Spears, B. amd Gabrielsen, B. W.: Aquatics handbook. 2nd ed. 5, Prentice-Hall, Inc.:
Hew Jergey (1961)
- 19) Gross, E. A. and Thompson, H. L.: Relationship of dynamic balance to speed and ability in swimming. Res. Quart. 28 342-346 (1957)

- 20) Guyton, A. C.: Textbook of medical physiology, 550,
W. B. Sanders Company: Philadelphia (1970)
- 21) Hewett, J. E.: Swimming achievement scale scores for college men. Res. Quart. 19 282-289 (1948)
- 22) _____: Achievement scale scores for high school swimming. Res. Quart. 20 170-179 (1949)
- 23) Huss, W. P. V. and Cureton, T. K.: Relationship of selected tests with energy metabolism and swimming performance. Res. Quart. 26 205-221 (1955)
- 24) 猪飼道夫, 石井喜八, 宮下充正: 水泳中の筋電図 Olympia 8 2-7 (1961)
- 25) 石田忠彦: 水泳基本姿勢の流水中に於ける抵抗力の研究 体育学研究 3 30 (1958)
- 26) 金上晴夫, 白石, 桂, 馬場, 尾形, 田中: 変量式ヘリウム閉鎖回路法による肺内ガス分布測定に関する研究 呼吸と循環 9 755-768 (1961)
- 27) Karpovich, P. V.: Water resistance in swimming. Res. Quart. 4 (3) 21-28 (1933)
- 28) _____: Analysis of the propelling force in the crawl stroke. Res. Quart. 6 (2) 49-58 (1935)
- 29) _____ and Lemaister, H.: prediction of time in swimming breast stroke based on oxygen consumption. Res. Quart. 11 40-44 (1940)
- 30) _____ and Millman, N.: Energy expenditure in swimming. Am. J. Physiol. 142 140-144 (1944)
- 31) Katch, F. and Michael, E. D.: Estimation of body volume by underwater weighting; Description of a simple method. J. Appl. Physiol. 23 811-813 (1967)
- 32) La Porte, W. R.: The physical education curriculum at national program, 6th ed. 28-33, University of Southern California Press: Los Angeles (1955)

- 33) 小林栄一：指導者のための水泳教本 第1版 29-33, 紫生書院：東京(1954)
- 34) Meneely, G. R., Ball, C. T. B., Kory, R. C., Callaway, J. J., Merrill, J. M., Mabe, R. E., Poehn, D. C. and Kaltreider, N. L.: A simplified closed circuit helium dilution method for the determination of the residual volume of the lung.
Am. J. Med. 824-831 (1960)
- 35) 松井秀治：運動と身体の重心 第1版 53 体育の科学社：東京(1958)
- 36) 宮畑虎彦, 小林一敏：浮力の中心の測定法. 日本体育学会第24回大会号 6-32 (1973)
- 37) 宮下充正：水泳についての身体力学的考察 新体育 31 22-27 (1961)
- 38) 宮下充正, 江橋慎四郎：水泳における筋力と技術について 体育学研究 7 192 (1962)
- 39) 宮下充正：水泳の科学 第1版, 体育の科学社：東京(1970)
- 40) 文部省：水泳指導の手引 第1版 75-77, 博文堂出版：東京(1955)
- 41) 文部省：水泳安全指導の手引 第1版 17-21 博文堂出版：東京(1960)
- 42) Nagamine, S. and Suzuki, S.: Anthropometry and body composition of Japanese young men and women.
Human Biology 36 8-15 (1964)
- 43) 中村功, 田村文彦：残気量(1) ヘリウムによる測定法 呼吸と循環 13 709-715 (1965)
- 44) 名取正也：図解 誰にもわかる泳ぎ方 第1版 23-28 加島書店：東京(1955)
- 45) Pascale, L. R., Grossman, M. I., Sloan, H. S. and Frankel, T.: Correlation between thickness of skinfolds and body density in 88 soldiers. Human Biology 28 165-176 (1956)
- 46) Rahn, H., Fenn, W. O. and Otis, A. B.: Daily variations of vital capacity, residual air, and expiratory reserve including a study of the residual air method.
J. Appl. Physiol. 1 725-736 (1948)

- 47) 労働省労働基準局編：じん肺テキスト；笹本浩，梅田博道：じん肺に關する肺機能検査
1-23 (1966)
- 48) Rork, R. and Hellebrandt, F. A.: Floating ability of womwn.
Res. Quart. 8 (4) 19-27 (1937)
- 49) 佐藤三郎：水泳 第11版 1-2, 目黒書店：東京 (1930)
- 50) Shaw, J. H., Trester, C. A. and Gabrielsen, M. A.:
Individual sports for men. 3rd ed. 261-264, W. B. Sanders
Company: London (1956)
- 51) Shephard, R. J., Jones, G., Ishii, K., Kaneko, M. and
Olbrecht, A. J.: Factors affecting body density and hickness
of subcutaneous fat. Am. J. Clin. Nutr. 22 1175-1189 (1969)
- 52) Sloan, A. W.: Estimation of body fat in young men.
J. Appl. Physiol. 23 311-315 (1967)
- 53) _____ : Nomograms for prediction of body density and
total body fat from skinfold measurements.
J. Appl. Physiol. 28 221-222 (1970)
- 54) _____ : Body fat of medical students. INYANGA 40
89-92 (1971)
- 55) 東京都立大学身体適性研究室編：日本人の体力標準値 第1版 263
不昧堂出版：東京 (1970)
- 56) 梅田利兵衛，宮畑虎彦：水泳 第6版 2-6, 学芸出版社：京都 (1972)
- 57) Whiting, H. T. A.: Variations in floating ability with age
in the male. Res. Quart. 34 84-90 (1963)
- 58) _____ : Variations in floating ability with age
in the female. Res. Quart. 36 216-218 (1965)

- 59) 山崎 誠一：遊泳中のスピードと酸素需要量の関係 体育学研究 3 42-47 (1958)
- 60) 柳金太郎：本邦成年男子の肺活量と基係数について 社会学雑誌 第456号 (1925)
- 61) 吉田勝平：最新図解 水泳教室 第1版 14-18 万有社：東京 (1952)
- 62) 吉儀 宏 栗本 慶夫：長距離選手の記録と肺活量, 息ごらえに関する研究
体育学研究 12 (5) 121 (1968)

RELATIONSHIPS OF FLOATING ABILITY WITH SWIMMING ABILITY,
LUNG VOLUME AND BODY COMPOSITION

Chikara IWANAMI

The ability to maintain a floating position at the water surface is a matter of importance for the beginners trying to learn how to swim. This, at the same time, constitutes a serious concern for the physical educators assigned to the swimming instruction. The present investigation was undertaken in the hope of obtaining some insight into the questions as to in what extent the floating ability can be learned as a part of the swimming skill and how much of it may be attributed to the physical factor of buoyancy.

Subjects were 50 male college students actively participating in various athletic sports including varsity swimming. Their floating ability in horizontal and tuck floating positions, swimming time in four types of stroke, vital capacity, residual volume, total lung volume, body density, body fat, and the ratio between total lung volume and fat-free body mass (cc/kg) which was proposed to be named "buoyancy index" were measured and derived. Then the interrelations between these variables were examined.

The following conclusions were proposed from the results:

- 1) Approximately 10 % of the subjects failed to "float" in terms of the floating ability tests employed.
- 2) No significant correlation was found between the swimming ability and any of the lung volume and body composition variables. Body density showed low but significant correlation with residual volume and buoyancy index.
- 3) A slight divergency was observed between the results of the two tests of floating ability. The result of the horizontal floating was dependent on the lung volume, while the performance in tuck float test was related to the body density in addition to the lung volume.
- 4) Although both the lung volume and body composition are affecting the floating ability, the lung volume, rather than the body composition, seemed to exerting greater influence over this ability. The buoyancy index may be effective as an estimating measure.

- 5) Swimming ability as evaluated by the swimming time showed no relation with the floating ability.

No significant difference was found between the means of "good swimmers" and "poor swimmers" when they were compared in lung volume and body composition variables.

Some views applicable to the practical situation of swimming instruction were suggested from the foregoing conclusions.

付 録

付録1 肺容量測定に関する予備

実験 ----- 69

付録2 2種類の浮身能力テスト

結果の一致性の検討 ----- 72

付 録 1

肺容量測定に関する予備実験

本研究に於いて使用したヘリウム肺残気量測定装置による測定値にどれだけの再現性があるのか。被験者の姿勢の違いに伴う測定値の変動があるのかを検討するために予備実験を行なった。10名の大学生男子を用いて、伏臥位と立位姿勢に於いてそれぞれ中2日から3日を置いて2回の測定を行ない、表1、表2の結果を得た。

表1は各姿勢の前後2回の測定の平均値、標準偏差、それに相関係数を示している。

(cc)

Variables		Standing Posture			Prone Posture		
		\bar{X}	SD	r_X	$\bar{C}\bar{X}$	SD	r
Functional Residual Capacity	1st	3280.6	323.0	.806	2521.6	355.4	.910
	2nd	3251.6	286.2		2485.1	317.4	
Expiratory Reserve Volume	1st	1816.0	225.9	.790	1124.2	211.8	.790
	2nd	1799.1	123.2		1067.3	185.0	
Residual Volume	1st	1464.7	227.1	.655	1397.5	168.2	.720
	2nd	1452.5	245.5		1417.8	196.7	
Vital Capacity	1st	4679.9	486.7	.980	4471.0	509.5	.980
	2nd	4650.2	449.2		4407.0	518.3	

Table 1. Test-retest Reliability of Lung Volume Measurements

肺活量は他の測定値と比べて高い再現性を示した。肺残気量は立位時で .655, 伏臥位時で .720 と再現性係数としては低い値であるが、肺残気量が機能的残気量と予備呼気量の依存変数であるに於ける結果と思われる。全体としては、立位時より伏臥位時に高い再現性を得た。

被験者の姿勢に伴う測定値の変動についての検討が、2種類の姿勢に於ける平均値の比較によって試みられた。(表2) 機能的残気量, 予備呼気量, 肺活量はいずれも伏臥位時

(cc)

	Standing Posture		Prone Posture		t
	\bar{X}	SD	\bar{X}	SD	
Functional Residual Capacity	3251.6	286.2	2485.1	317.4	12.847**
Expiratory Reserve Volume	1799.1	123.2	1067.3	185.0	13.793**
Residual Volume	1452.5	245.5	1417.8	196.7	.528
Vital Capacity	4650.2	449.2	4407.0	518.3	3.772**

** .01 level of significance

Table 2. Comparison in Measurements of Lung Volume between Standing and Prone Postures

より立位時に大きく、その平均値の差は1%水準で有意であった。残気量に於いても同様の傾向は見られるが、その差はわずかで有意性は検出されなかった。

以上の結果から次の3点を確認した。

- 1) 測定値はほぼ満足の出来る再現性を示している。
- 2) 再現性は立位時よりも伏臥位時に於いて高い。
- 3) 機能的残気量、予備呼気量、肺活量は測定時の被験者の姿勢によって変動するが、肺残気量は姿勢の影響を受けずにほぼ一定の値を示す。

付 録 2

2種類の浮身能力テスト結果の一致性の検討

背浮き、タックフロートの2種の浮身能力テスト結果がどの程度に一致しているかを検討するために以下の計算を試みた。

背浮き、タックフロートの査定結果は表1のごとくであった。2種のテストに最も優れた能力を示した者—背浮きで(A)、タックフロートで(1)に査定されたる者はわずか1名しか観察されなかった。また、最も劣った者—背浮

		Horizontal Back Float				Total
		Excellent Floater Rating "A"	Good Floater Rating "B"	Poor Floater Rating "C"	Sinker Rating "D"	
Tuck Float	Excellent Floater Rating "1"	1	1			2
	Good Floater Rating "2"		20	8	1	29
	Poor Floater Rating "3"		7	7	5	19
Total		1	28	15	6	50

Table 1. Number of Subjects rated for the Different Levels of Floating Ability by the Horizontal and Tuck Float Tests

きで(D), タックフロートで(3)に査定された者は5名おり、これらは、いわゆる"sinker"と呼ばれる全く浮身を保持する事が出来ない者と判断される。その他の被験者は、背浮きで(B)(C), タックフロートで(2), (3)に集中した。

表1をもとに χ^2 の値を算出した結果32.475 (df=6)で、この2種のテスト結果の一致傾向は0.1%水準で有意であった。

しかしながら、Kendall係数では、 $r_k = .407$ で、全く同じ能力を査定しているテストとしてはかぎり大きき不一致といえる。また、背浮きのタックフロートへの一致度は $r_k = .431$ 、逆にタックフロートの背浮きへの一致度は $r_k = .381$ であり、前者の方が高い係数を示した。

これらの理由により、浮身能力と各変量との解析に当たっては、この2種の浮身テストを別個に取り扱う必要があると思われる。