

東海大学

第7号 **スポーツ医科学雑誌** 1995

The Tokai Journal of Sports Medical Science

東海大学スポーツ医科学研究所



イラスト 東 恵子

人は何処より来り何処に行かんとするか
それがありし日の少年に芽生えたはかな疑問まで
しかし揺籃より墓場まで
それは生ける人々にどつてまされもなき生の現実である

この現実の上へ人は花びまつ哀しむ
そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ

生命の現実を人生を肯定しよう
不屈の精神と逞しき体軀をつくらう

精神と肉体との調和に生命を開拓しよう
かくして希望と勝利の人生の街道を築進しよう

されどありし日の少年の疑問は残る

人々よ

見よ人体構造の神秘を
見よこの作品の微妙さを

見よ造られたるものの限りなく人の力に越ゆるを
見よこの偉大なる造物主の力を

人々よ

身体製膚これに父母にうく散て致傷せざるは幸の始めなり
人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ

されどその前に創造の神秘がある
大自然を支配する思想がある

われら當然として襟を正し現実を正視しよう

昭和四十八年四月 初春
松前重義

人は何処より来り何処に行かんとするか
それはありし日の少年に芽生えたはかな疑問であつた
しかし揺籃より墓場まで
それは生ける人々にどつてまされもなき生の現実である

この現実の上へ人々は喜び且つ哀しむ
そこに勝利と敗残の人々の生涯がある

人々よ

生命の現実を人生を肯定しよう
不屈の精神と逞しき体軀をつくらう

精神と肉体との調和に生命を開拓しよう
かくして希望と勝利の人生の街道を築進しよう

されどありし日の少年の疑問は残る

人々よ

見よ人体構造の神秘を
見よこの作品の微妙さを

見よ造られたるものの限りなく人の力に越ゆるを
見よこの偉大なる造物主の力を

人々よ

身体製膚これに父母にうく散て致傷せざるは幸の始めなり
人の生命は父母の手によつてなれりと言ふ

されどその前に創造の神秘がある
大自然を支配する思想がある

われら當然として襟を正し現実を正視しよう

昭和四十八年四月 初春

松前重義

【総説】

運動と活性酸素

中野昭一・寺尾 保 9

【研究論文】

スポーツ医科学における高速度写真工学

山本芳孝 19

リラクゼーションに関する精神生理学的研究：

音楽と心身のリラクゼーション(その3)

白倉克之・森本 章・小林信三・伊賀富栄・篁 一誠・寺尾 保

今村義正・小村渡岐磨・志水哲雄・中野昭一 26

陸上競技男子投擲選手における心理的適性についての一考察(そのII)

TSMIとY-G検査について

小村渡岐磨・石田義久・河野優一 32

スポーツ施設環境の評価に関する心理学的研究 4

複数の施設に対する屋内スポーツ施設環境評定尺度の適用

吉川政夫・菊地真也・里見悦郎・松本秀夫・今村義正 42

東海大学男子柔道部員と龍仁大学(韓国)男子柔道部員の体力および運動能力の比較

原口真次・古谷嘉邦・佐藤宣践・小河原慶太・菊地真也 50

スポーツ選手における糖質摂取を主体とした減量法の検討

柔道選手の稽古終了直後の糖質補給が身体組成および最大無酸素パワーに及ぼす効果

寺尾 保・山下泰裕・並木和彦・三田信孝・越野忠則・中西英敏

白瀬英春・佐藤宣践・小村渡岐磨・中野昭一 58

男子大学スポーツ選手の負荷テスト心電図所見と形態的特徴

高身長・高体重者にみられた心電図異常について

三田信孝・田村修治・内藤堅志・並木和彦・三神美和・荒川正一

寺尾 保・山並義孝・中野昭一 66

中年スポーツ選手の心拍変動パワースペクトル解析による自律神経機能評価 若年スポーツ選手との比較	田辺晃久・岩元智超・白井和胤・寺尾 保・中野昭一	75
東海大学体育会所属運動部の競技スポーツ選手に対する健康管理の実践報告	荒川正一・加藤達郎・山並義孝・今村 修・内山秀一・今川正浩 袋舘龍太郎・堀江 繁・積山和明・平岡秀雄・三田信孝・成田明彦 久保正秋・白瀬英春・中西英敏・田村修治・宇野 勝・山下真理子 葛 輝子・北浦綾乃・小坂元三十美・内藤恒雄・笠富美子 丹内美江子・藤川紀子・木庭敏和・三神美和	83
東海大学医学部脳神経外科におけるスポーツ頭部外傷の集計	松前光紀・柴田将良・佐藤 修	92
骨格筋における自由水の特性	栗田太作・灰田宗孝・篠原幸人・古橋栄介 三浦信広・新屋敷直木・真下 悟	99
L型、N型、P型、およびQ型Ca ²⁺ チャネル阻害剤の神経伝達に及ぼす影響	北村 憲・岩尾佳代子・松宮輝彦・熊本高信・岡 哲雄	105
フラボノイドの抗酸化作用の意義について	永田英孝・竹腰 進・本間隆夫・渡辺慶一	109
【スポーツエッセイ】		
集団(チーム)の力と柔軟性	開発技術研究所 河村和孝	118
日・英スポーツ番組雑感	文学部広報学科 飯塚浩一	120
3K と呼ばれるクラブ	工学部電子工学科 小林敏彦	122
スポーツ医科学研究所所報		125
あとがき		133

総説

●運動と活性酸素



イラスト 東 恵子

運動と活性酸素

中野 昭一 (スポーツ医科学研究所所長)
(医学部生体構造機能系生理科学)

寺尾 保 (医学部生体構造機能系生理科学)

The relationship between superoxide and exercise

Shoichi NAKANO and Tamotsu TERAO

従来、有酸素的な持続的運動が、ヒトの心肺機能を刺激し、引いては心臓、血管系のトレーニングに通じるところから、ことに中高年の体力づくりを増進するとともに、加齢現象を抑制するものとして推奨されてきている。しかし、近年、持続的運動といえどもからだの生理機能に対して、必ずしも良い影響を与えるとは限らず、体内代謝を阻害し、さらには加齢現象に対しても、むしろそれを促進する可能性のあるという報告がなされてきている^{2,7,14,15,18,22)}。

すなわち、運動がからだに良い影響を与えないという説には、使い過ぎの萎縮から筋繊維や腱の断裂、関節の障害など解剖生理学的あるいは整形外科的なものの他に、運動による呼吸の促進によって、過剰に摂取された酸素が体内で活性酸素種などのフリーラジカルを生成し、細胞膜の透過性や、過酸化脂質の生成、種々の酵素に含まれる鉄や銅などの酸化、さらには細胞内 DNA を損傷するなど細胞・分子レベルでヒトのからだに種々の有害作用を発揮するというのがある^{12,13)}。

そこで、ここでは、体内で生成されるフリーラジカル、ことに運動に関連して増加するといわれる活性酸素種の作用と、その消却などについて考えてみたい。

1. 活性酸素種とは^{9,23)}

活性酸素種とは、常に私たちが吸っている空気中の酸素よりも活性化された酸素と、その関連化合物の総称で、これらにはフリーラジカルと非ラジカルとがある。フリーラジカルとは、一般に、分子や原子の中で対をなしている電子が不対電子 (odd electron) となっているもので、代表的なものはヒドロキシルラジカルで、不安定で生体内の種々の分子と速やかに反応して、多くの場合その細胞膜や細胞自体に悪影響を及ぼすことになる。非ラジカルのもとしては過酸化水素、一重項酸素、脂質ヒドロペルオキシドなどが挙げられている。なお、活性酸素は、ラジカルとしての活性よりもマイナスイオンとしての作用が大きいともいわれているが、生体では、ことに組織の虚血状態およびその再灌流に際して生成され、その組織に種々の障害をきたさせる。なお、活性酸素および鉄と酸素との複合体 (錯体) は電子の動きによってラジカル的に作用したり、非ラジカル的な作用を示すこともある。これらの代表的なものを表 1 に示した。とくに生体と関連が深いものとしては、スーパーオキシド (O_2^-)、過酸化水素 (H_2O_2)、ヒドロキシルラジカル (HO) および、一重項酸素 (1O_2) の 4 つが挙げられる。

表1 生体に関係するフリーラジカルと活性酸素

反応性	ラジカル	非ラジカル
大 ↑ ↓ 小	HO・ヒドロキシラジカル	$^1\text{O}_2$ 一重項酸素
	LO・アルコキシラジカル	O_3 オゾン
	LO_2 ・ペルオキシラジカル	OCl^- 次亜塩素酸
	HO_2 ・ヒドロペルオキシラジカル	O_2^- スーパーオキシド
	NO_2 二酸化窒素	鉄コンプレックス (FeH_2O_2^+ , Fe^{IV} , FeO^{IV})
	NO 一酸化窒素	LOOH 脂質ヒドロペルオキシド
	RS・チールラジカル	HOOH 過酸化水素
	セミキノンラジカル	
	ビタミンEラジカル	
	ビタミンCラジカル	

2. フリーラジカル・活性酸素種の生成¹⁶⁾と、その作用¹⁷⁾

私たちは、常に肺呼吸によって酸素を摂取し、これを血液によって全身に送り各組織で栄養素の酸化を行いエネルギー源としてのアデノシン三リン酸(ATP)などを生成している。その幾つかの機序の中で、私たちのからだの中では絶えず有害な活性酸素種が生成されているのである。しかし、これらはある意味では必ずしも有害に作用しているとは限らず生体内の殺菌作用、情報伝達あるいは体蛋白質の更新時における組織の破壊にも寄与しているわけで、私たちのからだでも毎日、適量の活性酸素を必要としているともいえる。

図1は基本的な生体内での活性酸素種の生成過程を示したもので、図のように供給される酸素の一部がキサンチンオキシターゼ(XOD)の作用によってスーパーオキシドになる。これがスーパーオキシドジスムターゼ(SOD)により過酸化水素となり、また、その過程でヒドロキシラジカルを生成する。一方、過酸化水素からはクロールイオンの存在下で次亜塩素酸(OCl^-)を経て一重項酸素になる。一重項酸素は光エネルギーを出すと元の酸素に戻る。また、普通の酸素分子も光エネルギーによって一重項酸素になることもある、などがその主たる経路であろう。

なお、生体内における活性酸素種の生成の条件として、紫外線・放射線の照射、大気汚染、酸素

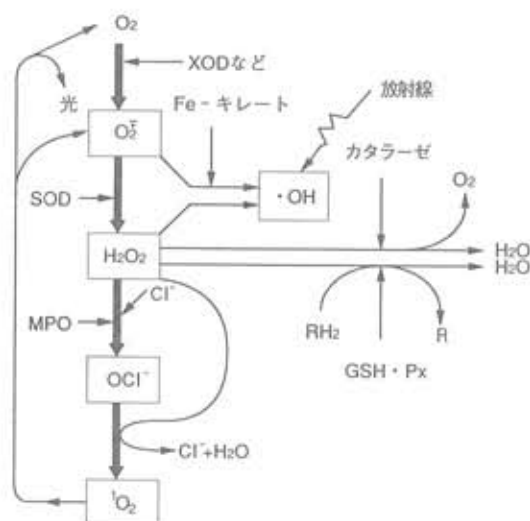


図1 生体内での活性酸素種の生成
XOD(キサンチンオキシターゼ)、SOD(スーパーオキシドジスムターゼ)
MPO(ミエロペルオキシターゼ)、Rは有機物
GSH・Px(グルタチオンペルオキシターゼ)、カッコしたものが狭義の活性酸素。
(大柳善彦: 活性酸素と病気, p5, 図1-2, 株式会社同人, 1989)

の過剰摂取、過酸化脂質の生成¹¹⁾、金属イオンなどの刺激などが挙げられ¹⁰⁾、さらには生体内でも細胞内ミトコンドリアの電子伝達系や、白血球・マクロファージなどの食作用が行われる炎症反応部位あるいは虚血を起こした組織に血液が再灌流した部位などで生成されることが考えられている。

その結果、体内では図2のように脂質の過酸化、蛋白質の変性、酵素の失活、核酸の分解などを招来し、種々の障害をきたさせる危険があるというのである。

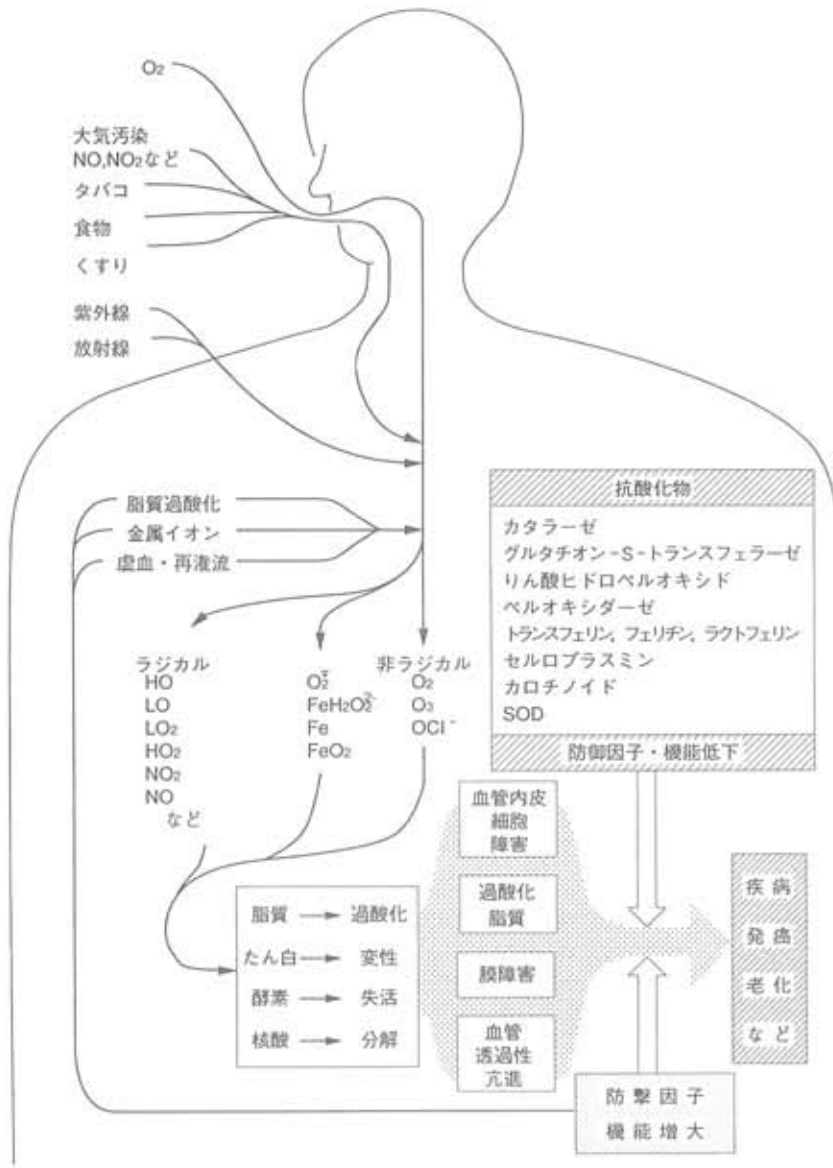


図2 フリーラジカル・活性酸素と体内の変動

3. 生体内におけるフリーラジカルこと 活性酸素種の消去^{5,6,12)}

生体は、体内で生成されるフリーラジカル、ことに活性酸素によって招来されるであろう障害に対して、個々の臓器組織で段階的な多くの防御システムを備えている。すなわち、その手段としては、フリーラジカル・活性酸素の生成を抑制するもの(予防的抗酸化物)、生成されたフリーラジカル・活性酸素を安定化して、その作用を抑制するもの(補足的抗酸化物)、障害された臓器組織を修正するもの(修復機能)、の3つの手段がある。

中でも重要なのは、過酸化水素、脂質ヒドロペルオキシドに関連するもので、その主な予防的抗酸化物を表2に示した。後述のようにスーパーオキシドの生成を結果的に阻害するスーパーオキシドディスムターゼ(SOD)が特異的である¹⁵⁾。また、カタラーゼは過酸化水素の分解を、ペルオキシターゼ類は脂質あるいはリン脂質ヒドロペルオキシド、過酸化水素の分解を促進する。補足的抗酸化物としては、水溶性のものとしてはビタミンC、尿酸、アルブミン、ビリルビンなど、脂溶性のものとして、ビタミンE、ユビキノール、カロチノ

イドなどが挙げられている。なお、修復機能としては後述のようにからだの防御機構および全体としてのco-ordinationが働くことになる。

4. フリーラジカル・活性酸素種発生と、 その消去系とのバランス

私たちのからだの中では、常にフリーラジカル・活性酸素の生成が行われており、一方、同時にその消去も行われて、正常の場合、常にこの両者のバランスが保たれて正常な生活を営んでいるのである。したがって、生理的な状態では、活性酸素種などのフリーラジカルが生体に対する有害物質として問題になることのないのが常である。しかし、もし、この生産系が増大してそのバランスが崩れたり、現象としては起こることが少ないものの消去系の機能が減退するなどによって、そのバランスに乱れが生ずると、細胞膜の変化、血管内皮細胞の障害、血管透過性の増大、過酸化脂質の増加などをきたし、しかも、それらが相互に関連して前述のように蛋白質の変性、酵素の失活、DNA鎖の切断、細胞膜表面のレセプターの変化、代謝異常などを招来し、多くの病態や疾病を起こしてくることになる。また、過酸化脂質などが血

表2 予防的抗酸化物

抗酸化物	作用機序
カタラーゼ	過酸化水素の分解 $2\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{O}_2$
グルタチオンペルオキシダーゼ	脂肪酸ヒドロペルオキシド、過酸化水素の分解 $\text{LOOH} + 2\text{GSH} \rightarrow \text{LOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{GSSG}$ $\text{H}_2\text{O}_2 + 2\text{GSH} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{GSSG}$
グルタチオン-S-トランスフェラーゼ	脂質ヒドロペルオキシドの分解
リン脂質ヒドロペルオキシド グルタチオンペルオキシダーゼ	リン脂質ヒドロペルオキシドの分解 $\text{PLOOH} + 2\text{PLGSH} \rightarrow \text{PLOH} + \text{H}_2\text{O} + \text{PLGSSGPL}$
ペルオキシダーゼ	過酸化水素、脂質ヒドロペルオキシドの分解 $\text{H}_2\text{O}_2 + \text{AH}_2 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + \text{A}$ AH_2 : アスコルビン酸、NAD(P)H、シトクロムC
トランスフェリン フェリチン ラクトフェリン	鉄イオンの安定化
セルロプラスミン	銅イオンの安定化
カロテノイド	一重項酸素の消去
スーパーオキシドディスムターゼ(SOD)	スーパーオキシドの不均化 $2\text{O}_2^- + 2\text{H}^+ \rightarrow \text{H}_2\text{O}_2 + \text{O}_2$

(二本親雄, 野口純子, 生体のもつ活性酸素・フリーラジカルの消去作用, p24, 表1, 近藤元治編フリーラジカル, メジカルビュー社, 1992)

液中に増量すると、糖尿病や腎臓機能障害の増悪、さらには重篤になると多臓器不全などを起こす要因の一つとなることもある。表3にフリーラジカル、活性酸素種が関与すると考えられている障害組織の部位と病変および疾病を示した。

5. フリーラジカル・活性酸素種と運動

近年、体力の維持向上、さらにはストレスの解消などを目的として、盛んに全身持久性を必要とする運動が行われている。しかし、自分の運動能力、ことにそのヒトの心臓機能の許容範囲を越える過度の運動を行った場合、その運動自体が肉体的、精神的ストレスとなり、かえって体力の低下、さらにはいわゆるスポーツ障害を引き起こすことにもなりかねない。

すなわち、第1に、全身および臓器レベルの問題として、過剰な運動による神経、筋肉、骨および関節などの解剖生理学的な損傷、たとえば、内

科系のものとして運動性貧血、過呼吸症候群、呼吸循環機能不全など、外科系のものとして筋繊維の断裂、打撲、捻挫、疲労骨折、関節の異常、骨折などが挙げられよう。第2に、細胞レベルの問題として、近年盛んにいわれている上述の運動とフリーラジカル・活性酸素種との関係が挙げられるわけである。

さて、運動によるフリーラジカル・活性酸素種生成は、ストレスとしての運動、運動による酸素摂取量の増大、過度の運動に伴う心筋、骨格筋などの相対的虚血に対する再灌流などが引き金となって生成されることが考えられている。すなわち、運動の継続によって活性酸素などの増量によるためか、生体内脂質過酸化反応が連鎖的に促進され²³⁾、図3のように運動の継続にともない血清過酸化脂質の増加することが知られている。また、この増量によって細胞膜の構造を破壊し、さらにその膜に存在する酵素系や種々の受容体の機能ま

表3 フリーラジカル・活性酸素の関係する代表的疾患

傷害組織	代表的疾患
循環器	心筋梗塞、不整脈、動脈硬化、血管攣縮、虚血再循環傷害 Se 欠乏症
呼吸器	肺炎、感染症、肺線維症(制癌剤副作用)、ARDS、バラコート中毒 喫煙傷害、肺気腫、高酸素療法、インフルエンザ
脳神経系	脳浮腫、脳梗塞、脳出血、てんかん、脳血管攣縮、パーキンソン病、自律神経傷害(Reilly現象)、 遅発性神経傷害、脊髄損傷、神経原性肺浮腫
消化器	急性胃粘膜傷害、胃癌、潰瘍性大腸炎、クローン病、ベーチェット病、肝炎、肝硬変、 薬物性肝傷害、肝移植病態、各種の黄疸病態、脾炎
血液系	白血球系：慢性肉芽腫症、白血病、AIDS、敗血症 赤血球系：異常ヘモグロビン症(メトヘモグロビン、サラセミア、鎌状赤血球)、 ヘモクロマトーシス、プリマキン過敏症、夜間発作性血色素尿症、薬物性貧血、アカラセミア 他の血液成分： α 1-酸性蛋白の傷害、高脂血症、DIC、血小板異常症、出血性ショック
内分泌	糖尿病、副腎代謝傷害、ストレス反応
泌尿器	糸球体腎炎、溶血性腎傷害、薬物性腎傷害制癌剤の副作用、ファンコニー症候群
皮膚	火傷、日光皮膚炎、アトピー性皮膚炎、皮膚潰瘍
支持組織系	関節リウマチ、自己免疫疾患、膠原病
眼科	未熟児網膜症、網膜変性、白内障、角膜潰瘍
腫瘍	喫煙による発癌、化学発癌と癌化学療法、放射線傷害と放射線療法
医原性疾患	薬物傷害、制癌剤の副作用(白血球減少症、プレオマイシン 肺線維症、アドリアマイシン心筋症、シスプラチン腎傷害)、光線療法(光増感剤)、 IVH(セレン欠乏など)、高酸素療法
環境汚染性疾患	重金属傷害、水俣病、シリコーシス、喘息、排気ガス性肺傷害 水汚染による各種中毒
その他	手術侵襲、アラキドン酸代謝病態、食中毒、埃血病

(井上正康, SODの臨床応用, その理論的背景, p150, 表1. 近藤元治編, フリーラジカル, メジカルビュー社, 1992)

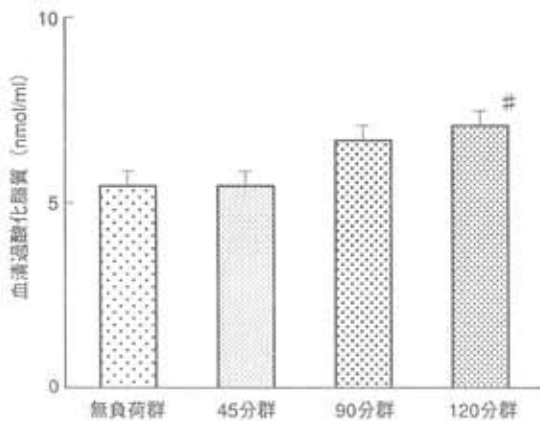


図3 ラット運動負荷における運動直後の血清過酸化脂質の変動
ラットをトレッドミルにて、45、90、120分それぞれ運動させ、運動直後の血清過酸化脂質を測定した。
$p < 0.05$ vs 無負荷群
(吉川敏一、西村俊一郎、近藤元治、活性酸素とは p757, 図4, 臨床スポーツ医学 vol.11, No.7, 1994)

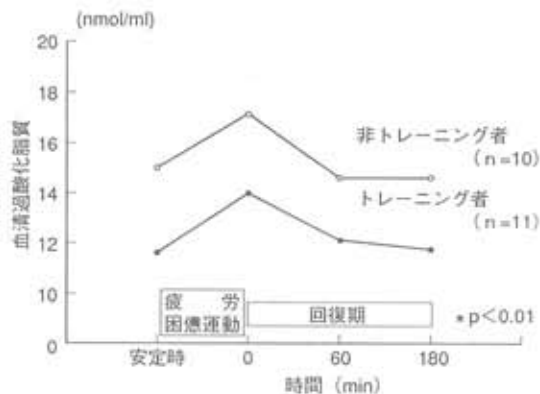


図4 疲労困憊運動後の血清過酸化脂質の変動
(角田聡, 運動時の非酵素的抗酸化機構 p770, 図1 スポーツ医学 Vol.11, No.7, 1994)

で障害することが考えられる²¹⁾。

しかし、運動による血清過酸化脂質の増加は、適切な運動トレーニングを継続することによって、図4のように運動負荷時およびその回復期の全過程において非トレーニング群よりも低値を示す傾向にあることも知られている²⁰⁾。

一方、生体内では、これら活性酸素などの産生増大に対し、前述のように種々の抗酸化物質が生

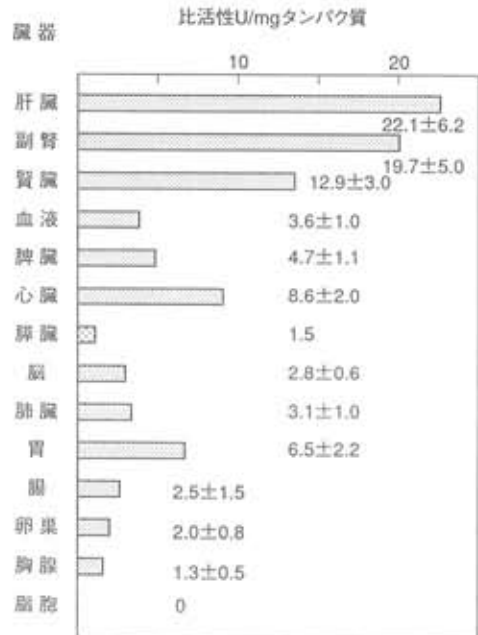


図5 ラット各臓器の総SOD活性
NBT分光法による平均値±S.D.
湿重量当たりの活性(U/g)の順も、心臓、胃などで低くなるほかは、ほぼ右図に従う。
(大柳善彦, 活性酸素と病気, p27, 図2-5, 柳化学同人, 1989)

成される^{3,8)}。図5は、ラット各臓器に含まれる総SOD活性値を示したもので、代謝が盛んに行われている肝臓、副腎、心臓、腎臓、胃などでは高値を示しており、生命維持に必要な臓器ほどSODが多く含まれているといえるだろう¹⁹⁾。図6は、骨格筋、心臓、肝臓内のSOD活性をミトコンドリア(主としてMn-SOD)と細胞質(主としてCu、Zn-SOD)とに分けて、トレーニング群と対象群とを比較したもので、心臓、肝臓では、筋肉に比べ全SOD値が明らかに高く体内での重要性を如実に示している。一方、筋肉ではトレーニングによって全SOD値が増加し、持久筋力を発揮するミトコンドリアの多いヒラメ筋(soleus)および大腿四頭筋(quadriceps)の赤筋部の方が、瞬発力を発揮する大腿四頭筋白筋部より多いことが示されている⁴⁾。

なお、運動時の活性酸素などの増加に伴う抗酸化物質の変動として、それ自体抗酸化作用を有す

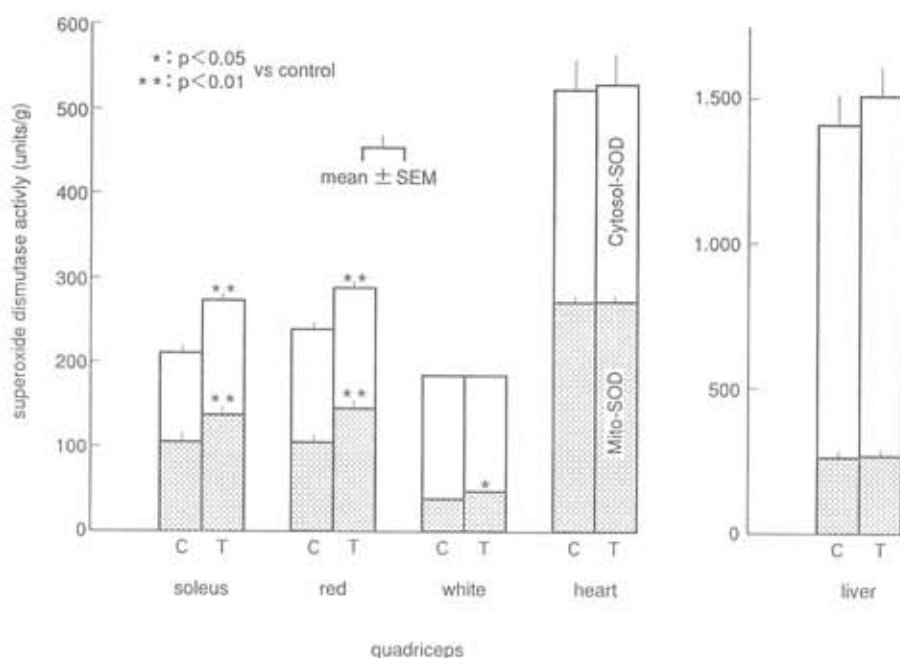


図8 ラットの骨格筋、心筋、肝臓のSOD活性に及ぼす持続性トレーニングの影響
 C: control, T: trained
 (Higuchi M, et al, Superoxide dismutase and catalase in skeletal muscle: adaptive response to exercise. J. Gerontol 40: 281~286, 1985)

るビタミンE¹⁹⁾、ビタミンC、β-カロチンによる消去機能が問題となる。一般に代表的な還元物質であるビタミンCは激しい運動によって減少し、作動筋中のビタミンEの低下、Eの再生にもこのビタミンCが関与するといわれている。また、主として活性酸素に働くといわれるβ-カロチンの消去作用も注目すべきところであろう。

まとめ

——からだ全体としての co-ordination

さて、近年、運動がからだに有害であるという説のもっとも有力で論理的な根拠といわれているフリーラジカル、活性酸素種について簡単にその由来と作用、その消去過程などについて述べてみたが、実際にこれらの研究を行っているヒト達でも、運動のからだに対する効用を完全に否定するものではなく、加齢現象を考えた、より適切な運動の強度、運動の種類、持続時間を選ぶ必要のあるこ

とを強調していると考えらるべきであろう。

すなわち、ヒトのからだは、からだ全体として無意識のうちに自律神経系とホルモンによる調節によって、そのヒトの正常レベルの範囲内に維持されているわけである。この機序としては、一般論としては、セリエのGeneral Adaptation Syndrome (GAS) という考え方が成り立つことになる。すなわち、運動を一つのストレスとするならば、このストレスによって体内がいわゆるショック状態となり、これが引き金となって、神経性防衛としては交感神経興奮状態が引き起こされ、副腎髄質ホルモンであるアドレナリン、下垂体後葉ホルモンである抗利尿ホルモンなどが内分泌される結果となる。一方、液性防衛としてもこのストレスに対応した交感神経の興奮によって、視床下部—下垂体—副腎皮質系という一連の機能が発動され、順次、副腎皮質刺激ホルモン放出ホルモン・副腎皮質刺激ホルモンが分泌され、

最終的に副腎皮質からコルチゾールなどの糖質コルチコイドの分泌を促して、ストレス状態の解消にあたることになる。

一方、仮に運動によってフリーラジカル・活性酸素種が生成されたとしても臓器あるいは細胞レベルでは、上述のSODに代表される予防的抗酸化物、ビタミンCなどの補足的酸化物などがあり、常に、その産生系と消去系とのバランスがとられ、

正常な生理機能を維持するべく努力しているのである。

したがって、非常に過激な運動を、相当長期間持続的に行い、正常範囲を異常に逸脱し、上記の生理機能を上回る障害を受けない限り、運動によってフリーラジカル・活性酸素が生成されたとしても、直ちにからだに影響を与えるとは考えられないわけである。

参考文献

- 1) Alessio, H. M. et al.: Lipid peroxidation and scavenger enzymes during exercise: adaptive response to training., *J. Appl. Physiol.* 64: 1333-1336, 1988.
- 2) Clark, I. A. et al.: Free radical-induced pathology., *Med. Res. Rev.* 5: 297-332, 1985.
- 3) Griswell, D. et al.: High intensity training-induced changes in skeletal muscle antioxidant enzyme activity., *Med. Sci. Sport & Exerc.* 25: 1135-1140, 1993.
- 4) Higuchi, M. et al.: Superoxide dismutase and catalase in skeletal muscle: adaptive response to exercise., *J. Gerontol.* 40: 281-286, 1985.
- 5) 樋口満: 活性酸素の酵素的消去システム。臨床スポーツ医学, 11(7): 760-767, 1994.
- 6) Jenkins, R. R. et al.: The relationship of oxygen uptake to superoxide dismutase and catalase activity in human skeletal muscle., *Int. J. Sports Med.* 5: 11-14, 1984.
- 7) Jenkins, R. R. et al.: Introduction: oxidant stress, aging and exercise., *Med. Sci. Sport & Exerc.* 25: 210-212, 1993.
- 8) Jii, L. L.: Antioxidant enzyme response to exercise and aging., *Med. Sci. Sport & Exerc.* 25: 225-231, 1993.
- 9) 近藤元治: フリーラジカル。メヂカルブー社、1992。
- 10) Lukaski, H. C. et al.: Physical training and copper, iron, and zinc status of swimmers., *Am. J. Clin. Nutr.* 51: 1093-1099, 1990.
- 11) 宮沢陽夫: 「過酸化脂質と生体」。八木、五島編、医学書院、1981。
- 12) 中野稔: 抗酸化酵素の細胞内(外)局在とその意義。活性酸素・フリーラジカル, 2(1): 6-9, 1991。
- 13) 中野昭一、松田光生、橋詰謙、大河原知水、大野秀樹、林泰史: シンポジウム: 運動は老化を促進するか。日本運動生理学会雑誌, 1(1): 20-34, 1994。
- 14) 中野昭一、張楠、山川明彦、寺尾保: 運動生理学の最新知識。診断と治療, 82(9): 1476-1484, 1994。
- 15) 大野秀樹、他: 活性酸素と老化と運動——SODを中心として——。臨床スポーツ医学, 11(7): 777-738, 1994。
- 16) 大柳善彦: 活性酸素と病気。化学同人、1989。
- 17) Steinhagen-Thiessen, E. et al.: "Superoxide and SOD in Chem. BIOL. & Med.," ed. by Rotilio, G., Elsevier, 1986.
- 18) Sjodin, B. et al.: Biochemical mechanisms for oxygen free radical formation during exercise., *Sports Med.* 10: 236-254, 1990.
- 19) Tiidus, P. M. et al.: Vitamin E status does not affect the responses to exercise training and acute exercise in female rats., *J. Nutr.* 123: 834-840, 1993.
- 20) 角田聡: 運動時の非酵素的な抗酸化機構。臨床スポーツ医学, 11(7): 769-776, 1994。
- 21) 吉川敏一: 「過酸化脂質と生体」。内山、松尾、峯峨井編著、学会出版センター、1985。
- 22) 吉川敏一: 活性酸素種による体の障害。化学総説, 7: 163-175, 1990。
- 23) 吉川敏一、西村俊一郎、近藤元治: 活性酸素とは。臨床スポーツ医学, 11(7): 753-758, 1994。

研 究 論 文

- スポーツ医科学における高速度写真工学
- リラクゼーションに関する精神生理学的研究：
音楽と心身のリラクゼーション(その3)
- 陸上競技男子投擲選手における心理的適性についての一考察(そのII)
TSMIとY-G検査について
- スポーツ施設環境の評価に関する心理学的研究 4
複数の施設に対する屋内スポーツ施設環境評定尺度の適用
- 東海大学男子柔道部員と龍仁大学(韓国)男子柔道部員の体力および運動能力の比較
- スポーツ選手における糖質摂取を主体とした減量法の検討
柔道選手の稽古終了直後の糖質補給が身体組成および最大無酸素パワーに及ぼす効果
- 男子大学スポーツ選手の負荷テスト心電図所見と形態的特徴
高身長・高体重者にみられた心電図異常について
- 中年スポーツ選手の心拍変動パワースペクトル解析による自律神経機能評価
若年スポーツ選手との比較
- 東海大学体育会所属運動部の競技スポーツ選手に対する健康管理の実践報告
- 東海大学医学部脳神経外科におけるスポーツ頭部外傷の集計
- 骨格筋における自由水の特性
- L型、N型、P型、およびQ型Ca²⁺チャネル阻害剤の神経伝達に及ぼす影響
- フラボノイドの抗酸化作用の意義について

スポーツ医科学における高速度写真工学

山本 芳孝 (開発技術研究所)

High-speed Photographic Technology in Sports Medical Science

Yoshitaka YAMAMOTO

Abstract

High-speed photography is an effective tool for analyzing the motion of human body in sport action because it can not only record the 2-dimensional image at one moment but also record how image changes with time precisely.

Once the motion is recorded by high-speed photography, kinetic parameters, such as velocity, acceleration and rotation, of any part of the moving objects can be obtained from the continuously recorded images. The results of the kinetic analysis above may not directly lead to the improvement of the athlete ability in the high-level sports games where displaying the maximum ability of athlete is required to win.

However, the understanding of the motion of human body in sports is the basis of improving high-level athlete ability. Also, the analysis of the motion is highly educative. Therefore, the kinetic analysis of sports by High-speed photography is important.

1. まえがき

スポーツは極めて広い範囲を含んでいて種類が多く、単独で行う、複数人でやる、組織として行う、組織としての対抗戦、器具が主要な役割を担う競技、陸上、水上、氷・雪上の競技等がある。最近広島で行われたアジア競技会に見られた如く、楽しい動作はすべて、将来スポーツとして取り上げられるようになるのではと思われる程である。このように広い範囲を含んだスポーツで唯一共通しているのは、動くこと（動作）が入っていることである。従って画像を利用するスポーツ解析や動作分析には高速度写真技術がたいへん有用なのである。本稿では、高速度画像工学の見地からスポーツとはなにか、スポーツの合目的研究の対象

としてのチャンピオン誕生について、および画像解析の対象としてのスポーツを特に力学的な観点から議論することを試みる。

2. スポーツの定義

高速度写真技術を中心とした画像計測の対象としてスポーツを取り上げるには、どの範囲を対象とするかが問題となる。スポーツという言葉の定義を代表的な辞書である広辞苑で引いてみると、【陸上競技・野球・テニス・水泳・ボートレースなどから登山狩猟にいたるまで、遊技・競争・肉体的鍛練の要素を含む身体運動の総称】となっている。この定義からは人の身体各部を個別にあるいは組み合わせて意識的に動かす（身体的運動）ものは全てスポーツの範疇に入っているが、特に

記録と勝敗、鍛錬を目的とした運動と、スポーツの語源の一つである遊びと楽しさを目的とした運動がスポーツの主核となっている。これまで、医学および臨床において工学が果たす役割は重要視され、医用工学として独自の進歩を遂げてきているが、スポーツの技術的あるいは身体的な面を工学的な立場から解析や研究を行っている研究者は極めて僅かであった。最近になって、スポーツに関連した各分野での研究の内、工学的な見地から研究を試みる人々が次第に増加してきている。

3. 競技者と技術者・研究者との新たな関わり合い

スポーツが人間の身体的および精神的な極限の能力を利用し、競い合っている実状から、最高位にある競技者は極限の状態に対して僅かな安全率の内で確実な動作を強いられている。さらに精神的にも受容できる限界近くのストレスを受けながらの競技が最高の位置を窺うスポーツ選手に必然となってきている。従って近代の競技では競技者の状態を完全に把握したコーチと密着した関係が重要となっている。しかし、単一の競技であっても、それを構成している要素を分析すると多方面の専門的知識とそれに付随した技能が必要である。その結果、近代における最高度の技術を競う場においては、1競技者に対しても複数の研究者・技術者で組織された集団が用意されるようになった。さらに企業化に近い競技者集団に付いては専門別多数の研究者・技術者が複数の競技者を対象として効率の高い仕事を行うようになってきた。現代のように世界各国で競いあう種目でのチャンピオン誕生には次第に組織立った科学的な指導と助言が必須になってくるものと考えられる。

また高度な競技では極限の形態、動作（材料力学的には弾性限界近くのストレス）や繰り返し（疲労）の僅かなミスの結果として障害が発生するため、事前に適切な診断による予防、障害発生後の初期の検出や施療、あるいは障害発生後の処置とリハビリテーション、高度な競技技術向上のための

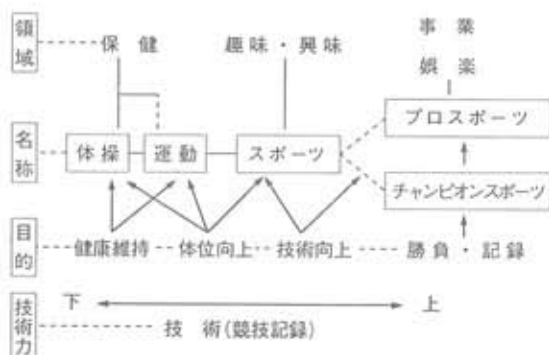


図1 スポーツの領域(名称・目的・技術)
Fig.1 Territory of Sport

プログラム、設計、実験が必要となる。あるいは新たなスポーツ用具の開発等には医学的・理工学的な面からも緊密な協力関係が重要となって来ている。

4. スポーツ医科学の研究目的

スポーツを行う目的と意義は人それぞれによって異なり、身体を動かす運動量が最も緩やかな場合には健康維持が主な目的とされ、それより積極的な場合には体位の向上を目的として行われ、これらの範囲は一般的な呼称として体操と分類される。さらに積極的に身体を動かす事を楽しみ、興味をもって行うようになると、狭義にはスポーツと称される領域になる。このような趣味の範囲を越えて、最高度の技術を獲得し、勝負に勝つあるいは従来の記録を書き換える等の最高度の技能を得る事を目的とする領域はチャンピオンスポーツとして分類される(第1図)。

5. チャンピオンの誕生について

従来は東欧圏を中心とした社会主義国でスポーツチャンピオンプロジェクトの一環として医学・精神医学・薬理学等を網羅した取り組みが行われてきたようだが、最近では欧米を主とした企業経営に近い専門家チームを編成し、競技収入と名誉を

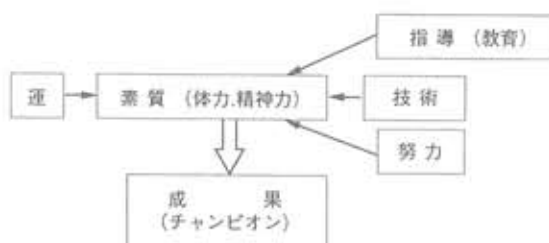


図2 チャンピオンの誕生
Fig. 2 Birth of Sport Champion

同時に得る事が行われている。従ってこれからの近代的な最高度競技者の誕生には、競技種目毎に精神・肉体両面からの適性判定技術を確立し、それによって優れた資質を見いだした上で競技者として具備すべき精神的肉体的な基本的な能力の向上への最適プログラムの開発、競技技術、個人別のウェア等の用具からサーフェス対策までも含めた広い分野での理工学的共同作業が必要であろう。勿論、従来とおり、優れた能力を持った競技者が自主的に鍛練を重ね、周囲の助言を巧みに取り入れて最高競技者となる道も好ましいが、同時に近代的なスポーツ体制を目指すには必然的に競技者を中心とした（従来は競技者のための支援であったが、今後は最も適切な競技者を選択する科学的手法の開発から始めて）科学的な支援体制を確立する事が大切である（第2図）。

6. スポーツにおける力学的な作用

画像の連続記録からスポーツの運動解析を行う際は目的に応じて以下の4段階で進められる。

- 1) 反復して記録画像を再生観察する。
- 2) 運動の細部をスロー再生して観察する。
- 3) 運動特性を計測、グラフ化して観察する。
- 4) 運動特性を力学的な値に数値化して検討する。

上記の3)、4)に際しては身体運動を種々の力学的な観点から見ている。以下、スポーツ動作中に現れる代表的な力学的現象をまとめ、検討する。

6-1: スポーツと運動量

スポーツでは力学的な用語である運動量がよく使われ、種々の競技での状態量を表す言葉となっている。力学的には、質量とそれが有している速度の積が運動量であり、運動量の変化は質量へ加えた力の時間積分、即ち力積によっておこる。つまり、加えた力と時間に比例して運動量が増大する。

$$mv_1 = mv_0 + \int F \cdot dt \quad (1)$$

$$\delta v = \frac{1}{m} \int F \cdot dt \quad (2)$$

6-2: 作用と反作用

上記に示すようにスポーツでは力を作用させて発生する運動を利用する。物体に力を作用させる場合、身体各所の筋肉の伸縮を組み合わせることで力を発生させる。物体に力を加えることで必要な速度 (v) をえる。さらに速度の時間的な成分は変位を与える。

$$L = \int v \cdot dt \quad (3)$$

一般に物体に力を作用させた場合、力を与えた側にも作用を及ぼし、これを反作用と称している。即ち作用と反作用は相互作用である。従って力を作用させる際には必ず反作用の影響を考慮し、予め対処してからでないと反作用によって身体の平衡が崩れる場合がある。

6-3: 運動量保存則

前節の作用と反作用において、両者は大きさが等しく、しかも同一線上に働くので作用中に外部とのエネルギーの出入りがなければ運動量保存則が成立する。運動量保存則は式で表される。

$$m_1 v_1 + m_2 v_2 = m_1 v_1' + m_2 v_2' \quad (4)$$

ここで、 m_1 、 m_2 はそれぞれ作用、反作用の質量、

v_1 、 v_2 は 2 体の干渉以前の速度、 v_1' 、 v_2' は干渉後の速度である。運動量保存則は各種のスポーツに見られる現象である。

6-4：衝突を含んだスポーツ

運動量保存則の中でも衝突現象はスポーツに多く見られる現象で、速度の変化が注目される。衝突のさい両者の速度の変化は両者間の反発係数 (e) に左右され、

$$e = \frac{v_2' - v_1'}{v_2 - v_1} \quad (5)$$

ここで、 v_1 、 v_2 は衝突前の両者の速度、 v_1' 、 v_2' は衝突後の両者の速度である。実際の速度変化等の計算には前項の運動量保存則と共に用いられ、例えば衝突後の速度 v_1' 、 v_2' は

$$v_1' = \frac{(m_1 - e \cdot m_2)v_1 + m_2(1 + e)v_2}{m_1 + m_2} \quad (6)$$

また v_2' は、

$$v_2' = \frac{m_1(1 + e)v_1 + (m_2 - e \cdot m_1)v_2}{m_1 + m_2} \quad (7)$$

ちなみに、反発係数 e の値は 0 と 1 の間をとり、 $e=1$ では完全な弾性衝突で $e=0$ では非弾性衝突となり、衝突後両者は一体となって運動することとなる。運動量保存則では運動エネルギーの出入についての議論は含まれていないが、 $e=1$ の場合に限ってエネルギー保存則も成立する。すなわち非弾性衝突では両者の有する運動エネルギーの総和は衝突後は減じて他の形になっていることがわかる。

6-5：弾性体としての人体特性

人体はたいへん柔軟で、ほとんどの競技での人体は弾性体として働いている。即ち人体各部に力を加えて大きな歪を与え、後に必要に応じてこの歪を解放する際に大きなエネルギーを取り出して利用する。距離走のような巨視的には身体移動特性を剛体のように点として計測し、スタートのタイミング、初期の加速特性、途中の速度特性を計測することで選手の特性を得ることができる。しかし、初期の加速特性や途中の速度特性は身体各

部の動きから得られるために、高い加速特性を得るためには身体各部を弾性体として計測することが必要となると考えられる。

力学的なエネルギーは、一般に運動エネルギーおよび位置のエネルギーの 2 種類があることが知られている。弾性体の歪は加えた力によって変化するいわゆるフックの法則が支配しており、歪んだ弾性体は一種の位置エネルギーを保有したと見なせる。スポーツでは身体の筋肉等に適切に蓄えられた歪エネルギーの放出をタイミング良く行って、最大の効果をあげる工夫がなされる。

$$F = -k \cdot x \quad (8)$$

ここで、 F = 弾性力
 k = 弾性係数
 x = 歪

弾性歪によるエネルギー (仕事) W は

$$W = \int F \cdot dx \quad (9)$$

ここで、 W = 歪エネルギー (仕事)
 F = 力
 x = 変位 である。

6-6：回転運動を利用したスポーツ

バランスの取れた回転運動は他からの仕事が必要なくとも、回転による角運動量が保存されていて、静止状態よりも安定した状態である。また角運動エネルギー (E) も保存されるので、他からの仕事なしで回転速度を変化させることも可能である。良く見られる例としてフィギアスケートでのスピンは、当初充分に手を広げて大きいモーメント状態で回転した後、腕と手を身体に付けてモーメント (I) を小さくすることで自動的に角速度を高めることがなされ、再び腕や手を広げて I を大きくして角速度を下げられる。

$$W = \frac{1}{2} \cdot I \cdot \omega^2 \quad (10)$$

スポーツにおける回転の応用は、体操競技でも随所に見られ、鉄棒、つり輪、段違い平行棒、鞍馬、跳馬、床運動までに含まれている。また微妙な回転の応用は走り高跳び、棒高跳び等に見られ

るような重心が身体外に位置するような体形と回転により重心が直接バーを越えなくともクリア出来る。

6-7：向心（遠心）力の関わるスポーツ

回転を伴ったスポーツでは向心力（遠心力）が関与する。種目によっては、遠心力の制御そのものが成績を直接支配するほど重要な場合もある。遠心力は回転運動に伴って発生する力（ F ）

$$F = m \cdot r \cdot \omega^2 = m \cdot \frac{v^2}{r} \quad (11)$$

であるから円盤投げ、ハンマー投げ等回転運動が主体となっている競技では競技者は基礎技術として遠心力の制御技術を取得する事が必要となる。円盤投げやハンマー投げは競技エリアが狭いサークル内に限定されているため、必要な速度は回転によって得、その線方向速度（ v ）は

$$v = r \cdot \omega \quad (12)$$

としてえられる。

ただし、 ω =回転角速度

r =作用長さ

である。

角速度 ω は回転角加速度 α の時間積分で得られる。線方向速度を必要とする円盤やハンマーは各々の質量 m_d や m_h を有するので、競技者の手には強い遠心力（ F ）

$$F = m \cdot r \omega^2 \quad (13)$$

が作用し、これに抗する向心力を保持しておき、タイミングを合わせてリリースしなければならない。このように回転によって高い線速度を得ようとすると、同時に遠心力への対処も行わなければならない。また走競技においてもコーナーでの走法やマラソン等の折り返し点で、この作用を受ける。例えばマラソンで身体が有する質量と一定速度による慣性エネルギーを保存した走法中に折り返し点に達すると急激な回転によって、走者は意外に強い外側への力を受ける。スピードスケートで、選手はコーナリングで強い遠心力をうける。回転半径が決められているので、スケート靴のエッジの最大能力と体の傾斜に応じた速度に下げな

ければはみ出してしまふ。特に内側コースの場合は回転半径が一層小さくなり、速度を如何に落とさずに通過するかが勝負所となる。

6-8：飛翔を伴うスポーツ

地上を離れて大気中を動くスポーツが最近増加している。地上での活動は2次元であるのに対して空（大気中）は3次元で自由度が高く、スポーツの語源である娯楽・楽しさが高い特徴があり、新しいレジャースポーツの種目が開発されてきている。従来はグライダーが代表的な飛翔スポーツであったが、最近はハングライダー、パラグライダー等はレジャー化したスポーツといえる。最近には特に使用する機器/道具/用具類が高度化してきたが、飛翔スポーツは機器への依存度が高いとともに危険性も大きく、充分なトレーニングと優秀なコーチが必要である。

上記の飛翔そのものを楽しむスポーツの他に、スキージャンプのように純粋の競技中にも飛翔現象が組み込まれ、高度な技術が要求される場合もある。飛翔現象では揚力と空気抵抗が大きく作用する。

6-9：揚力

飛翔中の翼には状態によっては重力に逆らうような、流れの方向と垂直な成分が働く。これが揚力でスキージャンプの飛距離や円盤投げの距離の増加に寄与する。また翼が無くとも流体中を回転しながら進行する物体にはいわゆる「マグヌス効果」（クッター・ジュコフスキーの定理）と言われる揚力が働く。野球ではこれを巧みに操ることで、カーブ、スライダー、シュート等の変化球が発生する。このように流体中で揚力が作用する原理として、基本的にはベルヌーイの定理（連続した流体中の圧力と速度の関係式）

$$\frac{p}{\rho} + \frac{v^2}{2g} + z = H_0 \quad (14)$$

から両者共に説明ができる。

6-10：空気抵抗

空気中を進行する物体には空気抵抗が作用し、速度低下が生じる。空気抵抗 (D) は相対速度 (v) によって生じ、抵抗係数 (C_D)、比重量 (γ)、重力加速度 (g)、断面積 (A)、速度 (v) として、

$$D = C_D \cdot A \cdot \gamma \cdot \frac{v^2}{g} \quad (15)$$

で表せる。

このように空気抵抗は断面積に比例するのでスキージャンプ等では、進行方向に向けた断面積を出来るだけ小さくするように配慮しなければならないが同時に出来るだけ揚力が大きくなる形状を取る必要があり両者の兼ね合いが必要となる。

スキージャンプの他、円盤投げの円盤、やり投げの槍等の飛翔も空気抵抗と揚力の作用を受ける。

6-11：タイミング

スポーツでは動作を起こすタイミングが大切で、種目によっては勝敗を決する、あるいは新たな記録をつくる役割をしばしばはたしている。人は外部からの刺激を受けてから、動作を起こすまでに100ms程度の遅れがあり、特に短距離走では号砲がなってから動作であっても短すぎると自動的にフライングとして処理されている。競技で取り扱う時間の最小単位は1/100秒である。従ってmsオーダーでの差は着順としての差は付くが、記録上は同タイムとして処理されている。

競技の力の差がタイミングで生じている可能性は相当に高く、時間的な感度はある程度、先天的な要素が強い可能性がある。しかし、競技種目やレベルによってタイミングのトレーニング効果も高い場合もかなり残されていると考えられる。

6-12：平衡

スポーツ選手の大切な能力の1つが平衡感覚であると考えられる。特に速度、タイミング等が微妙な極限の状態での平衡感覚が試合や記録を左右する。

通常の平衡問題は静止系で解かれ、例えば床運動や平均台上での安定した状態を保持する等の事

が行われる。しかし多くのスポーツでの平衡は速度や力が極限に達した際の平衡が問題となる。静止状態での平衡は多くは重力による重心の位置と支点との関係、静止系でのモーメントの釣合が取れることであるが、運動中では速度、加速度、回転等を含む状態での平衡を取らなければならない。

6-13：スポーツにおける重力との戦い

地上でのスポーツはほとんど地球重力との戦いであると言っても過言ではない程、重力に苦しめられる。重力は字に示されるごとく一種の力である。動いている物体に力が加わると速度が変化しエネルギー状態が変わるが、摩擦や抵抗、重力に抗する力が加わっても移動がなければ物体に力が加わった状態ではエネルギー消費はないはずであるが、実際には重力を支えているだけでエネルギーを消費している。このことは高い質量を扱うスポーツでは重要なことで、なるべく無駄に長時間の保持をおこなわないことと時間の有効な利用の組み合わせが大切であると考えられる。また、重力の影響は地上を離れた物体にも直接作用し、地上を離れている間は常に重力加速度が下方に加わるために力を直線的に作用させても飛翔は放物線となる。

7. 画像計測とスポーツ

スポーツの科学的研究において画像記録法や画像計測の利用は重要である。スポーツの中には人が目で見ること目的とした種目が多数あり、むしろ見る事を含まないでやる事だけが目的であるスポーツは、最近ではテレビの世界的な普及に併せて例外化しつつある。そのため、スポーツを楽しく見せる様な目的で記録する。また記録された画像が注目されるように再生する手法も大切な技術となっている。本来、スポーツの画像解析はスポーツの技術向上を目指した動作解析が行われ、そのための各種の画像記録法と画像解析技術が導入されてきている。人間の裸眼は空間分解能特性に優れているが、時間分解能は極めて劣ることか

ら、スローモーションあるいは高速度画像記録法がスポーツ記録と動作解析に多く採用されてきている。

8. ま と め

人がゆとりを持った生活をして行く上でスポーツは大切な要素となりつつある。スポーツを行う目的は人それぞれ異なり、軽い運動でスポーツを楽しむものから人生を左右する高度な競技まで幅広く行われている。どの段階のスポーツでも身体の運動が基本であるからスポーツ解析には時間軸の入った計測が必須となる。これはスポーツのある瞬間の状態を記録して解析する場合でも、その瞬間が運動の経過の中で時間的位置がどこにあるかを知ることが大切である。高速度画像によるスポーツの動作分析は疑問のある身体の動きや不合理な動作の分析、成否の原因が掴めない場合等に現象をゆっくり観察することで定性的な測定を直観でもって行い、問題の解決がなされることがしばしばある。他方高速度画像記録からは空間・時間情報を精密に測定でき、あるいは力学的な解析を含めて定量的な知識を得られ、精密な運動解析が行われる。このように高速度画像記録・解析法は客観的な立場でスポーツの運動分析をおこなえ、スポーツの問題点が全て解明できるかの様な錯覚におちる。しかし、いずれの種目においても、世界的に最高度の状態にある競技者についての問題は極めて微妙な領域でのデリケートな問題であり、現在程度の計測結果程度では安易に結果を押し付けるべきではなく、あくまでも参考資料として、または改善のきっかけの役割が適当であろう。今後、科学計測の質の向上が一段と図られ微妙な特性も検出解析されるようになることを期待したい。

参考資料

- 1) 松井秀治：身体運動学入門—基礎編—、杏林書院
- 2) 永田晟一：スポーツダイナミックス、朝倉書店
- 3) 1994 Sports Almanac: Little Brown and Company
- 4) D. Halliday, R. Resnick and J. Walker: Fundamentals of Physics
- 5) 山本芳孝：スポーツ医科学研究のための電子画像記録、スポーツ医科学雑誌第1号、1989、p58

リラクゼーションに関する 精神生理学的研究：

——音楽と心身のリラクゼーション(その3)——

白倉 克之 (医学部精神科)

森本 章 (医学部精神科)

小林 信三 (多摩大学総合研究所)

伊賀 富栄 (医学部精神科)

篁 一誠 (医学部精神科)

寺尾 保 (医学部生体構造機能系生理科学)

今村 義正 (体育学部社会体育学科)

小村 渡岐磨 (体育学部体育学科)

志水 哲雄 (教養学部芸術学科)

中野 昭一 (医学部生体構造機能系生理科学)

A Psychophysiological Study on Relaxation

——Music and Relaxation (Part 3)——

Katsuyuki SHIRAKURA, Akira MORIMOTO,
Shinzo KOBAYASHI, Tomiei IGA,
Issei TAKAMURA, Tamotsu TERAQ,
Yoshimasa IMAMURA, Tokimaro OMURA,
Tetsuo SHIMIZU, and Shoich NAKANO

Abstract

This study was undertaken to examine the physiological effect of music on the living body from a viewpoint of "comfortableness".

The healthy individuals as the subjects were asked to listen to a stimulative "favorite music", "music aiming at relaxation" as the control and "unpleasant music". And the physiological effect of each music was studied.

The results suggest a possibility that the difference in the three varieties of music presented above can be quantitatively evaluated by analysis of EEG frequencies. When an introspective report and changes in EEG when listening to music were studied together, it was shown that there were two qualitatively different varieties of "comfortableness": a stimulative (activating) "comfortableness" and relaxative (sedative) "comfortableness". The subjective experience obtained and images generated by listening to music are shown to be reflected in changes of EEG. So, the introspective report can possibly serve as a simple indicator for the influence of musical stimulation on the living body.

1. はじめに

音楽が人間の情動や身体機能に多大な影響を及ぼすことは古くより経験的に知られている¹⁾。しかしその科学的な根拠については未だ不十分であり、音楽の生体に及ぼす影響についての科学的な解明の必要性は現在もなお重要な課題の一つと言えることができる。

われわれは音楽を聴いた時の生体の生理学的反応に着目し、それらを研究することによって、音楽が及ぼす生体への影響を客観的に評価する方法を検討してきた。すなわち音楽を聴いた時の生理学的反応の総体として「快感」・「不快感」を共通の尺度として用い、快・不快の視点から生理学的反応を研究し、EEG (脳波) および SPL (皮膚電位水準) が考慮すべき生理学的な指標となり得る可能性について報告した²⁾。次いで EEG について種々の解析方法を試みたところ、「快感音楽」および「不快音楽」が EEG に及ぼす影響について質的な相違があることが示唆される結果を報告した³⁾。

今回これらの結果を踏まえて「快感」の質的な差異を検討するために、音楽を聴くことによって得られる主観的な体験やイメージに注目して、被験者の内省報告を聴取すると共に同時に音楽が EEG に与える影響に付いて検討した。

2. 研究対象および研究方法

研究対象としては健康成人10名 (男性4名、女性6名で年齢分布は20-33歳) を選んだ。いずれも本大学の学生オーケストラ団員であり、音楽について日頃から関心をもつものである。

提示音楽としては被験者が各自持参した「好みの音楽」をもちいた。この音楽の選択にあたっては「快感を感じる」、「わくわくする」、「生き生きする」などの言わば「快感音楽」を「好みの音楽」として個々に選択するように予め指示したものである。「不快音楽」としては、実験者が用意した「現代音楽」(朴在烈作曲のシンフォニーNo.2)をも

ちいた。この音楽は予備実験で約85%のボランティア学生が不快を感じた音楽である³⁾。ついで「快感音楽」の対照音楽として喜太郎作曲「天界」(以下「対照音楽」と記す)を用意した。この曲は α 音楽として心身のリラクゼーションに有効であると巷間言われているものである。

実験方法は半防音室にてボディソニック社製ボディソニック・プラス1に座らせ、安静閉眼状態で各音楽を被験者各自の好みの音量・音質で5分間聴かせながら各種生理情報をポリグラフ記録をおこなった。各被験者とも各音楽毎に2回の実験を繰り返しておこなうのを原則としたが、事情により1名は1回で中止せざるを得なかった。各実験終了後、質問形式で当該音楽についての内省報告を聴取し、後にポリグラフ記録との対応を検討した。

生理的指標としては EEG、ECG (心電図)、HR (心拍)、BP (血圧)、Resp (呼吸)、EM (眼球運動)、EMG (筋電図)、PT (体温)、SPL を選択した。

なお EEG は14チャンネル脳波計 (日本光電社製; EEG-4214) を用い、10-20国際式電極配置法により頭皮上13部位から両耳電極を基準電極とする単極導出法で記録した。これらの生理的情報と音楽波形はデータレコーダ (TEAC 社製; XR50L) に収録し、後に医用コンピュータ (NEC 三栄社製; DP1100) で解析した。

3. 研究結果

個々の音楽聴取時の EEG 変化を検討する目的で、全例をまとめて解析をおこなった。図1には音楽を聴取した際の EEG 周波数帯域毎の変化を示す。全例の平均パワースペクトルを安静時に対する変化率として表記し、安静時のパワースペクトルを100とした。快感を与える「好みの音楽」では安静時に比べ上段の Fz 導出のパワースペクトルでは α_2 (10-12.8Hz) および β_2 (20Hz以上) の周波数帯域においてはパワ値の増加がみられ、また下段の Pz よりも β_2 帯域のパワ値の増加がみ

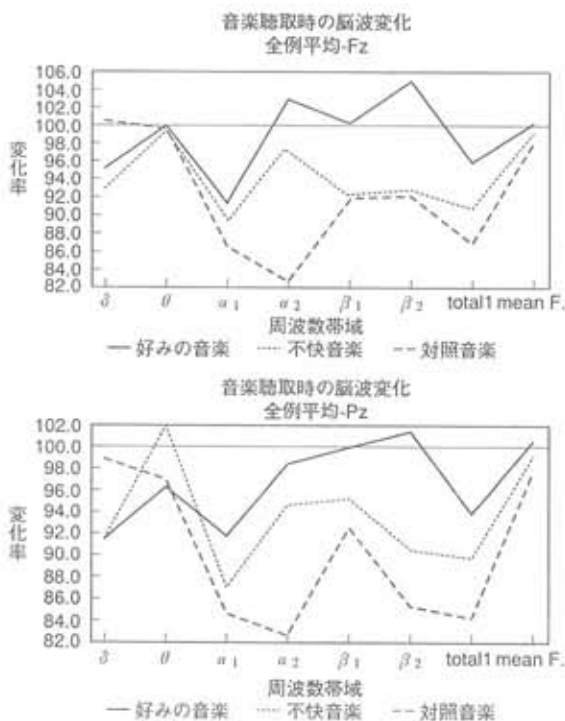


図1 各音楽聴取時の脳波変化を、脳波パワースペクトルムの変化率として示した。安静時を100とし、全例の平均を示した。
Fig. 1 Changes in EEG power-spectrum when listening to various types of music are shown as the rate of change against the resting conditions. The mean for all the cases is presented. The favorite music is shown by solid line, unpleasant music by dotted line and control music by broken line.

られるのに反し、 α_1 (8-9.8Hz) 帯域では相対的なパワ値の減少がみられた。これは EEG の速波化傾向、覚醒水準の賦活化を意味する変化といえることができる。

次に『好みの音楽』に対する『対照音楽』聴取時の EEG 変化を同様にパワースペクトルムの変化率として比較したのが図2である。 δ 、 θ という徐波帯域を除き、Fz・Pz の両導出部位から得られた EEG パワースペクトルム変化率は減少傾向がみられ、なかでも α_2 および β_2 での減少が目立っている。すなわちトータル・パワ値の減少および EEG

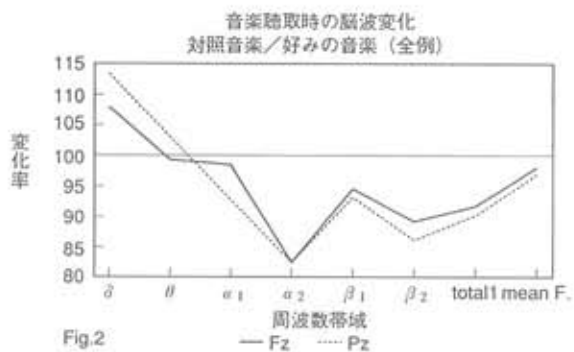


図2 好みの音楽に対する対照音楽の脳波パワースペクトルムの変化を变化率で示した。安静時を100とし、全例の平均を示した。
Fig. 2 Changes in EEG power-spectrum when listening to the control music are shown as the rate of change against the favorite music. Fz is shown by solid line and Pz by dotted line.

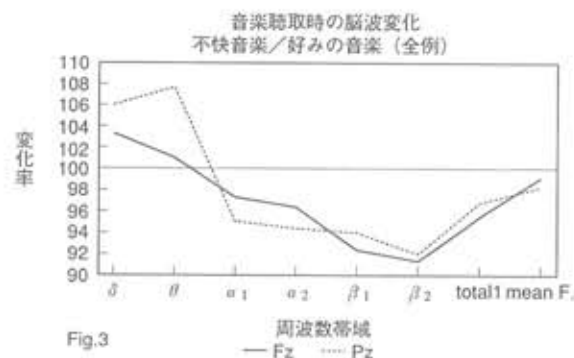


図3 好みの音楽に対する不快音楽の脳波パワースペクトルム変化を变化率で示した。安静時を100とし、全例の平均を示した。
Fig. 3 Changes in EEG power-spectrum when listening to the unpleasant music are shown as the rate of change against the favorite music. Fz is shown by solid line and Pz by dotted line.

の徐波化傾向を示し覚醒水準の低下を意味している。

また『好みの音楽』に対する『不快音楽』のパワースペクトルム変化を比較してみると、図3にみられるように Fz および Pz 導出の EEG とともに、『不快音楽』では『好みの音楽』に較べ α_1 、 α_2 、 β_1 (13-19.8Hz)、 β_2 帯域でパワ値の減少がみられており、Pz 導出の θ 帯域波の増強が特徴的であった。

表1に各被験者の内省報告の結果を示す。『好みの音楽』では多彩な感想や多様なイメージが述べ

表1 内資報告

Table 1 Subjective image and impression of the subjects on each music are presented. The findings are those which were individually obtained after completion of the experiment.

被験者名	年齢	性別	性格(自己申告)	好みの音楽	対照音楽	不快音楽
S-1	20	F	社交的、物事に動じない	①リラックス、トリップする、ボウーとする ②やっときた。うれしかった。 リラックスでき、気分が楽になった	①日本のおおげ 歌の中を遊んでいる ②海辺の風景の広がりが ホッとする	①好きじゃない ②恐かった
S-2	23	M	社交的、話直るのがうまい	①グッとくる感じ。和音がきれいで 単純に聴きやすくいい曲 ②いい曲だ、なつかしい感じ	①日本の海岸の風景 日本の田舎の風景 ②日本の海、きれいな、穏やか	①産談映画の音楽 ②怪談もの 嫌ではない 聴こうと思えば聴ける
S-3	32	F	社交的な方、立ち直りが早い	①落ちつける 寂しいながら盛り上がる ②優しい感じ なつかしくうれしい	①可もなく不可もなく(無関心) ②海岸のような風景 可もなく不可もなく	①怖い 五音が落ちてくる様子 ②悪い、早く終われと思った
S-4	28	M	内向的、楽天的、非社交的	①元気が出る 流石で静やか ②元気が出る 流石、やっときたという感じ	①夜中に海岸に居ていて星の方 へ上っていく感じ ②穴の中に落ちていく感じ リラックス、眠くなる感じ	①落ちつかない 不協和音がじやま ②耳障り、不安になる 聴きたくありません
S-5	21	M	非社交的、喜怒哀楽が激しい	①気分を盛り上げてくれる ②元気が出る	①宇宙を遊んでいる感じ ②何もないう所から先が開けていく 感じ	①落ちつく ②おぼけが出てきそうな雰囲気、 葛場みたいな
S-6	26	F	内向的、内省的、動揺が激しい	①心が落ちつく ②気持ちがよい	①吸い込まれていく感じ ②波の音が気持ちがいい	①暗い、怖い、好きじゃない ②気分が良くない
S-7	33	F	明朗、喜怒哀楽が激しい、 感受性が鋭い、頑張り屋	①なつかしい 速くの懐かしい所に帰っていく 様子 ②このテーマをくれた友人を思い 出し涙しい	①広がっていきみたいいな解放され ていく感じ ②過激が目には浮かんて起っていく 感じ。泡がわいてキラキラ輝い ている様子	①不安、息苦しい ②楽しんで聴けた。不快ではなか った。 演奏者の姿が目につかぶ
S-8	31	F	非社交的、孤独を好む	①いい曲だと思った ②ホッとした	①いつも同じだなーと思う ②退屈	①おもしろい ②阿拍子かと思った
S-9	24	M	慎重、短気、感情的、極端	①のってる 音楽に集中できる	①電気的な音はわざとらしくて嫌	①テンションが高くなる 理解しようとして聴いた
S-10	22	F	真面目、内向的、 物事を考えないで行動する	①気持ちが良くなる 自分でよく演奏している	①海の中に潜っている感じ	①嫌い よくわからない

られているが、それらは「盛り上がる」、「元気が
でる」、「のってくる」などの表現に代表されるよ
うに、概ね刺激的・賦活的な体験を表明している。
一方、『対照音楽』では「漂っている」、「解放され
てゆく」などの表現で『好みの音楽』とは異なっ
た体験が述べられているが、概ね好ましい体験と
して受けとめられているように考えられた。これ
らを総合すると、『好みの音楽』や『対照音楽』に
よって得られた体験はある種の『心地よさ』であ
ると考えられ、それは『好みの音楽』で得られた
刺激的・賦活的な『心地よさ』と、『対照音楽』で
得られたリラックスした鎮静的・受動的な『心地
よさ』であると考えられ、両者はそれぞれ趣の異
なった様態とすることができよう。

4. 考 察

各種生理的な指標のうち、今回は周波数帯域別
にみた EEG パワースペクトルムの変化を中心に検
討し、各被験者の内省報告と併せて『心地よさ』
について報告した。河野ら⁹⁾は思考時に α 波は速
波化することを報告しているが、われわれの『好
みの音楽』を聴取時の EEG パワースペクトルム
の変化も思考時とほぼ同様な振る舞いを示してい
るものと解釈することも可能である。すなわち『好
みの音楽』によりある種刺激的な影響を受けて、
それに伴う精神活動により賦活的な状況を惹起し
ているのに対し、一方『対照音楽』では精神活動
がより受動的・鎮静的な方向を示し、ある意味で
のリラクゼーションにも通じる影響を与えている
ものと考えられる。

音楽の脳波に及ぼす影響については様々な報告
がなされ、必ずしも一致した見解が得られていな
いのが実情である。緒方¹⁰⁾は音楽あるいは音刺激
が負荷された場合、徐波の出現がみられると報告
しているのに対して、磯野ら¹¹⁾は音楽観賞のもた
らす脳波変化は心理的静穏化に関連する脳波の徐
波化ばかりでないことを報告している。それに関し
てのわれわれの結果は磯野らの見解を支持するもの
と言えよう。

一般に覚醒水準と α 活動の出現状況については、
その周波数が高くなり速波化している時には覚醒
水準が高く、逆に周波数が低くなり徐波化してい
る時は覚醒水準も低下しているものと考えられて
おり、脳波は覚醒水準を敏感に反映しているもの
と考えるのが定説になっている。今回のわれわれ
の結果を覚醒水準のレベルから考えてみると、被
験者が『好みの音楽』を聴くことによって得られ
た賦活的な状況は脳波の速波化にみられる如く、
覚醒水準の高くなった状態であり、また『対照音
楽』による鎮静的な影響は脳波の速波化にみられ
る如く、覚醒水準の低下した状態と解釈し得る。
これは音楽観賞時の脳波変化を覚醒水準の変化と
把らえる辻¹²⁾の見解を支持するものである。

内省報告では、『好みの音楽』では概ね刺激的・
賦活的な体験を語っており、『対照音楽』ではリラ
クゼーションとも関連のある、いわゆる鎮静的・受
動的な体験として把握することができる。これら
の体験は概ね好ましく心地よいものであった。従
って音楽によって得られる『心地よさ』には少な
くとも2種類の態様が想定され、これらは脳波変
化で示される質の相違があるものと考えられ、そ
れには覚醒水準が関与しているものと推定した。
三宅ら¹³⁾は刺激音の種類ではなく被験者側の心理
的反応に脳波反応が依存していると指摘している
が、音楽を聴く際に体験され想起される様々なイ
メージなどの内省報告の重要性に注目する必要の
あることを指摘しておきたい。また内省報告は音
楽に対する生体の反応を推測する最も簡便な指標
の一つとして不可欠なものと言っても過言ではあ
るまい。

音楽は聴くものにさまざまな情緒的な反応をも
たらす。今回は『心地よさ』について検討を試み
たが、気分を高揚させる音楽もリラックスさせる
音楽もそれぞれ異なった脳内過程を背景に特徴的
な脳波パターンを呈するものの、各被験者にほぼ
共通して『心地よさ』を体験させる結果となっ
ており極めて興味深い。

5. 結 語

音楽は生体に種々な反応を惹起する。一つには生体外に設置された各種機器を通じて客観的に把握しうる生理的な反応であり、一方では音楽により想起されるイメージや感情の変化などの極めて主観的な反応がある。音楽が生体に及ぼす影響を解明するには、双方の反応を統合的な立場で検討することが不可欠であり、その意味では内省報告を併せて詳細に検討することは有力な手掛かりとなり得るものと考えらる。

参考文献

- 1) 篠田知璋：音楽療法の歴史、音楽の理解。pp 9-15、日本バイオミュージック研究会編、1990。
- 2) 白倉克之、森本 章、小林信三ほか：リラクゼーションに関する精神生理学的研究—音楽と心身のリラクゼーション（その1）。東海大学スポーツ医学雑誌、5：9-16、1993。
- 3) 白倉克之、小林信三、森本 章ほか：リラクゼーションに関する精神生理学的研究—音楽と心身のリラクゼーション（その2）。東海大学スポーツ医学雑誌、6：43-49、1994。
- 4) 河野貴美子、品川嘉也ほか：思考時、 α 波と速波化する。脳波と筋電図、17：132、1989。
- 5) 緒方茂樹：音楽鑑賞時の脳波変動。脳波と筋電図、17：20-28、1989。
- 6) 磯野光夫、堀 重昭、藤木 稔ほか：音楽負荷脳波を用いた意識障害の客観的評価の試み。脳と精神の医学、2：303-308、1991。
- 7) 辻 陽一：2種類の音楽鑑賞時における α 波周波数の比較。脳と精神の医学。2：317-321、1991。
- 8) 三宅晋司、田中豪一、斎藤和雄：不快音の脳波に及ぼす影響。日衛誌、39：523-534、1984。

陸上競技男子投擲選手における 心理的適性についての一考察（そのII）

—TSMIとY-G 検査について—

小村 渡岐麿 (体育学部体育学科) 石田 義久 (体育学部体育学科)

河野 優一 (体育学研究科修了生)

A Study on the Psychological Aptitudes of male Throwing Athletes (Part II)

—By TSMI & Y-G Test—

Tokimaro OMURA, Yoshihisa ISHIDA,
and Yuichi KAWANO

Abstract

1. Purpose: This paper represents the Psychological aptitudes of male throwing athletes and contributes to the improvement of athletic ability from now on.
2. Procedure:
 - 1) Tests: (1) Taikyo Sport Motivation Inventory (TSMI)
(2) Yatabe-Guilford Personality Inventory (Y-G Test)
 - 2) Subjects: (1) N-University Group: 20 athletes
(2) C-University Group: 15 athletes
(3) T-University Group: 25 athletes
(4) General Persons Group: 20 athletes
 - 3) Testing Term: From the middle of June to the middle of July in 1992
3. Results:
 - 1) TSMI: The general persons group performs in the same rank or one rank higher than the other students' groups in most of all item scales, except in TS10 item scale, it performs one rank lower than the other students' groups.
 - 2) Y-G Test: The general persons' group was categorized in D' Type, and students' groups was in A Type. Groups categorized in D Type seemed to be more athletic motivation.
4. conclusion: From the point of view: the general persons vs. students, athletic performance level, athletic career, categorized type of personality, athletic motivation and personality seem to be the important Psychological aptitudes for male throwing athletes.

I. はじめに

本研究は近年、東海大学陸上競技部のなかでも投擲ブロックの活躍は顕著なものがみられる。そこで、競技に対する意欲や競技者のパーソナリティがパフォーマンスの向上に大きく影響するものと考えられる。前回の報告では、①社会人と学生群の比較、②競技レベル別比較、を試みたが、今回は(そのII)として、③競技経験年数別比較、④競技種目別比較、⑤性格類型別比較について報告し、男子投擲選手の心理的要因をさぐることにより、今後の競技力向上の一助としたい。

II. 方 法

1. 調査対象者

本調査では、陸上競技男子投擲選手を対象とし、学生群として、N大学20名、C大学15名、T大学25名、及び社会人20名の合計80名である。このうち、回収できたものは、N大学15件、C大学7件、T大学23件、社会人15件の計60件で回収率は75%であった。

1) 競技レベルの分類

TSMI フェイスシートの過去に出場した最高レベルの大会の回答より、①外国で行われた国際大会と②国内で行われ国際大会の出場者を High performance level group、③全国大会と④地域大

会の出場者を Average performance level group とした。

2) 経験年数の分類

競技経験年数7年以上の競技者を Long experience group、7年未満の競技者を Short experience group とした。

2. 調査時期及び方法

1992年6月中旬から7月中旬にかけて郵送により解答を求めた。

3. 調査内容

本調査では TSMI (Taikyo Sport Motivation Inventory) : 競技意欲(達成動機)テストと矢田部・ギルフォード性格検査(Yatabe-Guilford Personality Inventory)を実施した。

4. 統計処理法

社会人と学生、High performance level group と Average performance level group, Long experience group と Short experience group における比較には t 検定 (nonpaired t-test) を用いた。

また、種目別 (SP、DT、HT、JT)、性格類型別 (A type、B type、C type、D type) の比較には分散分析 (one-way analysis of variance; one-way ANOVA) を用いた。

なお、統計的有意水準は $p < 0.05$ とした。

III. 結果と考察

1. 競技経験年数別比較

1) 競技意欲について

競技経験年数は、ある意味で競技における行動の持続性と考えられるものであり、競技経験年数の長い者は、競技意欲が高いと予測されるであろう。

被検者の競技経験年数は、3年から19年に及んでおり、平均は7.4年であった。その内訳は以下のとおりである。

表1 被検者の内訳

Table 1 Composition of subjects

(%)

Item	T-Univ. students	N-Univ. students	C-Univ. students	The general persons	Total
SP	5 (8.3)	4 (6.6)	3 (5.0)	3 (5.0)	15 (25.0)
DT	6 (10.0)	3 (5.0)	1 (1.6)	4 (6.6)	14 (23.3)
HT	8 (13.3)	4 (6.6)	0 (0.0)	2 (3.3)	14 (23.3)
JT	4 (6.6)	4 (6.6)	3 (5.0)	6 (10.0)	17 (28.3)
Total	23 (38.3)	15 (25.0)	7 (11.6)	15 (25.0)	60 (100.0)

SP: Shot-putters, DT: Disc throwers, HT: Hammer throwers, JT: Javelin throwers.

3年—2名(3.6%) 4年—6名(10.7%)
 5年—8名(14.3%) 6年—7名(12.5%)
 7年—11名(19.6%) 8年—3名(5.4%)
 9年—7名(12.5%) 10年—6名(10.7%)
 11年—3名(5.4%) 13年—1名(1.8%)
 14年—1名(1.8%) 19年—1名(1.8%)

であった。

このうち、7年以上を Long experience group (SP: N=12, DT: N=8, HT: N=7, JT: N=6) - 33名、7年未満を Short experience

group (SP: N=3, DT: N=5, HT: N=6, JT: N=9) - 23名とし、無記入回答者(4名)はその対象者から除いた。

両グループの競技意欲を比較するために、統計的手段として nonpaired t-test を使い、その結果を示したものが表2であり、これらの平均得点を標準化されたスタナイン得点に修正し、プロフィールとして示したものが図1である。

プロフィールのスタナイン得点からみると、Long experience group は TS6: 精神的強靱さの尺度で第7段階を示し、やや高い傾向がみられる。また、TS16: 緊張性不安の尺度では第3段階を示し、やや低い傾向にある。一方、Short experience group は TS1: 目標への挑戦、TS6: 精神的強靱さ、TS9: 計画性の尺度で第7段階を示し、やや高い傾向がみられる。両グループを比較すると、TS12: 勝利志向性の尺度で2段階の差がみられる。これは表2から、TS12: 勝利志向性 ($p=0.0057$, $df=54$) の尺度において Short experience group の方が Long experience group より

表2 TSMIにおける経験年数による比較

Table 2 Comparison between long and short experience group in TSMI

TSMI scale	Long N=33	Short N=23
TS 1	24.1 ±4.6	24.7 ±2.7
TS 2	25.2 ±4.2	26.0 ±3.0
TS 3	24.3 ±4.8	24.7 ±3.3
TS 4	20.7 ±4.6	19.8 ±3.4
TS 5	21.4 ±4.5	21.4 ±3.2
TS 6	22.8 ±3.8	23.2 ±3.6
TS 7	27.2 ±3.3	26.7 ±4.1
TS 8	22.6 ±5.8	22.3 ±4.2
TS 9	21.8 ±4.2	22.6 ±3.7
TS10	24.9 ±3.8	23.9 ±3.3
TS11	26.5 ±4.1	25.3 ±4.4
TS12	19.5 ±5.2	23.2** ±3.9
TS13	21.3 ±5.6	21.4 ±3.5
TS14	16.0 ±5.1	16.7 ±4.8
TS15	17.1 ±5.4	17.7 ±4.6
TS16	16.0 ±4.4	17.2 ±4.4
TS17	19.5 ±4.6	19.1 ±3.4

Values are Mean ±SE. Long: Long experience group, Short: Short experience group. **: $p < .01$

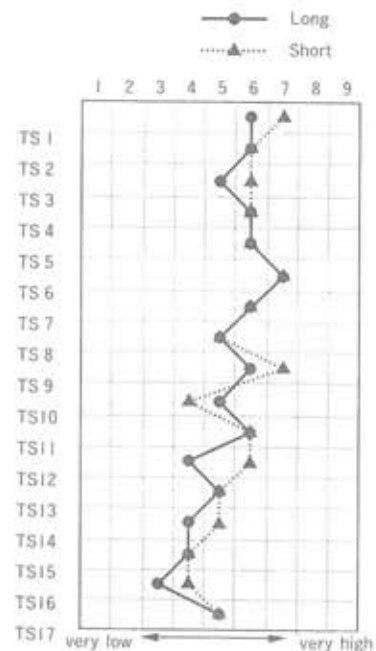


図1 TSMIの平均プロフィール

Fig. 1 Mean profiles of TSMI. Long: Long experience group, Short: Short experience group.

表3 Y-Gテストの性格特性における経験年数別の比較
Table 3 Comparison between long and short experience group in the personality traits of Y-G test

Personality traits	Long N=33	Short N=23
Depression	7.3 ±5.5	7.3 ±5.0
Cyclic Tendency	8.5 ±5.1	8.9 ±4.0
Inferiority Feelings	7.0 ±5.2	6.3 ±4.1
Nervousness	6.9 ±5.2	8.3 ±4.6
Lack of Objectivity	7.4 ±3.8	7.8 ±3.4
Lack of Cooperativeness	6.1 ±3.7	7.9* ±4.0
Lack of Agreeableness	11.3 ±4.0	12.2 ±3.4
General Activity	12.4 ±4.0	11.4 ±4.5
Rhathymia	12.5 ±3.4	13.5 ±3.4
Thinking Extraversion	12.2 ±4.9	9.9* ±3.1
Ascendance	10.8 ±4.1	10.4 ±3.8
Social Extraversion	14.1 ±4.2	13.9 ±3.9

Values are Mean ±SE. Long: Long experience group, Short: Short experience group. *: $p < .05$, +: $.10 < p < .05$

有意に低いといえる。つまり、競技経験の短い者のほうが競技において、勝つことに意味があるのだと考える傾向を示している。

西田ら¹⁵⁾は本研究と同じ個人競技種目の高校全国大会出場陸上競技選手(名古屋インターハイ)を対象に研究した結果、男子は目標への挑戦の尺度だけが競技経験の長い群において有意に高く、そのほかの尺度においては、有意な差がみられなかったと報告している。これは、目標や自己の限界に挑戦する傾向が高いと推察されているが、競技レベルや対象者の年齢、投擲種目の特性などの差異からか本研究の結果とは一致しなかった。

2) パーソナリティについて

Long experience groupとShort experience groupの性格特徴を比較するために、統計的手段としてnonpaired t-testを用いて分析し、その結果を示したものが表3である。また、各性格特性

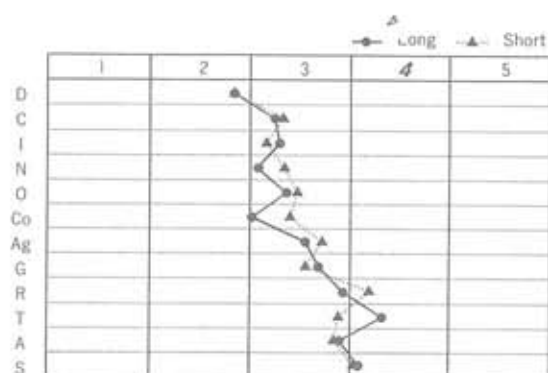


図2 Y-Gテストの平均プロフィール

Fig. 2 Mean profiles of Y-G test.

Long: Long experience group, Short: Short experience group.

の平均プロフィールとして示したものが図2である。

Y-G検査平均プロフィールからみると両者ともA型であり、性格特別にみると、有意差のみられる尺度はT: 志向的外向($p=0.0491, df=54$)であり、その他の尺度においては有意な差はみられなかった。つまり、本研究では競技経験の長い者は、競技経験の短い者に比べ、考え方が大ざっぱで、のんきなたちであるという結果がみられた。

花田ら⁴⁾の研究によれば「スポーツの経験年数が増すことと性格特性の間の関係を、スポーツ経験年数が増加することによって、思考的外向、すなわち、思考的活動を好まず、深く物事について考えることが減少する反面、攻撃的な性格特性が助長されるように思われる」としている。このことは、本研究の結果とおよそ一致しているといえよう。

2. 種目別比較

1) 競技意欲について

スポーツ技能は特殊性の強いものであり、一つのスポーツ種目で適性があっても、他のスポーツ種目では適用しないことが多い。より高度な技能については特にその傾向が強い¹⁴⁾ことから当然、心理的適性も異なってくるものと推測されよう。

陸上競技投擲種目別に競技意欲の比較をするために、統計的手段として、分散分析(one-way

表4 TSMIにおける各種目別の比較

Table 4 Comparison between the item in TSMI

TSMI scale	SP N=15	DT N=14	HT N=14	JT N=17
TS 1	25.1 ±4.6	23.6 ±4.2	23.9 ±3.5	25.0 ±3.8
TS 2	27.2 ±3.1	24.3 ±3.8	25.6 ±3.1	25.8 ±4.4
TS 3	25.9 ±3.5	24.0 ±4.0	24.7 ±4.3	24.2 ±5.2
TS 4	19.5 ±3.8	19.8 ±5.0	21.9 ±4.3	20.5 ±4.0
TS 5	21.8 ±4.5	19.6 ±5.1	20.7 ±2.7	22.2 ±3.5
TS 6	23.5 ±3.6	21.1 ±4.0	23.2 ±2.6	22.9 ±4.1
TS 7	28.0 ±3.0	24.3 ±4.9	26.8 ±2.6	28.3**
TS 8	24.1 ±5.6	22.6 ±5.6	21.6 ±4.9	22.9 ±4.9
TS 9	22.8 ±3.3	21.9 ±4.2	21.4 ±3.9	22.7 ±4.5
TS10	26.0 ±2.9	23.5 ±4.1	25.5 ±3.3	23.5 ±3.6
TS11	26.9 ±3.7	24.6 ±4.8	25.9 ±4.0	26.2 ±4.4
TS12	19.5 ±5.3	20.6 ±4.7	21.2 ±3.6	23.1 ±5.6
TS13	23.7 ±4.9	20.4 ±3.6	21.9 ±4.4	19.2*
TS14	14.3 ±4.2	15.8 ±3.8	15.8 ±4.3	18.6*
TS15	17.9 ±4.7	18.4 ±5.1	17.8 ±4.6	15.8 ±5.5
TS16	15.3 ±3.9	18.0 ±4.0	17.7 ±5.1	15.8 ±4.5
TS17	18.3 ±3.6	20.6 ±4.6	20.1 ±4.5	18.0 ±3.7

Values are Mean ±SE. SP: Shot-putters, DT: Discus throwers, HT: Hammer throwers, JT: Javelin throwers. * *: p<.01, * : p<.05, + : .10<p<.05.

ANOVA) を用いた。その結果を示したものが表4であり、これらの平均得点を標準化されたスタナイン得点に修正し、プロフィールとして示したのが図3である。

検定の結果、有意に差がみられた尺度はTS7: 闘志(p=0.0076, df3.56)、TS13: コーチ受容(p=0.045, df3.59)であった。すなわち、大試合や不利な状況、競り合いなどの場面での闘志の強弱に関する尺度及びコーチに対する信頼感やコーチの指示への従順さに関する尺度で差がみられた。

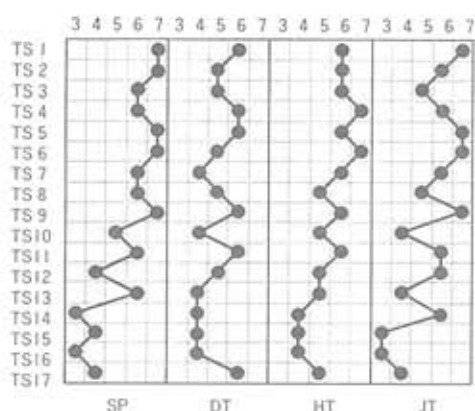


図3 TSMIの各種目別の平均得点プロフィール

Fig. 3 Mean profiles of TSMI in the item. SP: Shot-putters, DT: Discus throwers, HT: Hammer throwers, JT: Javelin throwers.

闘志は、砲丸投げ選手と槍投げ選手において高い傾向を示し、コーチ受容は、砲丸投げ選手は高いのに比し、槍投げ選手では低い傾向を示した。ことに、TS13: コーチ受容やTS14: IAC (p=0.0857, df3.59)に関しては、コーチ自身の種目における専門性やコーチと選手の年齢差や性格の差に原因があるのではないかと推察される。

2) パーソナリティについて

花田ら⁸⁾は、個人的スポーツとチーム・スポーツの選手の性格を比較し、個人的スポーツ経験者は、平均的な性格特徴をもっているようであり、チーム・スポーツ経験者は、社会的に外向で活動的で朗らかな性格特性をもっているが、やや攻撃性が強く、主導的立場に立とうとする者が多い傾向がみられるとしている。

このようにスポーツ種目における性格の研究は多数みられるものの、陸上競技投擲種目別の先行研究は少ない。

ここでは投擲種目別のパーソナリティを比較するために、統計的手段として分散分析(one-way ANOVA)を用いた。その結果を示したものが表5であり、各性格特性の平均プロフィールが図4である。

Y-G 平均プロフィールからみると、砲丸投げ、円盤投げ、ハンマー投げの各群はA型であり、槍投げ群はA型であった。

表5 Y-Gテストの性格特性における種目別の比較

Table 5 Comparison between the item in the personality traits of Y-G test

Personality traits	SP N=15	DT N=14	HT N=14	JT N=17
Depression	5.4 ±4.0	6.7 ±5.4	8.0 ±5.9	9.2 ±5.6
Cyclic Tendency	7.9 ±4.3	8.5 ±4.4	8.6 ±5.2	9.6 ±5.5
Inferiority Feelings	6.1 ±4.5	6.6 ±4.7	6.2 ±5.8	7.1 ±4.1
Nervousness	7.5 ±5.2	4.9 ±2.9	7.2 ±5.5	10.0* ±4.9
Lack of Objectivity	7.1 ±3.3	6.8 ±3.3	7.8 ±3.7	8.8 ±4.2
Lack of Cooperativeness	5.4 ±4.1	6.9 ±3.8	6.3 ±4.0	8.3 ±4.0
Lack of Agreeableness	11.5 ±3.5	12.5 ±3.1	10.4 ±4.0	12.5 ±4.1
General Activity	12.0 ±3.5	10.4 ±4.2	13.0 ±4.3	11.2 ±4.7
Rhythymia	12.1 ±3.6	14.4 ±3.2	12.3 ±4.5	12.9 ±3.4
Thinking Extraversion	10.6 ±4.6	12.1 ±4.4	11.9 ±3.5	10.9 ±4.6
Ascendance	10.7 ±3.9	11.1 ±3.8	11.6 ±4.0	9.4 ±4.3
Social Extraversion	13.8 ±3.8	13.6 ±3.7	14.4 ±4.4	14.2 ±4.6

Values are Mean ±SE. SP: Shot-putters, DT: Discus throwers, HT: Hammer throwers, JT: Javelin throwers. * : p < .05

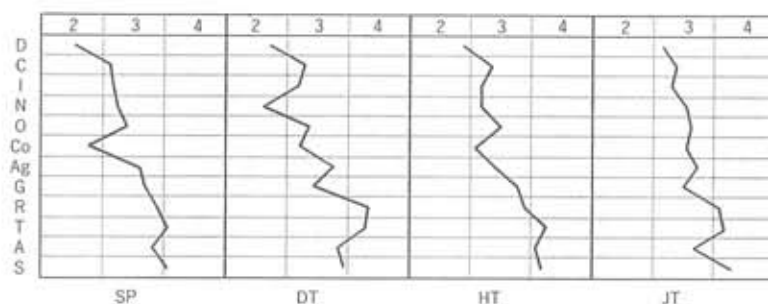


図4 各種目別のY-G平均プロフィール

Fig. 4 Mean profiles of Y-G test in the item.

SP: Shot-putters, DT: Discus throwers, HT: Hammer throwers, JT: Javelin throwers.

表6 Y-Gテストの性格特性における類型別の比較

Table 6 Comparison between the personality types in the personality traits of Y-G test

Personality traits	A type N=17	B type N=11	C type N=06	D type N=25
Depression	9.6 ±3.9	11.7 ±5.3	4.3 ±2.1	4.3*** ±4.4
Cyclic Tendency	10.6 ±2.6	14.0 ±4.1	4.9 ±2.0	5.8*** ±4.0
Inferiority Feelings	9.0 ±3.3	10.4 ±4.9	4.4 ±3.2	3.3*** ±2.8
Nervousness	9.5 ±3.0	12.5 ±4.6	4.6 ±3.6	4.3*** ±3.4
Lack of Objectivity	8.3 ±2.2	11.7 ±3.3	5.9 ±3.3	5.6*** ±2.9
Lack of Cooperativeness	9.4 ±2.4	9.9 ±4.3	4.7 ±3.4	4.0*** ±2.7
Lack of Agreeableness	11.2 ±2.1	14.9 ±3.2	7.0 ±1.7	12.4*** ±3.6
General Activity	10.3 ±4.0	13.0 ±4.4	9.1 ±4.5	12.5* ±3.9
Rhythymia	11.6 ±2.6	15.7 ±2.7	9.0 ±3.9	13.8*** ±3.5
Thinking Extraversion	9.1 ±4.1	10.3 ±4.0	13.1 ±2.3	13.1* ±4.1
Ascendance	8.1 ±3.2	12.0 ±3.6	7.1 ±3.6	13.0*** ±3.1
Social Extraversion	11.6 ±3.8	16.4 ±2.9	11.4 ±4.5	15.5*** ±3.5

Values are Mean ±SE. A type: A type in the personality types of Y-G test, B type: B type in the personality types of Y-G test, C type: C type in the personality types of Y-G test, D type: D type in the personality types of Y-G test. ***: $p < .001$, *: $p < .05$, +: $.10 < p < .05$

各性格特性別にみると有意な差のみられた尺度はN:神経質($P=0.0375$, $df3.59$)だけであった。ことに円盤投げ選手群は神経質でなく、槍投げ選手群はいらいらしたり、心配性であったりする傾向がみられた。

3. Y-G 検査性格類型別比較

北川ら⁹⁾は、TSMIとY-G検査において、競技特性と性格特性との関連について、「活動性」、「主導性」、「衝動性」という3項目の性格特性が「やる気」と深い関係があることを見いだしているが、本研究では性格類型からみた「やる気」との差異をみようとした。なお、E類型においてはサンプル不足($N=1$)のため、対象から除いた。

投擲選手の性格類型別比較をみると(Table 6)、G:一般的活動性のみが有意な差が見られず、各類型ともに平均的であった。また、それぞれの

性格類型の特徴をみると、丹羽¹⁰⁾のいうところの、運動選手に共通する性格特性は、D類型であることとおよそ一致しているといえよう。

次に競技意欲において性格類型別の差を検討した結果がTable 7であり、これらの平均得点を標準化されたスタナイン得点に修正し、プロフィールとして示したのがFig. 5である。

有意な差がみられた尺度は、TS2:技術向上意欲($p=0.0446$, $df3.58$)、TS8:競技価値観($p=0.0090$, $df3.58$)、TS14:IAC($p=0.0050$, $df3.58$)、TS16:緊張性不安($p=0.0318$, $df3.58$)の4尺度で全てD類型において有意に高い(TS14とTS16はネガティブな方向を示す)傾向がみられた。

D類型の競技者は技術の向上を目指して積極的、持続的に努力を続けようとし、競技が自分にとって価値あるものと考え、コーチとの人間関係も円

滑であり、試合場面、または観衆の存在など、ストレスの強い緊張場面において情動的緊張は低く、自己コントロールに優れている傾向がみられる。また有意な差はみられなかったが、TS1：目標への挑戦 ($p=0.0571$, $df3.58$)、TS7：闘志 ($p=0.0589$, $df3.58$)、TS15：失敗不安 ($p=0.0525$, $df3.58$)の尺度において差がみられ、D類型群に高い傾向がみられる (TS15はネガティブな方向を示す)。

表7 TSMIにおけるY-Gテストの性格類型別比較
Table 7 Comparison between the personality types of Y-G test in TSMI

TSMI scale	A type N=17	B type N=11	C type N=06	D type N=25
TS 1	22.6 ±4.0	24.3 ±3.3	23.7 ±3.7	26.0* ±4.0
TS 2	23.8 ±4.1	26.1 ±3.4	25.7 ±3.6	27.1* ±3.2
TS 3	23.4 ±3.6	24.5 ±4.4	24.2 ±5.9	26.0 ±4.2
TS 4	19.4 ±3.9	20.6 ±4.2	20.5 ±5.4	20.9 ±4.4
TS 5	19.7 ±3.3	21.4 ±4.0	20.2 ±1.6	22.4 ±4.6
TS 6	21.5 ±3.1	22.2 ±4.3	22.2 ±2.1	24.1 ±3.8
TS 7	25.3 ±4.5	27.1 ±2.6	26.0 ±1.4	28.3* ±3.4
TS 8	20.1 ±5.4	21.4 ±5.2	23.5 ±4.4	25.2** ±4.3
TS 9	21.4 ±4.0	22.1 ±3.7	22.8 ±2.4	22.7 ±4.4
TS10	24.3 ±3.8	24.2 ±3.5	24.0 ±4.0	25.2 ±3.6
TS11	25.2 ±5.5	24.8 ±4.2	25.5 ±4.2	27.0 ±3.3
TS12	21.1 ±4.8	22.2 ±7.3	21.7 ±4.5	20.8 ±4.3
TS13	19.5 ±4.7	20.5 ±6.0	23.8 ±5.2	22.2 ±3.9
TS14	18.8 ±4.5	17.6 ±5.1	16.3 ±4.9	13.8** ±4.1
TS15	18.6 ±4.2	16.7 ±6.0	21.0 ±4.5	15.6* ±4.5
TS16	17.4 ±3.5	17.5 ±4.8	20.0 ±4.9	14.8* ±20.3
TS17	20.2 ±2.7	19.3 ±5.4	20.8 ±4.5	17.8 ±4.0

Values are Mean ± SE. A type: A type in the personality types of Y-G test, B type: B type in the personality types of Y-G test, C type: C type in the personality types of Y-G test, D type: D type in the personality types of Y-G test.

** : $p < .01$, * : $p < .05$, + : $.10 < p < .05$

以上のことから、丹羽²¹⁾のいうところの運動選手に共通する性格特徴や、北川²⁰⁾の「やる気」と関係のある性格特性とおよそ一致しており、陸上競技男子投擲選手の「やる気」はY-G検査のD類型者に高い傾向がみられる。

IV. まとめ

本研究は陸上競技男子投擲選手の心理的適性を明らかにするために競技意欲やパーソナリティを手がかりとして、①社会人と学生群の比較、②競技レベル別比較、③競技経験年数別比較、④競技種目別比較、⑤性格類型別比較を試みたが、①、②については(そのI)で報告したので、今回は(そのII)として、③、④、⑤の観点から以下のような結果が得られた。

1. 競技経験年数別比較では、競技意欲において Short experience group のほうが Long experience group より、勝つことに意義があると考えられる傾向が強いことを示している。パーソナリティについては、両群ともにA型を示し、性格特性では Long experience group が Short experience group より、考えが大ざっぱでのんきなたちであ

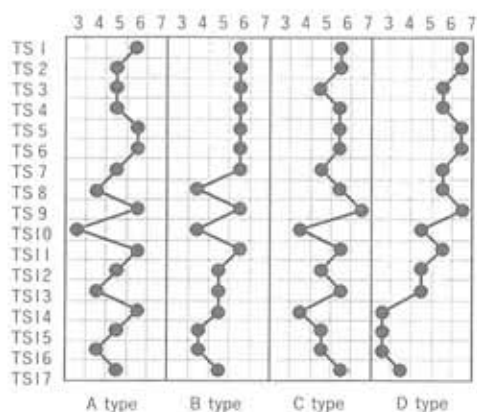


図5 TSMIの性格類型別の平均得点プロフィール
Fig. 5 Mean profiles of TSMI in the personality types of Y-G test.

A type: A type in the personality types of Y-G test, B type: B type in the personality types of Y-G test, C type: C type in the personality types of Y-G test, D type: D type in the personality types of Y-G test.

った。

2. 種目別にみると、競技意欲については、砲丸投げ選手と槍投げ選手において、大試合や不利な状況、競り合いなどの場面での闘志が強い傾向を示した。また、砲丸投げ選手はコーチに対する信頼感やコーチの指示への従順さが高く、逆に槍投げ選手は低い傾向を示した。パーソナリティについては、すべての種目でA型を示し、性格特性では特に円盤投げ選手においてのみ神経質でない傾向を示した。

3. 性格類型別にみると、D類型に技術の向上を目指して積極的、持続的に努力をしようとし、競技が自分にとって価値あるものと考え、コーチとの人間関係もうまく試合場面、あるいは観衆の存在など、ストレスの強い緊張場面において、情動的緊張をおさえ、自己コントロールできる傾向を示し、ことにD類型者において「やる気」の高い傾向がみられた。

以上のような結果から、陸上競技男子投擲選手にとって、競技意欲やパーソナリティは、競技力向上にとって重要な心理的適性であると考えられる。

引用・参考文献

- 1) 阿部正臣、梶原洋子、メ木一郎(1987): TSMI からみた第10回ソウル・アジア大会日本代表陸上競技選手の心理的適性について—女子選手を中心として—: 文教大学教育学部紀要21、117-125
- 2) Charles A. Garfield, and Hal Zina Benett (1984): Peak performance: Jeremy P. Tarcher
- 3) 藤善尚憲 (1985): Q58 心理的にすぐれた適性を持つ人はどのような人か: スポーツ心理学 Q&A、127
- 4) 花田敬一、藤善尚憲、河瀬雅夫 (1966): 身体運動によって影響される性格特性の追跡的研究: 体育学研究第9巻第4、5号、83-90
- 5) 花田敬一、藤善尚憲、河瀬雅夫 (1966): スポーツマン的 성격について: 体育学研究第11巻第1号、9-16
- 6) 花田敬一、竹村昭、藤善尚憲 (1974): スポーツマン的 성격: 不味堂出版
- 7) 堀本宏、岡沢祥訓、吉沢洋二、猪俣公宏、新井春生 (1986): バスケットボール選手の心理的適性—実業団バスケットボール選手の競技レベルと性差からみた TSMI と MPI に関する考察—: 中京女子大学紀要第20号、69-75
- 8) 堀本宏、吉沢洋二、岡沢祥訓、猪俣公宏 (1987): ポジション別にみたバスケットボール選手の心理的適性に関する研究: スポーツ心理学研究第14巻第1号、104-109
- 9) 北川昌美、豊田一成、西田保、青井洋、長野正 (1983): サッカーに関する心理学的研究—TSMI と Y-G の関連性—: 日本体育学会第34回大会、668
- 10) 久保玄次 (1982): 女子スポーツ選手の競技に対する意欲・態度について—競技レベルによる差とシーズン—オフシーズンの変動—: 日本体育協会スポーツ科学研究報告: 140-142
- 11) 久保玄次、加賀秀夫 (1987): 愛媛県代表国体出場選手における競技種目類型及び競技成績と TSMI の得点との関係: スポーツ心理学研究第14巻第1号、100-103
- 12) 松田岩男、猪俣公宏、落合優、加賀秀夫、山下剛、杉原隆、藤田厚 (1980): スポーツ選手の心理的適性に関する研究—第1報、第2報—: 日本体育協会スポーツ科学研究報告、1-63

- 13) 松田岩男、猪俣公宏、落合優、加賀秀夫、山下剛、杉原隆、藤田厚 (1981) : スポーツ選手の心理的適性に関する研究—第3報— : 日本体育協会スポーツ科学研究報告、1-39
- 14) 松田岩男、猪俣公宏、落合優、加賀秀夫、山下剛、杉原隆、藤田厚 (1982) : スポーツ選手の心理的適性に関する研究—第4報— : 日本体育協会スポーツ科学研究報告、1-73
- 15) 西田保、松井秀治 (1983) : TSMI からみた高校全国大会 (名古屋インターハイ) 出場陸上競技選手の心理的適性について、競技種目別競技力向上に関する研究—第7報— : 日本体育協会スポーツ医・科学研究報告、424-436
- 16) 岡沢祥訓 (1985) : Q39 スポーツ適性としてパーソナリティを考慮する場合、どのようなパーソナリティ理論が有効か : スポーツ心理学 Q&A、90-91
- 17) 岡沢祥訓 (1985) : 卓球選手の心理的適性に関する研究—TSMI、上がり、精神力、MPI、の競技力の予測性について— : 中京大学紀要第19号、73-77
- 18) 小村渡岐磨、宮川千秋、今村義正 (1980) : 陸上競技における短距離選手と長距離選手の精神的特徴について : スポーツマンの性格、杏林書院、131-143
- 19) 杉原隆 (1974) : スポーツとパーソナリティ : 新体育 Vol. 44、18-21
- 20) 杉原隆 (1982) : 女子スポーツ選手の経験年数からみた競技動機の特徴 : 日本体育協会スポーツ科学報告 : 12-21
- 21) 丹羽劭昭 (1965) : スポーツと人間形成 : スポーツ科学講座・6・スポーツの心理、大修館、66-107
- 23) 辻岡美延 (1980) : 新性格検査法—Y-G 性格検査実施・応用・研究手引き— : 日本・心理テスト研究所
- 24) 上田雅夫 (1985) : Q57 スポーツ適性とはどのようなことか : スポーツ心理学 Q&A、126-127
- 25) 上田雅夫 (1986) : スポーツ適性 : 講座・現代スポーツ科学 8、スポーツと競技の心理、大修館、13-50
- 26) 吉井泉 (1992) : TSMI と MPI からみた長距離選手の心理的適性—実業団男子駅伝選手を対象として— : 中京大学体育学論叢、33(2)、99-110
- 27) 吉沢洋二、堀本宏、新井春生、猪俣公宏、岡沢祥訓 (1984) : バasketボール選手の心理的適性—高校Basketボール選手の TSMI の特徴について— : 総合保健体育科学 Vol. 7、No. 1、99-110
- 28) 吉沢洋二、堀本宏、新井春生、岡沢祥訓、猪俣公宏 (1986) : 大学Basketボール選手の TSMI の特徴について : 名古屋経済大学人文科学論集第38号、109-125

スポーツ施設環境の評価に関する 心理学的研究 4

— 複数の施設に対する屋内スポーツ施設環境評定尺度の適用 —

吉川 政夫 (体育学部社会体育学科) 菊地 真也 (武蔵工業大学非常勤講師)

里見 悦郎 (体育学部非常勤講師) 松本 秀夫 (海洋学部保健体育系)

今村 義正 (体育学部社会体育学科)

Psychological Study of an Evaluation of the Environment of Sports Facilities (the 4th Report)

— The Application of a Psychological Rating Scale for Indoor Sports Facilities
to the Gymnasiums in Universities —

Masao KIKKAWA, Shinya KIKUCHI,
Etsuro SATOMI, Hideo MATSUMOTO,
and Yoshimasa IMAMURA

Abstract

It was the purpose of this study to probe the efficacy and generality of the psychological rating scale for indoor sports facilities based on the application of the rating scale to the gymnasiums.

The facilities evaluated by undergraduate students were three different gymnasiums in two universities. Subjects were 78 for A facility, 105 for B facility, 116 for C facility. They were asked to rate each gymnasium's environment by means of the seven point rating scale which was composed of twenty-five items.

It was found that there were significant differences among three facilities in the mean ratings of twenty-four items out of twenty-five items. Also, in the mean factor scores obtained by factor analysis, the significant differences among three facilities were found in the factor "equipments to support users", the factor "floor area of facility", the factor "elements to make up an impression on gymnasium", the factor "athletic instruments and athletic goods", the factor "moving spaces" except the factor "air conditioning". These results showed that there were distinguishing features in the environment of each facility. It is suggested that the psychological rating scale developed by us has the possibility in detecting the features of various types of gymnasiums.

I. 目 的

われわれはこれまで、屋内スポーツ施設環境の評価を行うためのスポーツ施設環境評定尺度の開

発研究を続けてきた⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾⁸⁾。それらの研究において、同一の体育館におけるスポーツ施設利用者の評価差の問題をとりあげ検討したところ、以下の点が明らかにされた。1) 専門種目のエキスパートである評価者とそうでない評価者では基本的に

は同じ評価傾向をもつが、スポーツ施設環境の厳密な評価を得ようとする際には、専門種目のエキスパートである評価者による評価が必要である。2) 専門種目の異なる競技者間の評価差はほとんどみられない。3) 総合評価項目を除く24項目の評定結果に基づく因子分析から、屋内スポーツ施設環境評定尺度の内容は、「施設利用者のバックアップ」、「施設の印象形成」、「施設空間のアレンジメント」、「空調・照明」、「競技用具・競技用具収納」および「競技フロア」の6領域にまとめられる。4) 重回帰分析の結果から、24の評定項目のうち、体育館の総合評価に対する寄与度の大きい評定項目は「室温」、「トレーニング室」、「更衣室」であり、因子分析によって抽出された6因子の場合は、それが「施設の印象形成」と「施設利用者のバックアップ」の因子である。5) 同じく重回帰分析の結果から、評定尺度の24の評定項目によって、体育館環境の良し悪しを表わす総合評価をかなり正確に予測できる。

しかし、この屋内スポーツ施設環境評定尺度を多種類の体育館の評価に適用し得るかどうかの問題が研究課題として残されている。そこで、本研究では、複数の施設に対してこの評定尺度を適用し、この尺度の有効性と汎用性を吟味することを目的とした。

II. 方 法

1. 調査(評価)対象施設

調査(評価)対象施設は2大学の3つの体育館。各施設の概要は以下の通りである。A施設は、バスケットボール・コートが2面とれる競技スペースとフィットネス・フロアおよびシャワー・トイレ・更衣室などを備えた1階と、剣道場・柔道場を有する2階からなる体育館である。施設の規模は3施設の中では中位に属する。B施設は、剣道場・柔道場およびシャワー・トイレ・更衣室などを備えた1階と、バスケットボール・コート1面がとれる競技スペースをもつ2階からなる体育館である。施設の規模は42m×34mと3施設中最も

小規模である。C施設は、バスケットボール・コート2面、バレーボール・コート2面、ハンドボール・コート1面をとることができる競技フロアおよびシャワー、トイレ、更衣室、フィットネス・トレーニング室などをもつ地階と、観客席および観客席を取り囲む形で広い廊下が配置されている1階からなる体育館である。施設の規模は95m×55mと3施設中最も大規模である。

2. 調査(評価)対象者

A施設の調査(評価)対象者は体育の授業で体育館を使っている大学生78名。B施設は運動部として体育館を使用している学生105名。C施設も運動部として体育館を使用している学生116名。計299名。

3. 調査内容および調査手続

前回の研究⁹⁾と同様、屋内スポーツ施設(体育館)の評価を目的とする屋内スポーツ施設環境評定尺度を使用した。尺度のチェックポイントとして設定した項目構成は図1の通りである。25の各項目は、調査(評価)対象者によって、使いやすさ、快適性、安全性を考え合わせて、その良し悪しを7段階(1非常に悪い、2悪い、3やや悪い、4どちらでもない、5やや良い、6良い、7非常に良い)で評定された。さらに、25の各項目について長所と短所(改善すべき点)を自由記述により具体的に指摘してもらった。

調査は集合調査法により自記式で行われた。調査実施時期は、A施設とB施設が1994年11月。C施設は1993年11月に実施した前回の調査資料⁹⁾を用いた。

III. 結 果

1. 25項目の評定平均値に基づく施設間の比較

図1、図2、図3はそれぞれA施設、B施設、C施設の回答者全体の評定平均値を示した結果である。3施設間の違いを比較検討するために、25項目の評定平均値それぞれについて1要因分散分

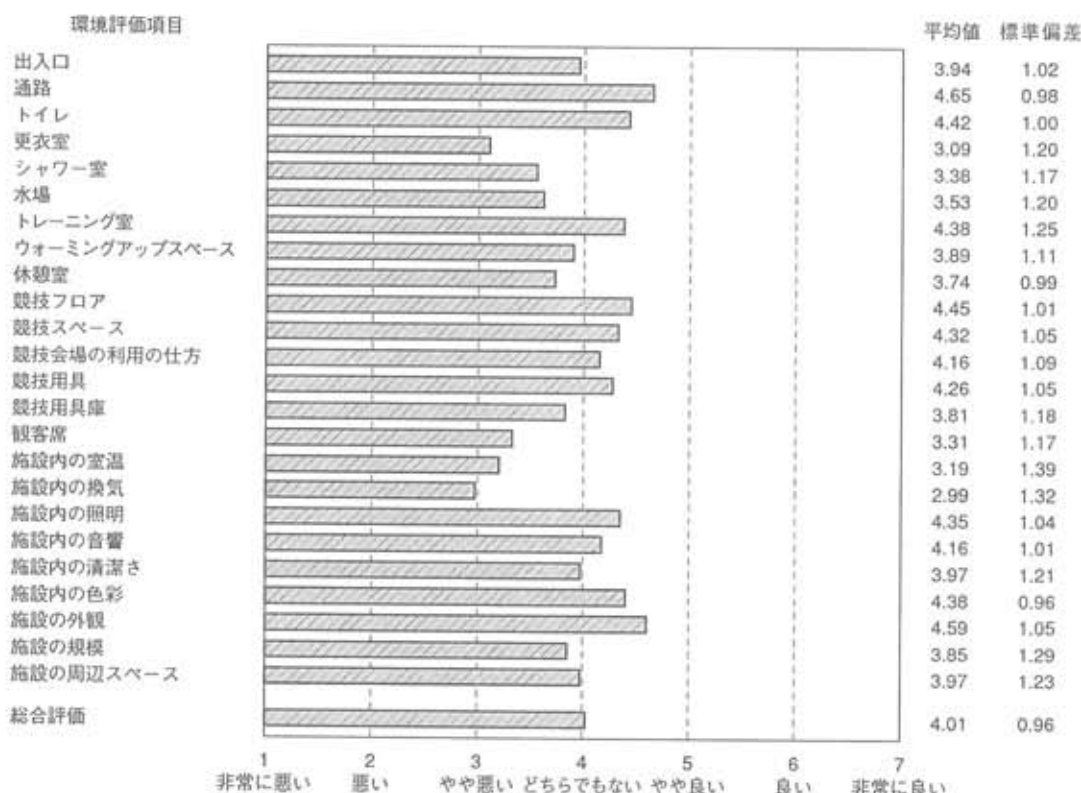


図1 スポーツ施設環境（体育館）の評定平均（A施設）
Fig. 1 Means and SDs in the item ratings (A facility)

析および Tukey 法による下位検定を行った。その結果、「施設内の換気」を除く24項目において、分散分析の結果は0.01%水準の危険率で有意であった。24項目の下位検定の結果は以下の通りである。

評定平均値について、5%の危険率で有意にB施設がA施設より高く、A施設がC施設より高い項目（「B施設>A施設>C施設」項目）は、「出入口」、「通路」、「トイレ」、「更衣室」、「シャワー室」、「水場」、「施設内の清潔さ」、「施設内の色彩」、「施設の外観」の9項目であった。A施設とB施設の評定平均値に有意差がなく、両施設の評定がC施設より有意に高い項目（「A施設・B施設>C施設」項目）は、「トレーニング室」、「ウォーミングアップスペース」、「休憩室」、「競技用具」、「競技用具庫」、「施設内の室温」、「施設内の照明」、「総合評価」の8項目であった。C施設と

A施設の評定平均値に有意差がなく、両施設の評定がB施設より有意に高い項目（「C施設・A施設>B施設」項目）は、「競技フロア」、「競技スペース」、「競技会場の利用の仕方」、「観客席」の4項目であった。「施設の規模」は「C施設>A施設>B施設」項目であった。「施設の周辺スペース」は「C施設>A施設・B施設」項目であった。「施設内の音響」は「B施設・A施設、A施設・C施設、B施設>C施設」項目であった。

個々の項目の相対比較は以上の通りであった。なお、「総合評価」の結果について詳しく言及すると、A施設の評定平均値4.01、B施設の評定平均値3.85、C施設の評定平均値2.67であり、いずれの施設の評定も「どちらでもない」から「悪い」範囲に位置していた。すなわち、総合的に評価した場合、3施設とも良いとはいえない。その中で、A施設とB施設に有意な差はみられなかったが、

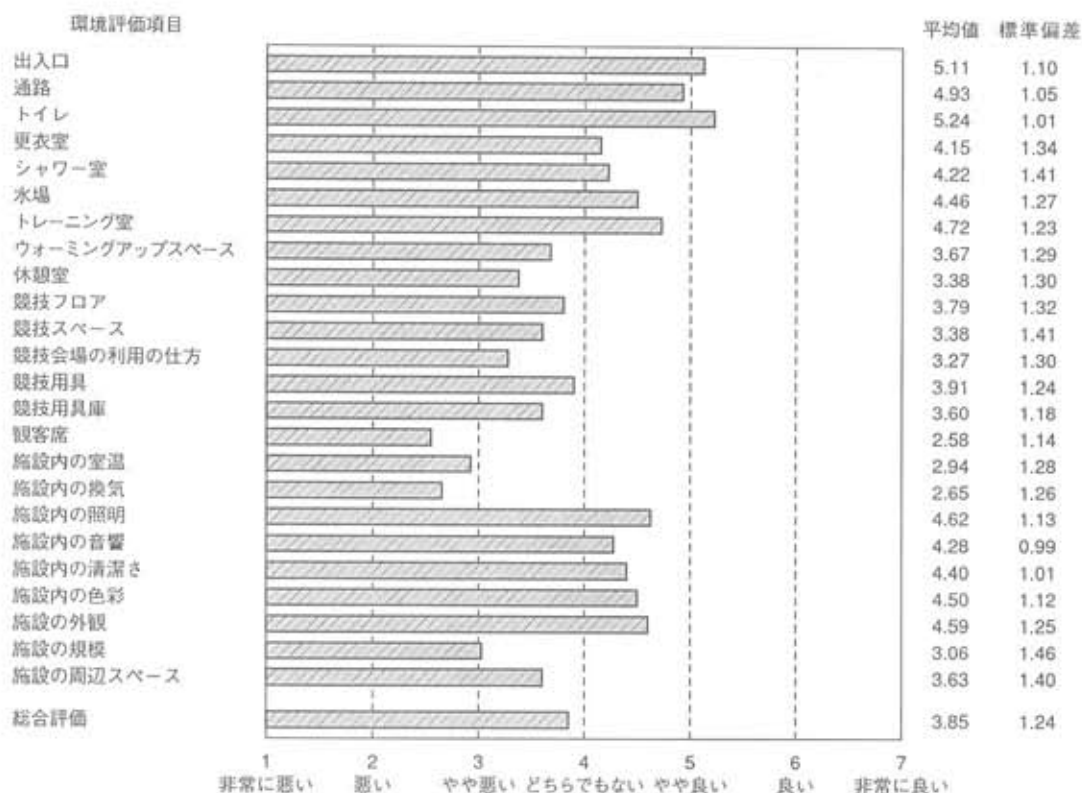


図2 スポーツ施設環境（体育館）の評定平均（B施設）
Fig. 2 Means and SDs in the item ratings (B facility)

C施設の評定は前2施設に比べて明らかに低かった。評定尺度の基準からみても、また施設間の相対的な位置からみても、C施設の評価の悪さが目立つ。

2. 因子得点に基づく施設間の比較

表1は総合評価項目を除く24項目の評定結果に基づいて因子分析(主因子法、バリマックス回転)を行った結果である。固有値1.0以上の条件で因子を抽出したところ、6因子が抽出された。6因子の累積寄与率は項目全体(全分散)の60.8%である。因子負荷量が.400以上の項目を手掛かりに各因子の解釈と命名を行った。その結果、第1因子を「施設利用者のバックアップ因子」、第2因子を「施設の広さ因子」、第3因子を「施設の印象形成因子」、第4因子を「競技用具・競技用具収納因子」、第5因子を「空調因子」および第6因子を「移

動空間因子」と命名した。以上のように、評定尺度の24項目は6つの因子にまとめることができる。

因子得点に基づく施設別の評価差を検討するために、抽出された6つの因子それぞれについて、施設別に因子得点の平均値を求め、1要因分散分析およびTukey法による下位検定を行った。その結果を示したものが表2である。なお、因子得点は、平均の0を中心に、-1に近いほど評価の程度が悪く、逆に、1に近いほど評価の程度が良いことをあらわしている。

結果が示すように、「空調因子」以外のすべての因子において有意差が検出された。すなわち、シャワー室、トレーニング室、水場、更衣室、休憩室、トイレなどの「施設利用者のバックアップ」機能が最も高いのはB施設である。中位に位置するのがA施設。C施設はその機能が最も低い。施設規模、競技スペース、施設の周辺スペース、競

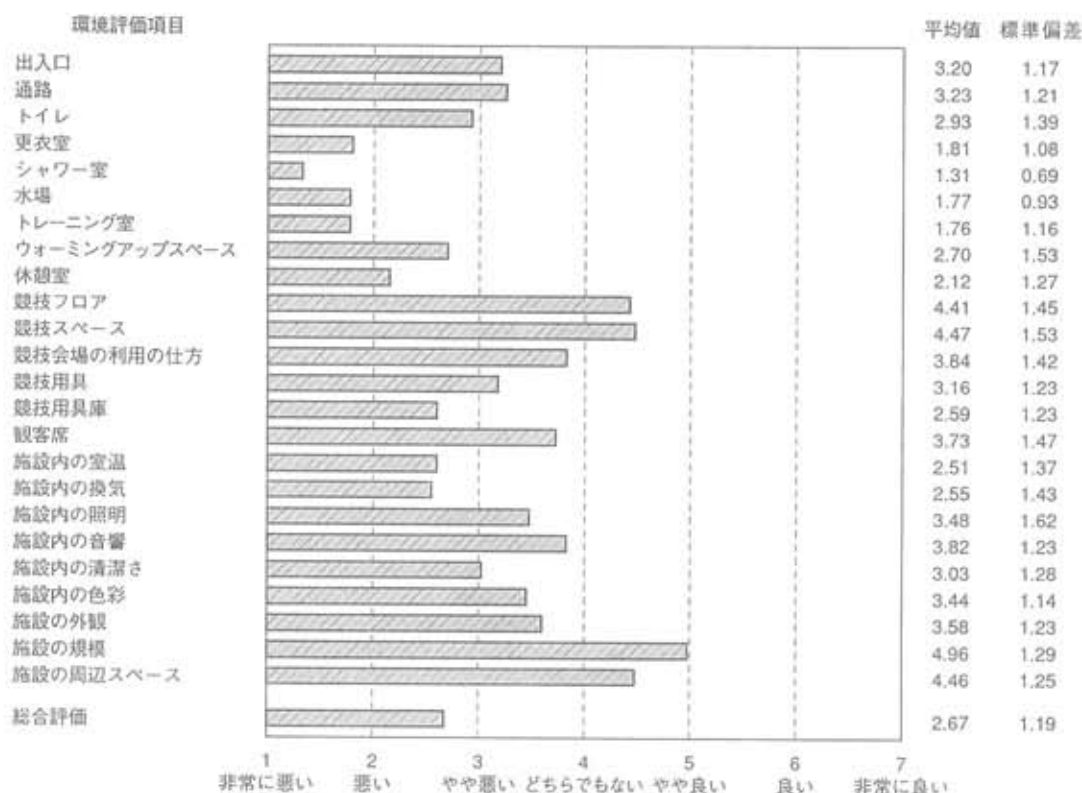


図3 スポーツ施設環境(体育館)の評定平均(C施設)
Fig. 3 Means and SDs in the item ratings (C facility)

技フロアなどの「施設の広さ」に関しては、B施設に比べてC施設とA施設の評価が高く、そうした条件面で恵まれている。施設内の音響、照明、色彩、清潔さからなる「施設の印象形成」では、C施設に比べ、B施設とA施設の評価が高い。「競技用具・競技用具収納」の条件を最も良く備えている施設はA施設であり、ついでB施設であって、C施設はその条件が最も良くない。「空調」機能は3施設間に明らかな差はない。出入口、通路などの「移動空間」の評価が高い施設はB施設である。

以上のような施設別特徴を明示するために、各施設の因子得点の平均値を2次元上にプロットすると施設のもつ特徴がわかりやすい。図4は、第1因子の「施設利用者のバックアップ因子」と第2因子の「施設の広さ因子」それぞれの因子得点の平均値を2次元上にプロットした結果である。それによれば、B施設は、「施設利用者のバックア

ップ」機能に優れている反面、「施設の広さ」が足りない。逆に、C施設の場合は、「施設の広さ」は十分にあるが「施設利用者のバックアップ」機能に難が多い。A施設は両施設の中間に位置する施設であることが一目瞭然である。その他の因子間に対してもこの表示法を適用すると各施設の特徴がわかりやすい。

IV. 考 察

1. 各施設の特徴

評定平均値に基づく施設間の比較検討結果、因子得点に基づく施設間の比較検討結果から指摘できる各施設の特徴は以下の通りである。

A施設で評価が比較的高い項目は、「施設の外観」、「施設内の色彩」、「施設内の照明」などの「施設の印象形成」に関する項目、「競技フロア」、「競

表1 スポーツ施設環境評価の因子分析

Table 1 Result of factor analysis of ratings of the environment of sports facilities

	FACTOR 1	FACTOR 2	FACTOR 3	FACTOR 4	FACTOR 5	FACTOR 6	h ²
シャワー室	0.784	-0.191	0.214	0.101	-0.024	0.087	0.717
トレーニング室	0.771	-0.119	0.140	0.238	0.186	0.095	0.731
水場	0.759	-0.229	0.172	0.136	0.087	0.062	0.689
更衣室	0.743	-0.183	0.147	0.035	0.007	0.194	0.647
休憩室	0.702	0.170	0.028	0.161	0.248	-0.097	0.620
トイレ	0.640	-0.089	0.232	0.174	0.091	0.445	0.710
通路	0.549	-0.041	0.246	0.278	0.052	0.448	0.645
ウォーミングアップ・スペース	0.535	0.223	0.129	0.207	0.239	-0.062	0.458
出入口	0.521	-0.060	0.245	0.210	-0.017	0.465	0.598
施設の規模	-0.216	0.903	0.012	-0.150	-0.014	0.087	0.894
競技スペース	-0.088	0.723	0.146	0.118	0.072	-0.160	0.599
施設の周辺スペース	0.015	0.679	-0.005	-0.053	0.035	0.164	0.493
競技フロア	0.005	0.627	0.167	0.281	0.109	-0.128	0.529
競技会場の利用の仕方	0.015	0.548	0.143	0.263	0.047	-0.059	0.396
観客席	-0.082	0.504	0.016	0.089	0.200	0.021	0.310
施設内の音響	0.151	0.230	0.717	0.021	0.135	0.070	0.614
施設内の照明	0.301	0.062	0.673	0.159	0.212	0.026	0.620
施設内の色彩	0.336	0.105	0.484	0.428	0.108	0.244	0.614
施設内の清潔さ	0.398	0.094	0.473	0.298	0.181	0.212	0.560
施設の外観	0.305	0.212	0.363	0.357	0.088	0.349	0.529
競技用具	0.305	0.216	0.136	0.668	0.042	0.101	0.618
競技用具庫	0.383	0.126	0.120	0.563	0.117	0.091	0.517
施設内の換気	0.123	0.199	0.221	0.061	0.807	-0.051	0.762
施設内の室温	0.232	0.133	0.151	0.082	0.791	0.111	0.741
固有値	4.954	3.225	2.046	1.706	1.644	1.037	
寄与率 (%)	20.6	13.4	8.5	7.1	6.9	4.3	
累積寄与率 (%)	20.6	34.0	42.5	49.6	56.5	60.8	

FACTOR 1 施設利用者のバックアップ

FACTOR 4 競技用具・競技用具収納

FACTOR 2 施設の広さ

FACTOR 5 空調

FACTOR 3 施設の影響形成

FACTOR 6 移動空間

表2 因子得点の施設別比較

Table 2 Differences in the factor scores among three facilities

因子名	一変因の分散分析 (n=276)	Tukey 法による下位検定 (平均因子得点)
第1因子 (施設利用者のバックアップ)	F (2, 273) = 164.7, p < .0001	B施設(0.67) > A施設(0.32) > C施設(-0.86)
第2因子 (施設の広さ)	F (2, 273) = 30.8, p < .0001	C施設(0.42) > A施設(0.11) > B施設(-0.52)
第3因子 (施設の影響形成)	F (2, 273) = 8.7, p < .001	B施設(0.25) > A施設(-0.01) > C施設(-0.23)
第4因子 (競技用具・競技用具収納)	F (2, 273) = 15.4, p < .0001	A施設(0.37) > B施設(0.05) > C施設(-0.30)
第5因子 (空調)	F (2, 273) = 1.6, ns	A施設(0.16) > C施設(-0.03) > B施設(-0.09)
第6因子 (移動空間)	F (2, 273) = 11.4, p < .0001	B施設(0.29) > C施設(-0.14) > A施設(-0.21)

注) 下位検定の表記法について: 「A施設 > B施設」は、因子得点の平均においてA施設がB施設より5%水準で有意に大きい、すなわち評価が良い、また、「A施設・B施設」は、両施設の因子得点の平均に有意差がないことを示す。

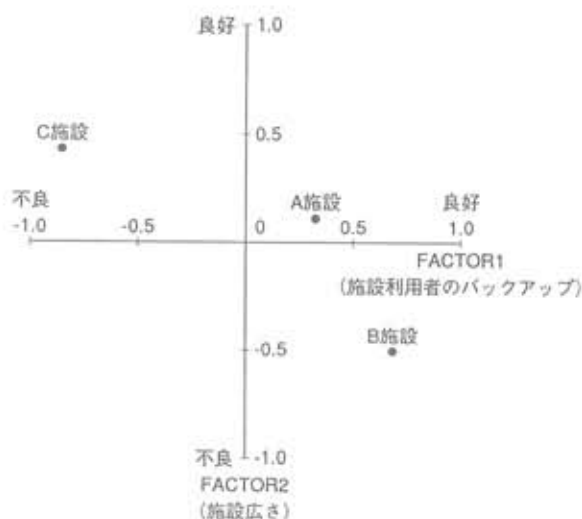


図4 第1因子と第2因子の因子得点に基づく3施設の布置
Fig. 4 Configuration of three facilities based on factor scores (FACTOR1×FACTOR2)

技スペース」、「競技用具」、「ウォーミングアップスペース」などの運動・競技に直接関連する「施設の広さ」に関する項目、そして「通路」、「トイレ」である。逆に、評価がやや低い項目は、「施設内の換気」と「施設内の室温」の「空調」に関する項目、「更衣室」、「シャワー室」などの利用者をバックアップする項目である。

B施設の特徴は、「出入口」、「通路」、「トイレ」の運動・競技スペースと直接関係しない項目、「トレーニング室」、そして「施設の外観」、「施設内の色彩」、「施設内の照明」、「施設内の清潔さ」などの「施設の印象形成」に関する項目の評価が比較的高い。それに対して、「施設内の換気」と「施設内の室温」の「空調」に関する項目、「観客席」の項目において評価が低い。

C施設では、「施設の規模」、「施設の周辺スペース」、「競技スペース」、「競技フロア」の運動・競技に直接関連する「施設の広さ」の項目で評価が比較的高い。他方、「更衣室」、「シャワー室」、「水場」、「トレーニング室」などの利用者をバックアップする項目、「施設内の換気」と「施設内の室温」

の「空調」に関する項目、「競技用具庫」の評価が低い。

3施設に共通するのは換気や室温といった「空調」項目の評価が低い点である。体育館のような大規模施設の空調はコストがかかるため、大学の体育館でそれを装備している施設は少ない。この問題を改善するには空調設備を整えねばならないであろう。A施設とB施設は、「施設の印象形成」に関する項目と「通路」や「トイレ」の評価が比較的高い。両施設共に観客席が常設されていないため、「観客席」の評価が低いことは致し方ないところである。B施設は利用者のバックアップ機能が高く、C施設のそれは低い。その一方で、運動や競技に直接影響する競技フロア関連項目の評価が高いのはC施設とA施設である。施設規模の小ささが原因して、B施設のそれは評価が多少低い。それらを含めた総合評価においては、3施設とも評価が高いとはいえないが、A施設とB施設に比べてC施設の評価の低さが指摘できる。

以上が、屋内スポーツ施設環境評定尺度を適用した結果得られた3施設の特徴である。

2. 複数の施設に対する屋内スポーツ施設環境評定尺度適用の吟味

3つの異なる施設に対して屋内スポーツ施設環境評定尺度を適用したところ、これまでに述べてきたような各施設のもつ特徴が鮮明に検出された。

また、1つの施設に対してこの尺度を適用した前回の研究⁹⁾において抽出された尺度の因子構造と今回の分析結果から得られた因子構造を比較すると、寄与率の最も低い第6因子に違いがみられた以外は構成因子が一致していた。ちなみに前回の第6因子「競技フロア」に対し今回のそれは「移動空間」であった。なお、累積寄与率は、前回58.3%、今回60.8%であった。

以上の結果から、体育館環境の評価を行う上で、この尺度を用いることの有効性と汎用性が確認できたといえる。

引用・参考文献

- 1) 海保博之(編著)、心理・教育データの解析法10講 基礎編、福村出版、1985
- 2) 吉川政夫・安岡高志・道下忠行・谷口 且・川淵里美、大学の授業環境に関する研究Ⅰ 教室環境評価の試み、東海大学紀要教育研究所教育工学部門、第2号、19-30、1989
- 3) 吉川政夫・安岡高志・道下忠行・谷口 且・川淵里美、大学の授業環境に関する研究Ⅱ 学生の授業満足度要因の分析、東海大学紀要教育研究所教育工学部門、第3号、53-55、1990
- 4) 吉川政夫・松本秀夫・里見悦郎・今村義正、スポーツ施設環境の評価に関する心理学的研究1 大学の体育館環境に対するスポーツ競技者と一般学生の評価差を検討するためのパイロット・サーベイ、東海大学スポーツ医科学雑誌、第5号、30-36、1993
- 5) 吉川政夫・菊地真也・里見悦郎・松本秀夫・今村義正・竹之内 保・成田明彦・積山和明、スポーツ施設環境の評価に関する心理学的研究3 屋内スポーツ施設環境評定尺度開発のための基礎的研究、東海大学スポーツ医科学雑誌、第6号、98-106、1994
- 6) Kikkawa, M., Imamura, Y., Kikuchi, S., Matsumoto, H., An examination to develop a psychological rating scale for indoor sports facilities, The 23rd international congress of applied psychology, Madrid, 1994
- 7) 吉川政夫・今村義正・菊地真也・里見悦郎・松本秀夫、屋内スポーツ施設環境評定尺度の開発—体育館の総合評価を規定する施設要因の分析検討—、日本体育学会第45回大会号(山形大学)、239、1994
- 8) 里見悦郎・吉川政夫・松本秀夫・今村義正、スポーツ施設環境の評価に関する心理学的研究2 スポーツ施設環境調査項目の経営学、および心理学的検討、東海大学スポーツ医科学雑誌、第5号、37-43、1992
- 9) 柳井晴夫・岩坪秀一、複雑さに挑む科学 多変量解析入門、講談社、1976

東海大学男子柔道部員と 龍仁大学(韓国)男子柔道部員の 体力および運動能力の比較

原口 真次 (体育学部非常勤助手)

古谷 嘉邦 (体育学部体育学科)

佐藤 宣践 (体育学部武道学科)

小河原慶太 (関東管区警察学校)

菊地 真也 (体育学研究科研究生)

Comparison of Judo Club Male Students of Tokai University
with Judo Club Male Students of Yongin University as to
Physical Strength and Capacity for Athletic Sports

Shinji HARAGUCHI, Yoshikuni FURUYA,
Nobuyuki SATO, Keita OGAWARA,
and Shinya KIKUCHI

Abstract

In this study, we compared the Judo Club male students of Tokai University with the Judo Club male students of Yongin University (Korea) as to their Special techniques, portions of receiving injuries, physical strength and capacity for athletic sports. The results of comparison are as follows.

1. The most favorite throwing technique is common for both the Tokai students and the Yongin students. That is Seoi-nage. The ratio of Seoi-nage are about 20% for the Tokai students and about 47% for the Yongin students. Namely, the shouldering technique leads throwing techniques.
2. The portions of receiving injuries by which students were forced to stop their daily practice for more than one month, are knees (about 45%) as the biggest and shoulders (about 23%) next to knees for the Tokai students.
While, shoulders (about 41%) are the biggest and elbows (about 30%) are next to shoulders for the Yongin students. The injuries for the Yongin students are concentrated on their upper bodies.
3. Not so big difference is recognized shapewise between the Tokai students and the Yongin students.
The Tokai students seem to be a bit superior to the Yongin students as far as the upper body such as neck circumference, chest circumference, waist measurement, upper arm circumference, forearm circumference, are concerned.
4. As to the muscular strength such grasping power and bench press, the Tokai students are better than the Yongin students.

On the other hand, the Yongin students are better than the Tokai students as to the flexibility.

I. 研究目的

日本で生まれ育った柔道は、世界各国に普及し1964年には正式なオリンピック種目となり、現在世界柔道連盟 (International Judo Federation) への加盟国は172ヶ国を数えるまでに至っている。

オリンピックや世界選手権大会の過去10年間の優勝者を国別に見てみると、日本、韓国、旧ソ連、フランスがその大部分を占めており、中でも日本と韓国は数多くの優勝者を輩出している。特に1993年のハミルトン世界選手権大会を見ると日本は3階級で、韓国は2階級で優勝しており、非常に接近した結果になっているのが現状である。

このように同じアジア人であり形態的にもよく似ている韓国の男子柔道選手がどのような体力をしているかを知ることは必要である。

これまでも日本選手と外国選手との体力を比較した研究は数多くあるが¹⁻⁹⁾ これらはすべて柔道強化選手 (代表選手) に限られている。将来その国を代表する選手を育成する底辺というべき大学選手レベルがどのような現状であるかを知ること、非常に重要であると思われる。

日本の大学柔道選手と外国の柔道選手の体力の比較についての報告は高木ら¹⁰⁾ の他には見あたらない。

そこで本研究は、日本の大学柔道の代表的存在である東海大学男子柔道部員と韓国大学柔道の代表的存在である龍仁大学男子柔道部員の形態、体力及び運動能力の現状を比較すると同時に得意技及び怪我についても比較検討した。

II. 研究方法

1. 被検者

被検者は、1992年度東海大学男子柔道部員67名と韓国龍仁大学男子柔道部員36名であった。その内訳は表1に示す通りである。

これは両大学とも約100名を対象に調査したが、怪我やその他の理由で、全測定項目の測定が不可

表1 階級別被検者数

Table 1 The number of subjects by each crisis

階級	日本	韓国	計
60kg級	8	5	13
65kg級	9	7	16
71kg級	18	6	24
78kg級	11	10	21
86kg級	11	4	15
95kg級	10	4	14
計	67	36	103

(人数)

能であったものを除外したものである。また+95kg級は龍仁大学の被検者に居ないため、東海大学からもはぶいた。

2. 被検者に対するアンケート調査内容

各被検者にアンケート用紙を作成、配付した。その主な内容は、生年月日、身長、体重の他、1) これまでの最高成績、2) 現在の段位、3) 柔道経験年数、4) 柔道の組手、5) きき手、6) きき足、7) 減量の有無、8) 得意技、9) 怪我の有無、および部位について調査した。

3. 形態測定項目

形態測定項目は下記に示す通りであり、測定項目および測定方法は韓国語に翻訳し龍仁大学に伝え双方同じ方法で測定できるように心掛けた。

(体力、運動能力についても同様である。)

1) 身長、2) 体重、3) 頸囲、4) 胸囲、5) 上腕囲、6) 前腕囲、7) 大腿囲、8) 下腿囲、9) 腹囲、10) 臀囲、11) 皮下脂肪、12) 体脂肪率、13) ローレル指数の13項目。

4. 体力・運動能力の測定項目

1) 垂直跳び、2) 握力、3) 背筋力、4) 立位体前屈、5) 伏臥上体反らし、6) 100m走、7) 400m走、8) 1500m走、9) ベンチ・プレス、10) スクワット、11) ハイクリーンの11項目。

表2 被検者のアンケート結果

Table 2 Results of questionnaire

質問項目		日本		韓国	
1	高校時の全国大会における個人成績 (3位入賞以上)	22.89%		61.10%	
2	大学時の全国大会における個人成績 (3位入賞以上)	14.50%		25.00%	
3	現在の段位	式段	48.19%	式段	75.00%
		参段	45.78%	参段	16.67%
		四段	6.02%	四段	8.33%
		初段	0.00%	初段	0.00%
4	経験年数	11年6ヵ月		6年7ヵ月	
5	柔道の組手	右組	63.86%	右組	54.29%
		左組	36.14%	左組	31.43%
		左右組	0.00%	左右組	14.29%
6	きき手(ボールを投げる手)	右手	93.98%	右手	77.14%
		左手	6.02%	左手	20.00%
		両方	0.00%	両方	2.86%
7	きき脚(走り幅跳びの踏切足)	右足	60.24%	右足	51.43%
		左足	34.94%	左足	34.29%
		両方	4.82%	両方	14.29%
8	減量をしますか	はい	63.86%	はい	88.57%
		いいえ	36.14%	いいえ	11.43%
9	どれくらい減量しますか(何kg)	4.21kg		4.10kg	
10	最も得意な技は何ですか	背負投	20.48%	背負投	47.22%
		体落	19.28%	内股	33.33%
		内股	14.46%	大外刈	8.33%
		その他	45.78%	その他	11.12%
11	2番目に得意な技は何ですか	大外刈	24.10%	大外刈	30.56%
		一本背負	13.25%	大内刈	25.00%
		内股	12.05%	小内刈	13.89%
		その他	50.60%	その他	30.55%
12	1ヵ月以上稽古を休んだことがありますか	はい	73.49%	はい	80.56%
		いいえ	26.51%	いいえ	19.44%
13	怪我の箇所はどこですか	膝	45.90%	肩	41.67%
		肘	22.95%	肘	30.56%
		肘	8.20%	腰	8.33%
		その他	22.95%	その他	19.44%

III. 結果と考察

1. 被検者に対するアンケートについて

調査結果は表2に示した。

1) 高校時及び大学時に全国大会レベルで3位以内に入賞した者は、ともに龍仁大学の方が多かった。日本では、高校の優秀選手は、いくつかの大学に分散して入学する傾向があるが、韓国では、龍仁大学に集中する傾向にあるためこのような結果になったと思われる。

2) 現在所有する段位については、東海大学はすべて式段以上であり四段が6.02%いた。龍仁大学

は初段が8.33%で式段と参段が91.67%であった。段位については東海大学の方がまさっているが段位認定は国際的なものではなく、各国の柔道連盟が認定しているので段位だけから競技力を推定することはできない。

3) 経験年数については、東海大学の平均が11年6ヵ月、龍仁大学の平均が6年7ヵ月と日本の方が多くなっているが、これは柔道が日本の伝統的なものであり若い頃より始めているからだと思われる。

4) 柔道の組手については、両大学共右組の方が多く、左組は東海大学では36.14%であるのに対し龍仁大学では31.43%であった。左右組について

は、東海大学は0%であるのに対し龍仁大学では14.29%もいたということは興味深いことである。しかし、なぜこのような結果が出たかは、本研究からは明らかにすることはできなかった。

5) きき手については、東海大学は93.98%が右であり、龍仁大学では77.14%であった。

6) きき足については、特に大きな差は見られなかった。

7) 普段試合に臨む場合の減量については、“減量する”と答えた者は東海大学の63.86%に比べて龍仁大学が88.57%と多いが、減量の量としては両大学共約4kgと差は見られなかった。これは選手が普段の体重が自分の階級より1つ上の階級に達しないように心掛けているためではないかと思われる。

8) 最も得意な技については、図1に示すとおりである。

東海大学では背負投20.48%で最も多く、第2位は体落の19.28%であり、この両者はほとんど同数であった。龍仁大学でも背負投が47.22%で最も多く、約半数の者が背負投を最も得意としていた。すなわち両大学共いわゆる担技中心となっている。これは同じアジア人であるため、四肢の長い欧米人選手に対する対策のひとつと考えられる。2番目に得意とする技については、両大学共大外刈を挙げていた。

9) 怪我によって稽古を1カ月以上休んだこと

のある者は、東海大学では73.49%、龍仁大学では、80.56%であった。怪我の箇所については、図2に示すとおりである。

東海大学では膝が45.9%で最も多く、次いで肩が22.95%であった。これに対して龍仁大学は肩が41.67%で最も多い。次に肘の30.56%であった。龍仁大学では膝の怪我によるものは5.56%にとどまった。このように怪我が東海大学では膝に集中し、龍仁大学では上肢に集中している傾向が見られ、これは得意技とも関係していると思われる。背負投は相手を背中に担ぐ時に大きな負担がかかると考えられる。それに対して東海大学は膝に集中しているが、この原因については本研究からは明らかにすることはできなかった。しかし、約半数が膝に集中している現状を考えると、何らかの対策を考える必要がある。

2. 形態について

階級別に形態測定結果を表3に示した。

階級ごとに比較すると、東海大学が有意に優っていたのは、頸囲では、-71kg級 ($p < 0.01$) と -95kg級 ($p < 0.05$) であり、胸囲については龍仁大学の -78kg級 ($p < 0.01$) が逆に有意に優っていた。上腕囲及び前腕囲については、-95kg級 ($p < 0.01$) において比較的大きな差がみられ東海大学が有意に優っていたが他の階級では有意の差は認められなかった。以上のように形態的には両国選

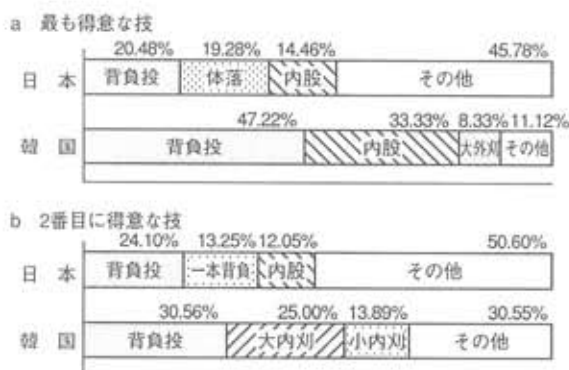


図1 得意技
Fig. 1 Special technique

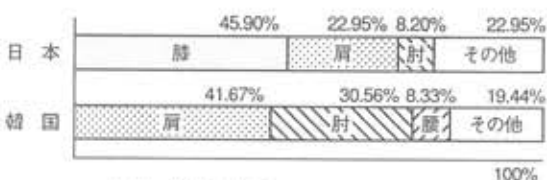


図2 怪我の部位
Fig. 2 Portions of receiving injuries

表3 階級別形態測定結果

Table 3 Physical characteristics of subjects

	性別	-60kg級		-65kg級		-71kg級		-78kg級		-86kg級		-95kg級		全体	
		平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
身長 (cm)	日本	166.95	2.40	168.74	2.30	172.83	3.62	175.25	4.23	175.00	4.35	176.05	6.29	174.06	5.91
	韓国	163.16	5.26	167.64	2.25	176.87	7.03	175.52	3.62	176.90	1.95	183.43	6.57	173.47	7.47
体重 (kg)	日本	64.71	1.99	69.42	2.88	74.56	2.96	79.65	2.96	87.79	3.94	97.68	4.66	87.25	19.95
	韓国	62.56	3.41	72.35	2.48	74.38	3.74	80.99	1.98	87.15	3.94	97.21	2.34	78.11	10.20
顔面 (cm)	日本	38.01	2.06	38.00	1.29	40.36	2.01**	39.79	1.23	41.02	1.67	42.25	1.45*	40.98	2.85**
	韓国	36.10	3.44	38.37	3.22	37.22	2.31	39.39	1.08	40.63	1.44	39.88	1.44	38.57	2.25
胸囲 (cm)	日本	92.58	3.06	97.23	3.95	99.09	3.28	98.90	2.98**	104.85	5.44	110.66	3.33	105.16	11.22**
	韓国	89.00	5.61	97.71	1.78	96.25	6.96	103.39	3.24	105.63	4.54	110.63	3.82	100.63	7.53
上肢	右	30.44	2.62	31.50	2.25	32.62	2.43	32.81	1.39	32.54	1.67	36.74	1.55**	34.78	4.15**
	韓国	28.50	1.46	31.06	1.40	31.08	2.58	32.56	1.19	34.50	2.35	33.87	1.03	31.84	2.39
腕	左	30.69	1.16*	31.28	1.77	32.38	2.17	33.18	2.17	35.54	1.81*	36.19	1.73*	34.63	3.97**
	韓国	28.40	1.78	31.67	1.51	30.83	2.54	32.67	1.02	33.38	2.16	33.38	2.29	31.70	2.29
肩	右	32.79	2.04	34.67	1.90	35.98	2.24*	35.41	1.34	38.95	2.03	40.60	2.32*	37.95	4.25**
	韓国	31.50	1.52	33.64	0.90	33.70	1.98	35.33	2.09	38.00	1.68	37.63	2.02	34.76	2.66
(cm)	左	32.38	1.03	34.53	1.70	35.58	2.13	36.48	1.82	38.75	2.81	40.66	2.08**	37.77	4.03**
	韓国	30.86	2.02	34.60	2.05	33.67	2.40	35.72	1.00	36.63	1.70	37.13	1.49	34.75	2.53
前腕 (cm)	右	27.38	1.77*	27.80	1.43	29.19	1.48	29.65	1.86	30.70	1.10	31.51	1.11*	30.40	2.66**
	韓国	24.06	2.55	27.40	0.99	28.50	2.41	28.89	0.55	29.88	1.44	29.75	0.96	28.09	2.33
左	日本	27.31	1.75*	27.76	1.36	30.32	7.74	29.27	0.96*	30.50	1.16	31.34	1.07*	30.40	4.22**
	韓国	25.06	1.46	27.30	1.46	28.33	2.36	28.44	0.39	29.43	1.59	29.38	1.49	27.96	1.93
大腕 (cm)	右	53.25	1.71	54.61	2.92	56.63	2.62	57.82	2.26*	61.86	2.94	64.80	3.06	60.55	6.43
	韓国	53.06	1.66	53.36	11.29	58.07	0.94	60.20	1.94	62.00	2.61	64.88	3.42	58.24	6.41
左	日本	53.31	2.02	54.96	2.55	56.81	2.61	57.85	2.09*	61.91	3.08	65.14	3.32	60.61	6.27
	韓国	53.00	1.22	57.16	1.50	57.75	1.41	60.03	1.62	62.88	2.46	64.63	7.87	58.94	3.72
右	日本	36.81	1.13	37.22	1.72	38.18	1.35	39.87	1.42	41.29	0.82	43.05	1.67	40.76	3.98*
	韓国	36.36	0.88	38.10	1.27	38.67	1.54	39.50	1.37	41.13	2.17	43.50	0.91	39.28	2.37
左	日本	36.84	1.50	37.06	1.86	38.19	1.32	39.60	1.40	41.17	1.09	42.17	1.85	40.71	3.92**
	韓国	34.90	2.56	37.86	1.50	38.75	1.86	39.26	1.32	40.33	1.42	42.50	1.73	38.79	2.59
腹囲 (cm)	右	74.34	2.99	76.41	3.23	80.20	4.39	82.23	6.03	87.85	6.36	96.03	6.06	87.97	14.10**
	韓国	71.80	4.75	78.81	1.86	76.67	3.84	80.84	0.99	87.25	2.99	92.13	4.21	89.55	6.53
背囲 (cm)	右	90.16	3.99	91.78	2.73	94.43	5.01	97.84	2.02	100.35	3.23	105.02	3.72	100.04	9.19**
	韓国	91.50	1.41	94.29	1.63	94.75	1.21	97.33	1.44	101.38	1.89	103.87	2.02	96.71	4.03
体脂肪率 (%)	右	14.90	3.17	13.05	2.03	14.58	2.40	14.41	2.71	18.21	3.42	23.56	6.46*	18.69	7.21**
	韓国	15.29	4.50	12.47	0.99	13.52	2.39	12.84	1.40	14.83	1.59	15.90	3.27	13.79	2.54
ローレル指数 (得点)	右	141.70	6.35	144.74	10.39	144.83	11.64	148.48	12.50	164.29	13.39	180.34	22.01	164.34	30.20**
	韓国	144.21	7.86	153.67	7.41	135.31	15.61	149.96	6.67	157.41	5.70	158.24	14.54	149.33	11.88

Significance: *p<0.05, **p<0.01

手にあまり大きな差は認められないが上半身の形態面では、やや東海大学が優っていたように思われた。

体脂肪率は全体的には東海大学が18.69%、龍仁大学が13.79%で有意の差が見られた ($p < 0.01$)。これは東海大学の重量級が多かったためと思われる。階級別に見ると、-95kg級 ($p < 0.05$) で東海大学が有意に大きかった他は有意の差は認められなかった。しかし、-60kg級の他はすべて東海大学の方が大きな値を示す傾向があり、特にそれは階級重量が増すにつれて顕著であった。以上のことから東海大学の重量級選手は今後体脂肪率を少なくするように心掛ける必要があると思われる。

3. 体力及び運動能力について

体力及び運動能力の測定結果を表4に示した。

垂直跳びは平均値では-95kg級を除く他の各階級で東海大学が大きな値を示し、-65kg級と-78kg級において東海大学が有意 ($p < 0.05$) に大きな値を示した。-95kg級についてはその逆の傾向がみられ、それは体脂肪率が東海大学が23.56%であるのに対し、龍仁大学は15.90%であったためと考えられる。

握力については、階級別にみると-65kg級、-71kg級、-78kg級 ($p < 0.01$) で東海大学が優っていた。

ベンチプレスにおいても、-86kg級を除く全てにおいて東海大学が有意に大きな値を示した ($p < 0.05$)。背筋力、スクワット及びハイクリーンにおいてはほとんど差がみられず、背筋力では-95kg級、ハイクリーンでは-71kg級 ($p < 0.05$) で東海大学が有意に大きい値を示したにとどまった。

このように筋力的に両グループを比較したところ、上肢の筋力において東海大学が優っている傾向にあることがわかった。

100m走では-65kg級で、400m走では-86kg級を除くすべての階級で、1500m走では-95kg級において有意 ($p < 0.01$) の差が見られ、東海大学が

優っていた。このように走能力的については東海大学が優っていた。これは東海大学においてはトレーニングとして週2~3回の走運動を行っている結果と言えよう。

立位体前屈、伏臥上体反らしは、全体で比較してみると龍仁大学が有意 ($p < 0.01$) に優っており、柔軟性については龍仁大学が優っていた。

以上のように、体力及び運動能力から両国選手を比較してみると、上肢の筋力についてはやや東海大学が優っていたといえる。龍仁大学の選手は、東海大学の選手より上肢の筋力が劣っているにもかかわらず、得意技として半数近い者が上腕に負担のかかる背負投を挙げていることから、上肢の怪我が多いのではないかと考えられる。

IV. 結 論

本研究では、東海大学男子柔道部員と龍仁大学(韓国)男子柔道部員の得意技、怪我の部位、体力および運動能力について比較検討した。結果は次のとおりである。

1) 最も得意とする技は、両大学とも背負投であり、東海大学では約20%、龍仁大学では約47%であった。すなわち、担技が中心になっていた。

2) 怪我によって稽古を1カ月休んだ事のある者の、最も多い怪我の箇所は東海大学では膝で約45%、次に肩の約23%であったのに対して、龍仁大学では肩が最も多く約41%、次に肘の約30%で、上肢に集中していた。

3) 形態的には、両国選手にあまり大きな差は認められなかったが、上半身の頸囲、胸囲、上腕囲、前腕囲においてやや東海大学が優っているように思われた。

4) 筋力については、握力、ベンチプレスといった上肢の筋力において東海大学が優っており、走能力についても東海大学が優っている傾向があった。柔軟性においては逆に龍仁大学が優っていた。

表4 階級別体力および運動能力測定結果
Table 4 Physical strength and capacity for athletic sports

	国 別	～60kg級		～65kg級		～71kg級		～78kg級		～86kg級		～95kg級		全 体	
		平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD	平均値	SD
垂直跳 (cm)	日本	57.50	4.50	63.89	8.24*	63.29	5.17	63.80	8.43*	58.60	5.25	56.11	5.71	58.53	8.38
	韓国	49.20	9.55	56.14	3.67	62.17	10.76	56.11	6.31	54.50	2.65	58.75	8.54	56.53	7.84
握力 (kg)	右	48.13	3.14	54.00	4.80**	58.64	6.47**	57.82	4.40**	59.73	5.75	54.90	4.25	57.96	7.28**
	左	37.60	11.70	47.42	3.31	47.67	8.43	49.44	3.21	55.50	8.74	54.25	4.92	48.31	8.10
	日本	45.94	3.46	51.50	5.24	54.84	7.65	56.77	5.73*	56.86	5.73	57.10	5.17	55.83	7.52**
	韓国	38.80	10.40	46.29	3.99	48.17	8.47	50.56	4.07	52.00	2.16	54.00	7.07	48.36	7.44
背筋力 (kg)	日本	151.50	19.43	168.50	22.22	183.88	27.36	170.73	17.62	186.40	26.46	185.78	9.64*	178.78	24.56
	韓国	141.60	40.53	160.17	24.42	164.00	38.18	167.44	25.71	170.00	20.41	167.75	13.96	161.33	28.95
立位体前屈 (cm)	日本	13.07	5.43	16.43	7.92	13.08	6.67	8.27	5.84**	16.50	7.21	10.24	3.30**	12.44	7.13**
	韓国	20.70	8.93	18.57	3.31	18.17	3.97	16.94	2.54	22.83	4.91	18.13	2.93	18.56	4.59
上体反らし (cm)	日本	48.79	9.69	55.00	6.96	51.69	7.43**	55.05	10.70	56.06	12.33	56.56	8.59	54.10	9.17**
	韓国	58.20	4.38	60.29	3.35	58.33	3.01	59.56	10.35	64.75	15.73	63.25	9.07	60.28	7.93
100m走 (秒)	日本	13.82	0.66	13.26	0.45**	13.70	0.40	13.95	0.50	14.02	0.87	13.88	0.84	13.85	0.69*
	韓国	16.25	2.36	14.16	0.33	14.11	0.94	14.34	1.31	14.39	0.60	13.82	1.10	14.44	1.39
400m走 (秒)	日本	64.15	4.29*	61.04	2.35**	65.48	5.26**	64.84	3.95**	65.75	0.21	70.78	7.39*	65.61	5.64**
	韓国	86.42	13.97	77.19	4.27	75.88	5.70	75.48	6.26	76.73	11.05	85.75	6.69	78.53	8.77
1500m走 (秒)	日本	331.50	29.03	338.25	24.39	338.00	14.14	347.29	15.80	360.00	32.78	322.50	10.61**	357.21	46.50*
	韓国	413.40	75.86	366.67	41.70	395.50	63.49	362.75	34.48	372.75	37.61	397.50	10.47	383.15	48.26
ベンチプレス (kg)	日本	92.14	3.93*	102.50	13.89*	106.25	13.67*	109.38	16.78*	110.00	19.46	123.33	12.11*	111.47	19.42**
	韓国	60.00	16.58	87.86	6.99	78.33	18.07	91.67	6.12	98.75	4.79	98.75	19.31	85.83	16.80
スクワット (kg)	日本	100.00	7.07	114.17	14.63	126.43	20.35	115.83	13.57	135.00	19.15	130.00	12.25	121.76	19.44
	韓国	82.00	20.49	115.71	11.34	105.00	24.29	124.44	13.33	141.25	16.52	132.50	20.62	115.97	23.74
ハイクリーン (kg)	日本	67.86	9.94	74.00	8.94	86.11	10.24*	83.57	8.02	87.50	5.24	90.00	8.16	81.43	10.90
	韓国	58.00	17.89	71.43	3.78	70.00	10.95	78.89	3.33	88.75	12.50	82.50	11.90	75.14	13.50

significance: *p<0.05, **p<0.01

参考文献

- 1) 柏崎克彦他：国際武道大学柔道部部員、全日本強化選手、東海大学柔道部部員の形態及び運動能力の比較研究 国際武道大学研究紀要、第1号、p. 1-7、1958。
- 2) 西林賢武他：柔道強化選手の身体特性について—指数からみた日本選手と韓国選手の比較—武道学研究、Vol. 19、No. 2、p. 39-40、1986。
- 3) 佐藤行邦他：韓国柔道強化選手の身体特性について—わが国の強化選手との比較—武道学研究、Vol. 19、No. 2、p. 37-38、1986。
- 4) 上口孝文他：韓国柔道選手の体力の構造 武道学研究、Vol. 19、No. 2、p. 33-34、1986。
- 5) 高橋邦郎他：柔道選手の身体特性について—嘉納杯国際柔道大会参加選手の形態指数による比較—日本体育協会スポーツ科学研究報告集、Vol. 1、No. 2、p. 164-171、1988。
- 6) 高橋邦郎他：柔道選手の身体特性について—日本選手と韓国選手の比較—日本体育協会スポーツ科学研究報告集、Vol. 1、No. 2、p. 15-31、1986。
- 7) 石井兼輔他：ソ連柔道選手の筋力特性 国際武道大学研究紀要、第4号、p. 1-3、1988。
- 8) 石井兼輔他：ソ連柔道選手の筋力特性(第2報) 国際武道大学研究紀要、第5号、p. 1-6、1989。
- 9) 藤田真郎他：ビルマ柔道選手の体力について 武道学研究、Vol. 20、No. 2、1987。
- 10) 高木長之助他：韓国の大学柔道選手と日本の大学柔道選手の基礎体力の比較 武道学研究、Vol. 19、No. 2、p. 35-36、1986。

スポーツ選手における糖質摂取を 主体とした減量法の検討

——柔道選手の稽古終了直後の糖質補給が身体組成
および最大無酸素パワーに及ぼす効果——

寺尾 保 (医学部生体構造機能系生理科学) 山下 泰裕 (体育学部武道学科)

並木 和彦 (体育学部非常勤講師) 三田 信孝 (体育学部社会体育学科)

越野 忠則 (国際武道大学職員) 中西 英敏 (体育学部武道学科)

白瀬 英春 (体育学部武道学科) 佐藤 宣践 (体育学部武道学科)

小村 渡岐磨 (体育学部体育学科) 中野 昭一 (医学部生体構造機能系生理科学)

Evaluation of weight reduction with carbohydrate modification
in sports athletes: effects of ingestion of carbohydrate solution
immediately after exercise on body composition and maximal
anaerobic power in judo athletes

Tamotsu TERAO, Yasuhiro YAMASHITA,
Kazuhiko NAMIKI, Nobutaka MITA,
Tadanori KOSHINO, Hidetoshi NAKANISHI,
Hideharu SHIRASE, Nobuyuki SATO,
Tokimaro OMURA, and Shoichi NAKANO

Abstract

The present study was aimed at demonstrating the effects of ingestion of carbohydrate solution (maltodextrin; 1.5g/kg) immediately after exercise during body weight reduction on body composition, physical working capacity (maximal anaerobic power), and subjective symptoms of the sensual fatigue (SF) in 6 male members of Tokai university Judo team.

Results showed that the percentage of decrease in B. W. (weight during training - weight during reduction/weight during training \times 100) was significantly ($r=0.87$, $p<0.01$) correlated with the amount of decrease in lean body mass (LBM, training period - reduction period). The average energy intake per day was 2636 kcal in first one week and 1849 kcal in last one week during the weight reduction, a difference of energy intake was 787 kcal per day. The average weight reduction was 3.7 kg in body weight, and the loss in the body fat was greater than that in the lean body mass (LBM). The maximal anaerobic power was no tendency to decrease during weight reduction. The level of SF had unremarkable changes during weight reduction.

It is thus suggests that ingestion of carbohydrate (maltodextrin solution) immediately after exercise during body weight reduction may be effective to prevent loss in LBM and physical capacity, and it also might be useful in the weight control of the Judo athletes.

I. 緒 言

スポーツにおける減量の一般的な手段としては、食事制限、特に糖質制限に加えて飲水制限、さらには、減量着を用いながらの運動やサウナなどによる脱水から体重の減少を行っている。体重階級制のスポーツ選手は、競技会で本来の力を発揮するために、トレーニング期に蓄えた筋肉グリコーゲンを減量期でも維持し、除脂肪体重（以下、LBM）を減少させることなく脂肪量を減少させ、かつ運動能力も低下させないで、しかも良好なコンディションの状態に競技会に臨むようにすることが理想的であろう。

私たちは、柔道選手の競技力向上を目的としたトレーニング期および減量期における栄養補給が身体組成および運動能力に及ぼす効果について検討を行ってきている。既に前報¹⁾では、減量期では、当然ながら糖質摂取が著明な減少を示すが、身体的および精神的側面から減量期でも糖質摂取の減少を最小限に防ぐことが競技力向上の一翼を担うであろうことを報告した。

従来、糖質の少ない食事を摂取した場合、筋肉グリコーゲンの回復がきわめて遅いことが報告されている²⁾。さらに、糖質を制限し、筋肉グリコーゲンを枯渇した状態において運動を行った場合には、汗中における尿素窒素排泄の著明な上昇がみられ、体内の蛋白質の損失が著しく増大することが報告されている³⁾。したがって、筋蛋白質の保持のためには、蛋白質摂取のほかに、十分な糖質の補給が重要であるといえよう。また、減量時などによるみられる極端な糖質摂取の制限は、前述のような筋肉グリコーゲン貯蔵量の減少はもとより、筋蛋白質の損失、さらに除脂肪体重(LBM)の減少にまで引き起こしてることが考えられる。これらのことは、減量期における適切な糖質補給について十分な検討がなされるべきである。さらに、糖質補給で重要なことは、1日の摂取量はもとより、糖質の種類⁴⁾や補給時間⁵⁾が問題であり、運動終了における糖質補給の遅れが筋肉グリ

コーゲンの回復に大きな影響を及ぼすことが報告されている⁶⁾。

そこで、本研究は、前述の糖質補給のタイミングおよび糖質の種類を考慮して、実際の体重別試合に出場する大学柔道選手を対象に、減量期における糖質摂取を主体とした減量法を検討する目的で、稽古終了直後の糖質補給が身体組成、最大無酸素パワーおよびコンディショニングにどのような効果を与えるかについて追究した。

II. 実験方法

1. 対象者

調査対象は、1994年度の第6回全国体育系学生柔道体重別選手権大会に出場した東海大学柔道部に所属する選手、6名を被験者とした。被験者の身体特性は、表1に示した。

2. 調査期間と調査方法

調査期間は、体重別試合前の2週間にわたって行った。調査方法とエネルギー摂取量の算出方法は、栄養調査のアンケート用紙（日本体力医学会プロジェクト、食生活の科学選定）を用い、タイムスタディーと1日の食餌内容を記載させ、食品名と数量をチェックした上で、ヘルスメイクプログラム Ver 4.0（ヘルスメイクシステム研究所）により分析を行った。

3. 減量法

今回の減量法については、減量期間中における稽古終了直後に糖質として20%マルトデキストリ

表1 被験者の身体的特性
Table 1 Physical characteristics of subjects(judo)

	階級(kg)	身長(cm)	体重(kg)	体脂肪率(%)
Y.S.	-65	169.0	70.8	19.2
K.Y.	-71	167.1	73.8	13.4
O.O.	-71	173.2	72.8	13.5
M.H.	-78	170.1	79.5	19.5
N.U.	-78	171.0	82.0	15.0
T.M.	-78	175.0	79.8	20.8

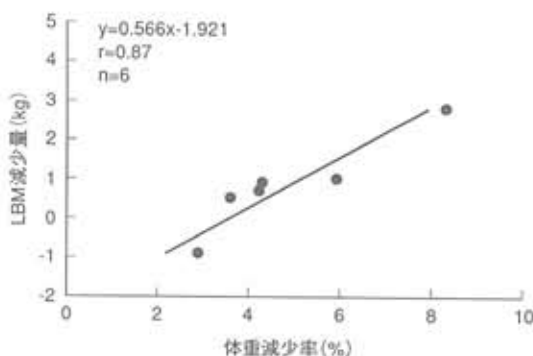


図1 体重減少率とLBM減少量の関係

Fig. 1 Relationship between percentage of decrease in body weight (weight during training-weight during reduction/weight during training×100) and amount of decrease in lean body mass (LBM, training period-reduction period)

ン溶液 (0.5%のクエン酸を含む) を体重1kg当たり1.5gを目標に補給させるとともに、テーパリングにより主にトレーニング量を漸次、減少させていった。さらに、今回の減量は、飲水の制限や脱水による体重減少を極力避けるように指導した。3食の食事および間食に関しては、特に規制せずに、選手自身がこれまでの経験に基づいて自由に摂取させた。減量期間中、実際に糖質摂取状況を把握するため、個人的に面接を行ったり、栄養摂取調査表でチェックした。

4. 身体組成の測定

減量前および試合当日の計量前の早朝空腹時(午前6時)に体重と身体組成の測定を行った。身体組成の評価は、Bioelectrical Impedance analysis (BI法)の体脂肪測定装置(セルコ社製SIF-891)を用いて求めた。測定方法は、中塘らの報告^{9,10)}を基にして行った。

5. 最大無酸素パワーの測定

減量前および試合前日に最大無酸素パワーの測定を行った。測定方法は、電磁ブレーキ式の自転車エルゴメーター(コンビ社製、パワーマックス)を用いて、120秒間の休息をはさんで10秒間の全力ペダリングを都合3回繰り返すことで最大無酸素

パワーを測定した。

6. 疲労の自覚症状調査

「自覚症状しらべ」の調査表(日本産業衛生学会)⁹⁾を用いて、減量前および試合当日の計量前の疲労感についても調査した。さらに、減量期の睡眠についても調査した。

7. 統計学的処理

柔道選手の減量前および減量期の各測定項目について、それぞれ平均値と標準偏差を求めた。平均値の差の検定は、paired t-testにより、相関関係はピアソンの相関分析により検討した。統計処理の有意水準は、いずれの場合も5%以下とした。

III. 実験結果

1. 体重減少率とLBM変化量の関係

図1に体重減少率(減量分をトレーニング期の体重で除した値)とLBM変化量(減量前の値-試合当日の値)の関係を示した。体重減少率は、3.6~8.3%の範囲にあった。体重減少率とLBM変化量との関係は、実線で示したように直線となり、有意の相関($r=0.870$, $p<0.01$)を示した。

2. 減量期の2週間における平均1日当たりのエネルギー摂取量と体重1kg当たりの糖質摂取量

図2に減量期前半および後半における平均1日当たりのエネルギー摂取量および体重1kg当たりの糖質摂取量を示した。エネルギー摂取量は、減量期前半の平均が1日当たり2636kcalであり、後半の平均が1日当たり1849kcalで、前半と後半では平均1日当たり787kcalの減少が認められた。平均1日に体重1kg当たりの糖質摂取量は、減量前半において5.3gで、後半が4.1gとなり、前半と後半では平均1.2gの減少を認めた。

3. 減量前および減量期における体重と身体組成の変化量

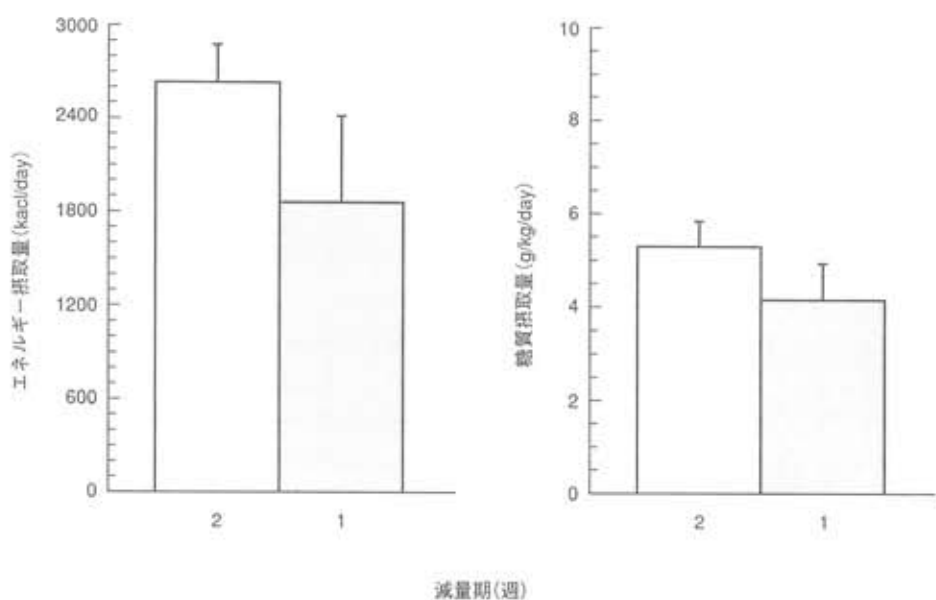


図2 減量期における1日当たりのエネルギー摂取量と体重1kg当たりの糖質摂取量の変動
 Fig. 2 Changes in energy intake per day and carbohydrate intake per kilogram per day during weight reduction in Judo athletes

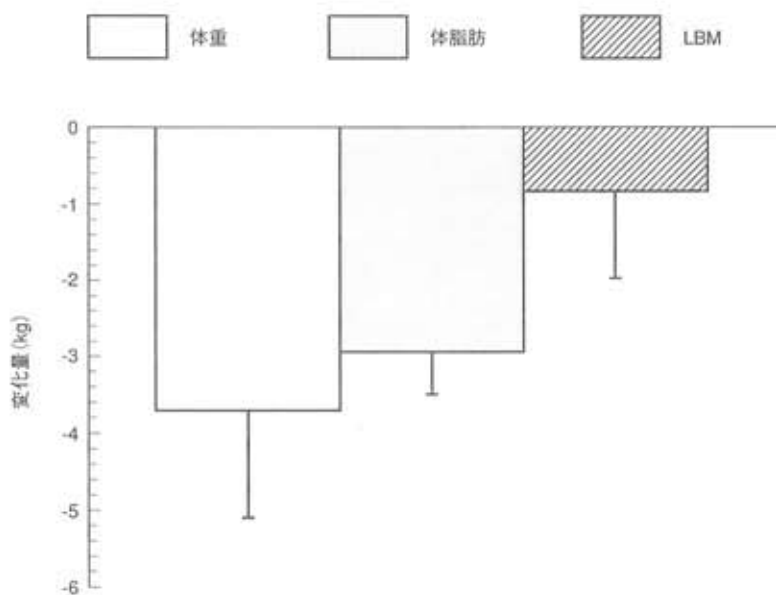


図3 減量期における体重と身体組成の変化量
 Fig. 3 Changes in body weight and body composition during weight reduction in Judo athletes

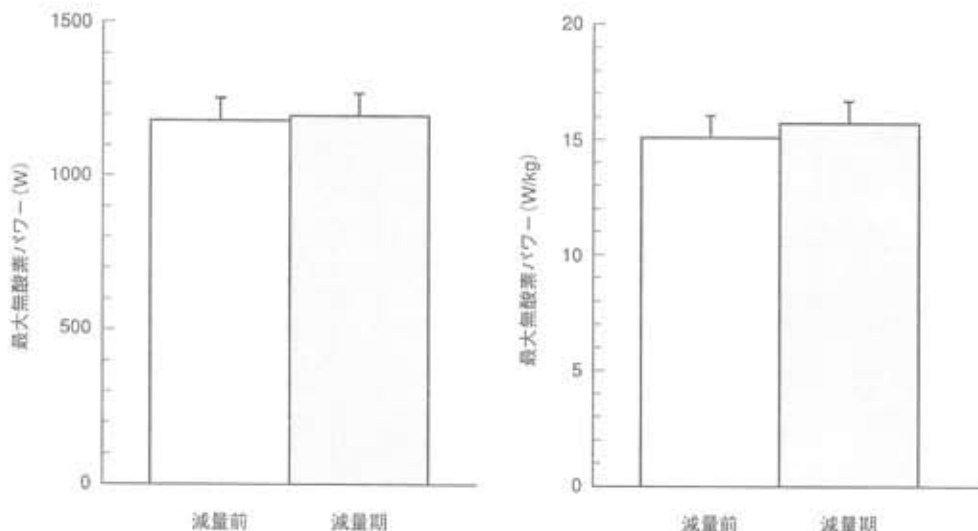


図4 減量期における最大無酸素パワーの変動
Fig. 4 Changes in maximal anaerobic power during weight reduction in Judo athletes

減量前と減量期における体重と身体組成の変化量を図3に示した。減量前と試合当日の体重は、平均3.7kgの減少であった。身体組成は、LBMの減少が0.8kgと少なく、逆に、体脂肪量の減少が2.9kgと著明になる傾向を示した。

4. 減量前および減量期における最大無酸素パワーの変動

図4に減量前と減量期における最大無酸素パワーの変動を示した。最大無酸素パワーは、減量前と減量期で著明な差が認められなかった。

5. 減量前および試合当日の疲労感

表2に減量前および試合当日における疲労の自覚症状訴え率を示した。減量前では、I群「ねむけとだるさ」およびIII「局在した身体違和感」がそれぞれ平均訴え率1.7%であり、全体の訴え率としては1.1%の値を示した。試合当日では、I「ねむけとだるさ」が3.3%、II「注意集中の困難」が5.0%となり、III「局在した身体違和感」が8.3%で、全体の訴え率としては、5.5%の値を示した。

減量期の睡眠については、「よく眠れる」が82%

表2 減量前および試合当日の疲労感

Table 2 Symptoms of sensual fatigue before competition in Judo athletes

群	項目	期間	
		減量前	試合当日
I	ねむけとだるさ	1.7	3.3
II	注意集中の困難	—	5.0
III	局在した身体違和感	1.7	8.3
TOTAL		1.1	5.5

で、「眠れない」が18%であった。

IV. 考 察

本研究は、減量期における糖質摂取を主体とした減量法を検討する目的で、実際の体重別試合に出場する大学柔道選手を対象に、減量期の稽古終了直後に糖質を補給した場合、身体組成、最大無酸素パワーおよびコンディショニングにどのような効果を与えるかについて検討した。

体重階級制のスポーツ選手は、自分の正常な、あるいはトレーニング期の体重よりも低いレベルの階級で競技を行うのが習慣になっている。この

減量の割合、すなわち体重減少率は、競技によっても多少異なることが、通常3~10%^{4,17)}が最も一般的であり、本研究の柔道選手もこの範囲内であった。体重減少率とLBM減少量との関係は、有意な相関が認められ、体重減少率の高い選手ほどLBMの減少量も大であった。しかし、今回のLBMの変動は、選手自身がこれまでの経験に基づいて行った減量（主にご飯やパンなどの穀類や飲水の制限）¹⁸⁾に比較して、同じ8%程度の減少率をみても低下度が少なかった。

柔道選手のエネルギー摂取量に関しては、減量期前半の1週間の平均が1日当たり2636kcalで、後半が平均1日当たり1849kcalであり、前半と後半では787kcalの減少が認められた。減量食の最小限のエネルギー摂取量は、蛋白質、ビタミン、ミネラルなどが十分に調整された上で、1日当たり1200~2400kcalとすることが報告されている¹⁾。また、通常の1日におけるエネルギー摂取量よりも500~1000kcal少ない程度では、水、電解質、ミネラルや他の除脂肪組織の減少は小さく栄養失調を引き起こすことはほとんどないことも報告されている²⁾。これらの結果を考慮に入れると、平均1日当たり1849~2636kcalの摂取量は、減量期の値としては適正な範囲にあり、特に、生理機能および運動能力に悪影響を及ぼすような値でないことが示唆されよう。

一般的な減量の手段としては、食事制限、特にご飯やパンなどの穀類の制限に加えて飲水の制限と減量着を用いながらの運動、サウナなどによる脱水が主である。この方法では、エネルギー摂取量の減少とともに、糖質の摂取量も激減してしまうことになる。糖質の補給が不十分である場合、次の稽古は、通常レベルよりも貯蔵のグリコーゲンが低い状態で行われなければならない、当然のことながら筋肉グリコーゲン量の限界に至るまでの時間も短くなり、達成されるべき稽古の質および量とも低く抑えられることになろう。仮に、このようなことを減量期間中、何日も続けていると、トレーニング期の筋グリコーゲンレベルを保持することが困難となり、運動能力をも減退させ、

明らかに試合において対戦相手に有利な条件を与えてしまうことになる。減量期に筋肉グリコーゲンの減少を最小限に防ぐためにも糖質の補給が重要な役割を果たしている。しかし、減量期における1日に最適な糖質摂取量は、トレーニングの程度、運動強度および運動時間などによって異なることから、未だ十分に確立している標準値が存在していないのが現状である。そこで、私たちは、1993年以来、減量期においても糖質補給の重要性^{11,12)}を検討してきており、前報¹³⁾では、テーピングを用いたことも考慮に入れると、1日の糖質摂取量を体重1kg当たり5gに調整した減量法は、体重を減少させることに比較的簡単になり、LBMの減少を最小限に防ぐことのできる可能性のあることが考えられた。さらに、糖質の補給で重要なことは、稽古終了後に補給した糖質がいかに効率よく速やかに筋肉グリコーゲンとして補充されることができるとである。これには、糖質の1日の摂取量はもとより、その補給時間¹⁴⁾、さらには、補給する糖質の種類¹⁵⁾なども問題となってくるところである。激しい稽古を行った後、筋肉のグリコーゲンに対する要求が亢進しているときに糖質を補給することにより、効率よく筋肉内にグリコーゲンを蓄積するであろうことが考えられる。したがって、糖質の補給を稽古終了後、数時間もおいて行ったのでは筋肉グリコーゲンの回復過程から考えても効率が悪くなることが考えられた。したがって、本研究のように、1回1回の稽古状況に応じて、その都度運動終了直後に糖質を補給することも必要になってこよう。

減量期における身体組成は、LBMの減少が極端に少なくなり、体脂肪の減少が著明に多くなる傾向を示した。LBMの減少に関しては、体蛋白質の過剰な分解と体水分の損失の両方か、またはそのいずれかであることが推定される。減量期に極端な糖質摂取量の制限による体重減少は、筋肉グリコーゲン貯蔵量の減少はもとより、筋蛋白質の損失、さらには、LBMの減少にまで関連してくることが考えられる。減量期における身体組成の変動は、糖質の摂取量、さらには、糖質補給のタイ

ミングなどによっても異なってくることを示唆された。本研究の稽古終了直後に糖質を補給する減量法は、体重を減少させることが比較的簡単になり、LBMの減少を最小限に防ぐことのできる可能性のあることが考えられた。

柔道選手に要求される運動能力の要素の1つとして最大無酸素パワーが挙げられる。減量前と減量期における最大無酸素パワーでは、著明な差が認められなかった。最大無酸素パワーの変動については、前述のLBMと密接な関連があり、このLBMに改善がみられたことから説明できよう。これらのことから、今回の稽古終了直後の糖質補給による減量法は、最大無酸素パワーの観点からみて、有効であったことが考えられよう。

試合当日における疲労の自覚症状訴え率は、I群「ねむけとだるさ」が3.3%、II群「注意集中の困難」が5.0%となり、III群「局在した身体違和感」が8.3%で、全体の訴え率としては、5.5%と低い値を示した。スポーツ選手では、糖質摂取を制限して、激しいトレーニングを行わせると、無気力感や、憂うつでいらついた気分になることが報告されている¹⁰⁾。減量期間中、これまで何度も悩まされた脱力感、疲労感等の訴えがあった減量¹⁰⁾とは異なり、本研究では、睡眠を妨げることなく、疲労の自覚症状の訴えも少なくなり、良好なコンディションの状態ですべて試合に臨むことができた。これらの結果は、身体的および精神的側面からも稽古終了直後に糖質を補給する減量法の重要性が考えられた。

以上、本研究の結果から、減量期における稽古終了直後の糖質（マルトデキストリン溶液）補給は、LBMの減少および運動能力の低下、さらには脱水などを最小限に防ぐことに通じるものと考えられた。本研究の減量法は、柔道選手の減量手段としては有効であると示唆された。

V. ま と め

本研究は、実際の体重別試合に出場する大学柔道選手を対象に、減量期の稽古終了直後に糖質を

補給した場合、身体組成、最大無酸素パワーおよびコンディショニングにどのような効果を与えるかについて検討した。

これからの成績を示すと次のごとくである。

- 1) 体重減少率とLBM減少量の関係は、有意な相関($r=0.870$ 、 $p<0.01$)が認められた。
- 2) エネルギー摂取量は、減量期前半の平均が1日当たり2636kcalであり、後半の平均が1日当たり1849kcalで、前半と後半では平均1日あたり787kcalの減少が認められた。
- 3) 1日に体重1kg当たりの糖質摂取量は、減量前半において5.3gで、後半が4.1gとなり、前半と後半では平均1.2gの減少を認めた。
- 4) 減量前と試合当日の体重は、平均3.7kgの減少であった。身体組成は、LBMの減少が0.8kgと少なく、逆に、体脂肪量の減少が2.9kgで著明になる傾向を示した。
- 5) 最大無酸素パワーは、減量前と減量期で著明な差が認められなかった。
- 6) 疲労の自覚症状訴え率は、減量前がI群「ねむけとだるさ」およびIII「局在した身体違和感」がそれぞれ平均訴え率1.1%の値を示した。試合当日は、I群「ねむけとだるさ」が3.3%、II群「注意集中の困難」が5.0%となり、III群「局在した身体違和感」が8.3%で、全体の訴え率としては、5.5%の値を示した。

以上、本研究の成績から、減量期における稽古終了直後の糖質補給は、LBMの減少および運動能力の低下、さらには脱水などを最小限に防ぐことに通じるものと考えられた。本研究の減量法は、柔道選手の減量手段としては有効であると示唆された。

終わりに、本研究にご協力下さいました東海大学柔道部員の方々に深く感謝致します。

参考文献

- 1) American College Sports Medicine: Weight loss in wrestlers. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 8(2): xi-xiii, 1976.
- 2) American College Sports Medicine: Proper and improper weight loss program. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 15: ix-xiii, 1983.
- 3) Bergstrom, J., Hermansen, L., Hultman, E., Saltin, B.: Diet, muscle glycogen and physical performance. *Acta Physiol. Scand.*, 71: 140-150, 1967.
- 4) Brownell, K. D., Nelson Steen, S. N. and Wilmore, J. H.: Weight regulation practices in athletes: analysis of metabolic and health effects. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 19: 546-556, 1987.
- 5) Costill, D. L., and Miller, J. M.: Nutrition for endurance sport: carbohydrate and fluid balance. *Int. J. SportsMed.*, 1: 2-14, 1980.
- 6) Ivy, J. L., Katz, A. L., Cutler, C. L., Sherman, W. M., and Coyle, E. F.: Muscle glycogen synthesis after exercise: Effect of time of carbohydrate ingestion. *J. Appl. Physiol.*, 64: 1480-1485, 1988.
- 7) Lemon, P. W. R. and Mullin, J. P.: Effect of muscle glycogen levels on protein catabolism during exercise. *J. Appl. Physiol.* 48: 624-629, 1980.
- 8) 武藤孝司: 疲労自覚症状調査、保健の科学、33: 686-691、1991。
- 9) 中塘二三生、田中喜代次、羽間悦雄、前田如矢: 姿勢の違いが Bioelectrical impedance analysis による体組成推定値に及ぼす影響、臨床スポーツ医学、7: 390-392、1990。
- 10) 中塘二三生、田中喜代次、羽間悦雄、前田如矢: Bioelectrical impedance Analysis による体組成評価における電極装着条件の影響、*Ann. Physiol. Anthropol.* 9: 109-114、1990。
- 11) 寺尾保: 大学スポーツ選手における栄養補給の現状と問題点、*J. J. Sports Sci.* 10: 331-335、1991。
- 12) 寺尾保、山下泰裕、白瀬英春、中西英敏、内藤佳津子、三田信孝、斉藤勝、佐藤宣践、小村渡岐磨、中野昭一: 大学柔道選手のトレーニング期における栄養補給と問題点について、東海大学スポーツ医科学雑誌、4: 11-21、1992。
- 13) 寺尾保、山下泰裕、張楠、並木和彦、内藤堅志、中西英敏、白瀬英春、佐藤宣践、小村渡岐磨、中野昭一: 糖質摂取を主体とした減量法の検討—柔道選手の身体組成および最大無酸素パワーに及ぼす効果—、東海大学スポーツ医科学雑誌、6: 21-27、1994。
- 14) 寺尾保、山下泰裕、張楠、杉浦克己、森山嘉夫、大崎久子、中野昭一: 激運動終了直後のラットに対する糖質投与が筋肉グリコーゲンの回復に及ぼす影響、*体力科学*、44(3)、1995。(印刷中)
- 15) Wootton, S.: スポーツ栄養学、小林修平監訳、南江堂。
- 16) 山下泰裕、寺尾保、張楠、三田信孝、内藤佳津子、中西英敏、白瀬英春、佐藤宣践、小村渡岐磨、中野昭一: 柔道選手のトレーニング期および減量期における栄養補給が身体組成と最大無酸素パワーに及ぼす影響、東海大学スポーツ医科学雑誌、6: 11-20、1994。
- 17) 万木良平: 急性減量による障害、*J. J. Sports Sci.*, 5: 855-863、1986。
- 18) Zhang, N., Terao, T., and Nakano, S.: Effect of time of carbohydrate ingestion on muscle glycogen resynthesis after exhaustive exercise. *Tokai J. Exp. Clin. Med.* 19: 1994。(印刷中)

男子大学スポーツ選手の 負荷テスト心電図所見と形態的特徴

——高身長・高体重者にみられた心電図異常について——

三田 信孝 (体育学部社会体育学科)

田村 修治 (体育学部体育学科)

内藤 堅志 (体育学部非常勤講師)

並木 和彦 (体育学部非常勤講師)

三神 美和 (医学部内科学)

荒川 正一 (東京歯科大学市川総合病院)

寺尾 保 (医学部生体構造機能系生理科学)

山並 義孝 (体育学部社会体育学科)

中野 昭一 (医学部生体構造機能系生理科学)

ECG Observations by Stress Test and Physical Characteristics for University Athletes of Male

——Abnormal ECG observations for male in tall height or over body weight——

Nobutaka MITA, Shyuji TAMURA,
Kenshi NAITOH, Kazuhiko NAMIKI,
Yoshikazu MIKAMI, Shoichi ARAKAWA,
Tamotsu TERAOKA, Yoshitaka YAMANAMI,
and Shoichi NAKANO

Abstract

The purpose of this study was to define characteristics and variants of freshmen of athletic club in a university from 1990 to 1993 with regard to resting ECG; controlled, graded, exercise testing by bicycle ergometer. The subjects were 388 first year university students of male. We were analysed about three groups classified from A to C by physique. A group was over 182 cm in height. B group was over 94kg in body weight. C group was over 182 cm in height and over 94 kg in body weight. The obtained results were as follows;

1. B and C groups were thicker skinfolds of fat in the trunk than A group.
2. B and C groups were higher percentage of fat in the body than A group.
3. B group was higher diastolic blood pressure in rest than A group.
4. 33.3% of ECG tracings in A group, 34.8% and 28.6% of ECG tracings in B and C groups were within normal limits.
5. Abnormal ECG tracings were higher percentage in C group.

I. はじめに

大学体育会系運動部新入部員の多くの者は、小学校・中学・高校の成長期に長年にわたって激しいトレーニングを行ってきた。このことは、運動をしていない者と比較して、筋肉の発達による体形的な面から見ると、各種目における種目特有の形態を形づくるとともに、呼吸循環機能においてはその能力が向上して現れる。一方、成長期の激しいトレーニングは、心筋に対しても何らかの影響を与えていることが考えられる。既に長年に渡ってスポーツ活動を行っていきたくてからと言って、今後のスポーツ活動時に、何らかの事故が起きることは無いとは言えない。

私たちは、1986年より、運動中の事故を無くし、スポーツ活動を安全に、そして効果的に行う事を目的として、本大学運動部新入部員を対象に運動負荷心電図測定を実施してきている⁶⁻¹¹⁾。

本研究は、1990年度から1993年度に男子学生に対して実施した運動負荷心電図の所見と同時に測定した形態的特徴及び生理機能との関連について見たものである。心電図上の異常所見者に対しては、全対象者の身長、体重の平均値と標準偏差をもとに、標準偏差を越える高身長者、高体重者に見られた心電図の特徴を検討したものである。

II. 方 法

1. 対象者

対象者は1990年度から1993年度に入学した男子学生388名であり、各運動部の内訳を表1に示した。柔道部員が108名と最も多く、次いでサッカー部員が94名で、この2つの運動部員で全体の過半数以上を占めている。

2. 運動負荷

運動負荷はモナーク社製自転車エルゴメーター(818E)、竹井社製自動車エルゴメーター(アクティブ10)を使用し、被験者に毎分50回転のペダリ

ングを行わせた。

負荷強度は、3分毎に心拍数に対応させて増加させる多段階漸増負荷であり、第3段階まではYMCA法により実施し、第4段階から目標心拍数に達するまでは、3分毎に150kgm/分ずつ増加させて運動を行わせた。

目標心拍数は、予測最大心拍数(220-年齢)の約85%とした。今回の被験者における目標心拍数は、約170拍/分であった。目標心拍数に達した後は、約30秒から1分間の心拍数の状況を観察し、完全に目標心拍数に達していることを確認してから運動負荷を中止させた。運動後は座位にて10分間の回復過程を観察した。尚、回復過程において心電図上に不整脈などの異常所見が認められた場合には、時間を延長して経過を観察した。

3. 心電図測定

心電図測定は、我々が従来より行ってきた方法⁶⁾により、実施した。心電図、仰臥位にて約30分間安静にした後に安静時記録を行った。記録は標準12誘導を1分毎に記録し、心電図変化はプログラム心電計 ECG-6206(日本光電工業社製)にて、心拍数、STレベル、STスロープの解析を行った⁹⁾。

4. 形態測定

形態に関しては、体重、利き腕側の上腕背部、肩甲骨下部、大腿部前面、腹部(臍横部)の皮下脂肪厚を計測した。体重はデジタル体重計(A&D社製)により、着衣を考慮して、50g単位まで測定した。

皮下脂肪厚は栄研式皮脂厚計(キャリバー型)を使用し、それぞれ3回の測定を行い平均値を求めた。上腕背部、肩甲骨下部の測定値から体密度法¹⁰⁾により、体脂肪率(%fat)を求めた。

5. 安静時血圧、最大酸素摂取量

安静時血圧は、デジタル血圧計 HEM-90(オムロン社製)を使用して、3回測定し平均値を求めた。

表1 各クラブ別にみた被験者の身体的特徴

Table 1 Physical characteristics of subjects by each sports club

club	soccer	handball	basketball	badminton	volleyball	boat	rugby	judo	total
Number of Subjects	94	23	41	12	46	22	42	108	388
age (years)	18.1 ±0.3	18.3 ±0.5	18.5 ±6.2	18.3 ±0.4	18.1 ±0.4	18.3 ±0.5	18.4 ±0.7	18.2 ±0.5	18.2 ±0.5
height (cm)	173.0 ±5.6	178.2 ±4.4	178.2 ±6.9	171.2 ±3.9	180.3 ±8.0	178.9 ±2.9	175.0 ±6.5	173.7 ±6.0	175.4 ±6.6
weight (kg)	66.8 ±6.1	72.3 ±9.7	68.9 ±6.4	60.1 ±5.2	73.7 ±7.9	74.4 ±4.6	78.2 ±12.1	86.9 ±20.6	75.2 ±15.1
skinfold triceps (mm)	8.8 ±2.7	9.3 ±4.9	8.3 ±2.2	6.8 ±2.4	8.8 ±3.7	10.9 ±3.4	11.9 ±6.0	10.7 ±6.8	9.7 ±4.9
skinfold subscapula (mm)	9.5 ±2.3	10.1 ±3.7	10.0 ±2.1	8.3 ±2.9	10.6 ±4.8	10.8 ±2.3	13.8 ±8.0	15.5 ±9.1	11.9 ±6.5
skinfold abdomen (mm)	9.9 ±4.4	11.6 ±7.0	10.7 ±3.4	7.8 ±3.7	10.3 ±7.1	13.8 ±6.7	15.0 ±10.2	16.6 ±10.9	12.7 ±8.4
skinfold thigh (mm)	8.9 ±2.3	11.3 ±4.2	10.3 ±2.8	9.6 ±4.5	9.1 ±3.9	14.0 ±3.9	12.4 ±6.1	9.9 ±3.1	10.3 ±4.1
% fat (%)	12.8 ±2.2	13.3 ±3.8	12.9 ±1.9	11.1 ±2.4	13.3 ±3.9	14.5 ±2.2	16.3 ±6.4	16.7 ±7.5	14.4 ±5.3
rest H. R. (beat/min)	65.9 ±9.5	66.8 ±9.6	67.9 ±8.2	61.8 ±10.7	68.8 ±9.9	69.6 ±9.7	65.4 ±8.6	63.8 ±8.3	65.9 ±9.3
B. P. H. (mmHg)	118.5 ±10.5	123.1 ±15.9	121.8 ±12.5	117.0 ±9.1	125.8 ±16.1	117.3 ±14.2	121.9 ±10.2	123.8 ±11.9	121.7 ±12.7
B. P. L. (mmHg)	65.8 ±9.3	66.9 ±12.0	58.7 ±9.7	54.7 ±12.4	66.2 ±16.1	65.4 ±12.1	65.0 ±9.3	68.0 ±13.6	65.3 ±12.4
VO ₂ max (ml/kg/min)	63.3 ±8.4	56.2 ±8.6	60.1 ±8.6	66.9 ±9.4	61.2 ±8.9	60.1 ±6.1	57.5 ±9.8	54.9 ±9.7	59.2 ±9.6

最大酸素摂取量は、各被験者の運動時の負荷強度とそのときの心拍数（3分目）をもとにオストランド法³⁾を用いて、体重1kg当たりの値を求めた。

III. 結果及び考察

1. 身体的特徴

今回の被験者388名について、各運動クラブ別の平均値及び標準偏差値を表1に示した。年齢についてみると、全体の平均及び標準偏差は、18.2±0.49歳であった。

1) 身長

身長は、全体が175.4±6.6cmであった。クラブ別に見ると、バレーボール部が最も高く180.3±8.0cmであり、次いでボート部が178.9±2.9cm、ハンドボール部が178.2±4.4cm、バスケットボール部が178.2±6.9cmの順であった。

2) 体重

体重は、全体が75.2±15.1kgであった。クラブ別では、柔道部が最も重く86.9±20.6kg、次いでラグビー部が78.2±12.1kg、ボート部が74.4±4.6kg、バレーボール部が73.7±7.9kgの順であった。

身長と体重は、同年代の標準値と比較して、有意に高い値を示していた。

3) 肥満度及び体脂肪率

身長と体重から肥満度を見ると(標準体重は(身長-100)×0.9で計算)を見てみると、ラグビー部と柔道部は正常範囲外(±10%以内)にあり、ラグビー部は+15.8%でやや肥満傾向、柔道部は+31.0%の肥満(20%以上が肥満)体型であった。

皮下脂肪厚から求めた体脂肪率についてみると、全体の平均は14.4±5.3%であった。クラブ別では柔道部が最も高く16.7±7.5%、次いでラグビー部が16.3±6.4%であり、他の種目と比較して高い傾

向にあった。

4) 皮下脂肪厚

皮下脂肪厚を体幹部と体肢についてみると、全体の平均では体幹部において肩甲骨下部が 11.9 ± 6.5 mm、腹部(臍横)が 12.7 ± 8.4 mmであった。体肢では上腕背部が 9.7 ± 4.9 mm、大腿部(前面)が 10.3 ± 4.1 mmであった。全体的には体幹部の方が体肢よりやや厚い傾向にあった。

クラブ別に見ると、体幹部において、肩甲骨下部は柔道部が最も多く 15.5 ± 9.1 mm、次いでラグビー部が 13.8 ± 8.0 mm、ボート部が 10.8 ± 2.3 mmの順であった。腹部は、同様に柔道部が 16.6 ± 10.9 mmと最も高く、次いでラグビー部が 15.0 ± 10.2 mm、ボート部が 13.8 ± 6.7 mmであり、他の種目と比較して厚い傾向が認められた。体肢については、大腿部においてボート部が最も厚く 14.0 ± 3.9 mm、次いでラグビー部が 12.4 ± 6.1 mm、ハンドボール部が 11.3 ± 4.2 mmの順であった。上腕背部においては、ラグビー部が 11.9 ± 6.0 mmで最も厚く、次いでボート部が 10.9 ± 3.4 mm、柔道部が 10.7 ± 6.8 mmの順であった。

皮下脂肪厚が薄いものとしては、サッカー部とバドミントン部であり、双方とも測定した4カ所の全ての部位において、平均値で10mm以下の厚さであった。

2. 高身長群、高体重群の身体的特徴

1) 高身長群

前述の全体の平均値において、身長では平均値+標準偏差=182cm以上を高身長群とした。高身長群者は、全被験者388名中51名(13.1%)であった。高身長群の身長の平均値は186.9cmであり、この群の体重の平均は86.0kgであった。

2) 高体重群

体重では身長と同様に平均値+標準偏差=90kg以上の者を高体重群とした。高体重群者は、全被験者388名中46名(11.9%)であった。高体重群の体重の平均値は108.0kg、この群の身長の平均値は179.3cmであった。

3) 高身長かつ高体重群

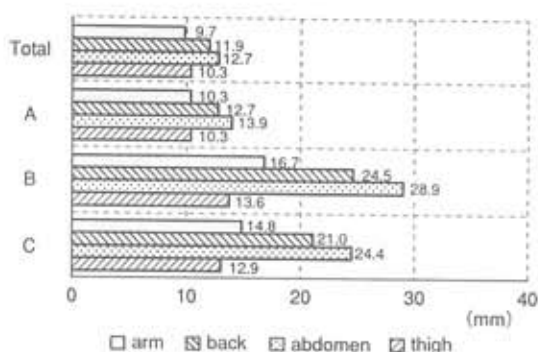


図1 身体的な大きさ別にみた各部位の皮下脂肪厚の平均値
Fig. 1 Average values of skinfolds for each body size
A: Group of over 182cm in height
B: Group of over 90kg in body weight
C: Group of over 182cm in height and over 90kg in body weight

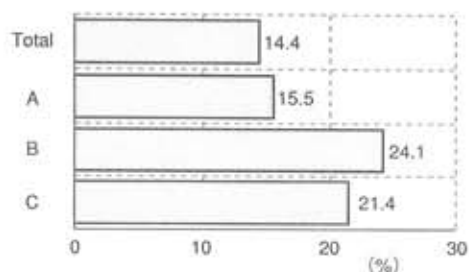


図2 身体的な大きさ別にみた体脂肪率の平均値
Fig. 2 Average values of percent body fat for each body size
A: Group of over 182cm in height
B: Group of over 90kg in body weight
C: Group of over 182cm in height and over 90kg in body weight

高身長かつ高体重群についてみると、全被験者388名中14名(3.6%)がこれに該当していた。この群の身長の平均は187.0cm、体重の平均は112.3kgであった。

今回の被験者において、身長の最高値は201cm、体重の最大値は140kgであった。

以上の3群について、各部位の皮下脂肪厚を見たものを図1に示した。皮下脂肪厚は全体及び各群とも、体肢よりも体幹部の方が厚い傾向にあった。高体重群と高身長かつ高体重群は、全体及び高身長群と比較して、有意(0.1%の危険率)に高い値を示していた。

さらに体脂肪率について見たものを図2に示した。図からも分かるように高体重群と高身長かつ

高体重群は、全体及び高身長群と比較して、有意(0.1%の危険率)に高い値を示していた。高体重群は24.1%、高身長かつ高体重群は21.4%であり、ともに一般的には肥満と判定される体脂肪率であった。

安静時血圧についてその平均値でみると、高体重群は130/70mmHg、高身長かつ高体重群は131/68mmHgであり、全体の平均121.7/65.3mmHg、高身長群の125/64mmHgと比較してやや高い傾向が認められた。最低血圧においては、高体重群が高身長群と比較して有意に高い(5%の危険率)結果であった。

運動時の負荷強度と心拍数から求めた最大酸素摂取量は、全体の平均が59.2ml/kg/min、高身長群が51.7ml/kg/min、高体重群が45.6ml/kg/min、高身長かつ高体重が48.7ml/kg/minであった。高体重群と高体重かつ高身長は全体、高身長群と比較して低い傾向が認められた。

3. 心電図結果

心電図については、運動前の安静時、運動負荷時、運動負荷後の回復過程に分けて解析した。

1) 大学入学前の心電図測定経験の有無と心電図結果

心電図測定前に、大学入学以前の心電図測定経験の有無を口頭によって調査したところ、経験し

ていなかった者は、388名中37名(13.3%)いた。この37名中、安静時、運動時、回復時とも、心電図結果が正常範囲内であった者は、13名(35.1%)であり、他の者24名(64.9%)は何らかの所見を認めた。その主な内訳は、複数の所見者を含むが、早期再分極が11名、心室内伝導遅延が7名、洞性徐脈が6名、心室性期外収縮が3名、左心室肥大、反時計回転がそれぞれ2名などであった。心室性期外収縮者は、安静時には認められなかったが、運動時に出現した者が1名、安静時、運動時、回復時とも出現した者が1名、安静時と回復時に出現した者が1名であった。

2) 安静時心電図正常者と運動負荷心電図結果(図3)

全体において、安静時に正常範囲内であった者は、388名中151名(38.9%)であった。このうち運動負荷によって、運動時、あるいは回復時に何らかの所見を認めた者が、8名(安静時正常者の5.3%)認められた。その主な内訳は、上室性期外収縮が3名、心室性期外収縮が2名、陰性T波、T波の平低下、P波逆転がそれぞれ1名であった。

3) 安静時、運動時、回復時全てに正常範囲であった者

安静時、運動時、回復時全てに正常範囲であった者は、143名(36.9%)であった。

全てに正常範囲内であった者の、身体的特徴に

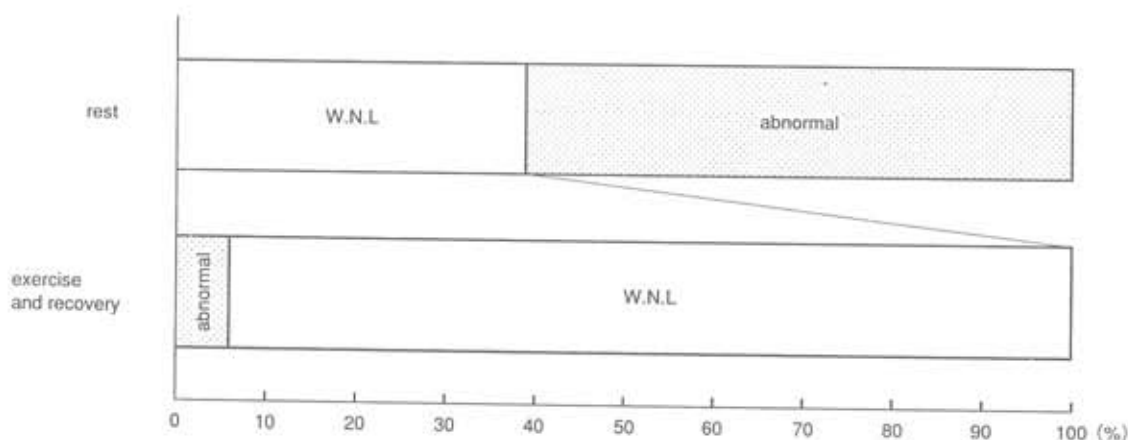


図3 正常範囲内と異常心電図の割合

Fig. 3 Percentage of within normal limits and abnormal E. C. G.

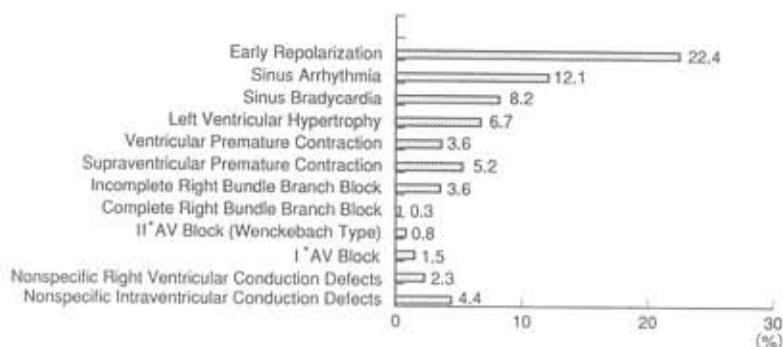


図4 異常心電図の割合
Fig. 4 Percentage of each abnormal E. C. G.

ついて平均値でみると、身長は175.2cm、体重は75.95kg、皮下脂肪厚は上腕背部10.5mm、肩甲骨下部12.7mm、腹部14.0mm、大腿部11.2mm、体脂肪率は15.3%、安静時心拍数67.5拍/分、安静時血圧123/66mmHg、最大酸素摂取量は57.1ml/kg/minであった。なお、後述する高身長・高体重者については、4名のみが全てに正常範囲であった。

4) 心電図異常所見者

心電図上に安静時、運動時、回復時のいずれかにおいて、何らかの所見を認めた者は、全体の245名(388名中の63.1%、以下同様)であった。

異常所見の主な内訳を図4に示した。これには複数所見者も含んで示してある。

スポーツ選手に多く認められる所見としてあげられる早期再分極が87名(22.4%)、洞性不整脈が47名(12.1%)、洞性徐脈が32名(8.2%)、左心室肥大が26名(6.7%)であった。これらの所見については、2つ以上の複数所見者が多く、早期再分極者中33名が複数所見者であった。さらに、洞性不整脈者では28名、洞性徐脈者では28名、左心室肥大者では17名が複数所見者であった。

次いで、刺激生成異常として、心室性期外収縮が14名(3.6%)、上室性期外収縮が20名(5.2%)に認められた。これらの所見も、複数所見が多く、心室性期外収縮では8名、上室性期外収縮では16名が、2つ以上の所見を認めていた。

刺激伝導異常としては、不完全右脚ブロックが

14名(3.6%)、完全右脚ブロックが1名(0.3%)、II度房室ブロックが3名(0.8%)、I度房室ブロックが6名(2.4%)、非特異的右室伝導遅延が9名(2.3%)、非特異的心室内伝導遅延が17名(4.4%)などであった。

刺激生成異常の心室性期外収縮者についてみると、安静時には認められなかったが、運動負荷によって出現した者が9名、安静時に出現していたが、運動負荷時には消失した者が5名認められた。上室性期外収縮では、安静時に認められなかったが、運動負荷によって出現した者が14名、安静時に出現していたが、運動時には消失した者が1名認められた。

5) 運動種目別に見た異常心電図の出現

各種目別に見た心電図結果を図5に示した。全てにおいて正常範囲内であった者と何らかの所見が認められた者の割合を見ると、異常心電図所見の出現が少ない種目としては、ラグビー部とボート部であり、それぞれラグビー部は45.2%が、ボート部は45.5%の者が有所見者であった。次いで、バレーボールは63.0%、サッカーは64.9%、柔道は65.7%であり、約6割強の者が有所見者であった。異常所見の多い種目としては、バスケットボール、バドミントン、ハンドボール部であり、それぞれ73.2%、75.0%、78.3%の異常心電図所見者であった。異常所見の多い種目についてみると、所見の多くは早期再分極、左心室肥大、洞性徐脈、洞性不整脈などスポーツ心臓を示唆するものであ

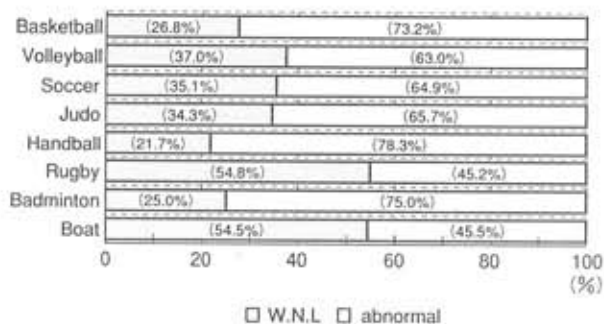


図5 クラブ別にみた正常範囲内と異常心電図の割合
Fig. 5 Percentage of normal and abnormal E. C. G. by each sports club

った。

6) 高身長群、高体重群、高身長かつ高体重群と心電図結果

形態的特徴別に見た心電図結果について、図6に示した。

(1) 高身長群と心電図所見

高身長群においては、安静時に正常範囲であった者が51名中19名いたが、運動負荷により所見が認められ、全てに正常範囲内者は17名(33.3%)であった。有所見者の主な所見は、早期再分極が9名、洞性不整脈が6名、洞性徐脈が4名、左心室肥大が3名、伝導遅延5名、房室ブロックが3名、上室性期外収縮が2名、心室性期外収縮が1名などであった。

(2) 高体重群と心電図所見

高体重群においては、全てに正常範囲内であった者が46名中16名(34.8%)認められた。主な有所見は、早期再分極が8名、洞性不整脈が5名、洞性徐脈が3名、伝導遅延が5名、左心室肥大、房室ブロック、上室性期外収縮が各1名、心室性期外収縮が3名認められた。心室性期外収縮については、2名が安静時に認められたが、運動時には消失しており、これは良性的なものと考えられる。他の1名は運動負荷により運動中に出現し、回復時においても多数観察されたことから、その後も年1回の定期的な経過観察を実施している。

(3) 高身長かつ高体重群

高身長かつ高体重群においては、全てに正常範

囲内であったものが14名中4名(28.6%)認められた。有所見者の主な所見は、伝導遅延が3名、早期再分極、洞性不整脈、T波の平低化が各2名、洞性徐脈、陰性T波、心室性期外収縮が各1名であった。

これらのことから、全体的に見ると、高身長かつ高体重群は異常所見が、他の群よりも多い傾向が認められた。

以上のことから、大学体育会運動部に入学してきた者は、一般人と比較して高い割合で心電図上に異常所見を認めることが確認された。その所見の多くは、長期にわたるスポーツ活動に伴って生じる心機能の変化として考えられるスポーツ心臓

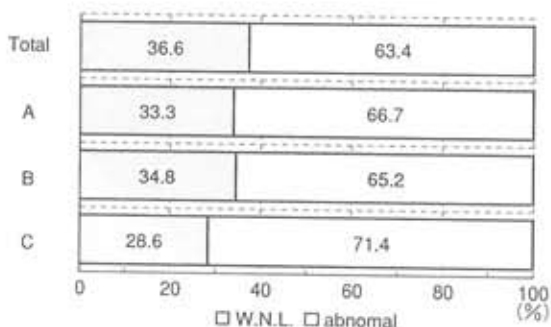


図6 身体的な大きさ別にみた心正常範囲内と異常心電図の割合

Fig. 6 Percentage of normal and abnormal E. C. G. for each body size

A: Group of over 182cm in height

B: Group of over 90kg in body weight

C: Group of over 182cm in height and over 90kg in body weight

を示唆する所見であった。これらの所見は運動負荷に対する生体の良い適応と考えられるが、一方、所見の中には、スポーツ中の危険な心電図として、スポーツ活動の続行に障害をもたらすと考えられるところの種々の不整脈などが認められていた。中には安静時心電図上では、特に異常な所見を認めないが、運動負荷によって異常所見を認めた例(5.3%)もあり、今まで長年に渡りスポーツ活動を行ってきているからと言って、今後のスポーツ活動も安全であるとは言えず、あらためてメディカルチェックとして、運動負荷心電図測定の実用性が確認された。さらに、これら異常所見者に関して、成長期に激しいトレーニングを行ってきていることから、成長に伴う変化として形態的側面から身長、体重、皮下脂肪分布、体脂肪率などとの関連について検討した。

その結果、全てに異常な所見を認めなかった者は、全体では36.6%、高身長群は33.3%、高体重者は34.8%、高身長かつ高体重者は28.6%であり、身長が高くかつ体重も重い者は異常所見の割合が高い傾向にあった。そして、これらの者について形態的な側面から見ると、腹部や背中の体幹部の皮下脂肪厚が四肢よりも厚く、体脂肪率も高く、一般的な肥満の領域に入る値であった。安静時血圧においては、血圧がやや高く、最大酸素摂取量が低い傾向にあった。このことは、同一の運動を行った場合には、高体重、高体重かつ高身長群の者は、心臓に対する負担の強いことが推察される。肥満と心筋梗塞発生、突然死に関しては、肥満度の程度に応じてその発生も高くなることが知られていることから、体重の増加においては、過度の体脂肪量増加はスポーツ選手にあっても注意が必要であると考えられる。

これらの対象者の多くはスポーツ活動において、常にその最終目標を競技に勝つことに置き、毎日、激しいトレーニングや練習を行っている。このことは心理的にも身体的にも強いストレスとなって影響を与えることになる。ストレスが精神的に加わる場合の生理的な反応経路については、2つの経路が考えられ、環境を抑制する立場に置いて戦

うか逃げるかの選択に立たされた場合は、小脳扁桃-交感神経-副腎髄質系が活性化されると言われている。また、制御不能に陥り、打ちのめされた場合には、海馬-下垂体-副腎皮質系が喚起される。前者は、血液中のノルエピネフリン、エピネフリン、テストステロンの上昇を起こし、過度の上昇は心仕事率の低下、不整脈発生閾値の低下、血小板の粘着性、凝集性の増加、脂質代謝の亢進、グルカゴンの分泌増加とインスリンの分泌減少を起こす。後者は、血液中のACTH、コルチコステロンの濃度増加とテストステロンの低下をもたらす。過剰なコルチコステロンの産生は高脂血症、高コレステロール血症の促進、血糖上昇、細動脈のカテコールアミンに対する感受性の亢進、利尿亢進、Na貯蔵増加などを起こす。¹⁾これらカテコールアミンならびにコルチコステロンの多くは動脈硬化の誘発作用をもたらす、さらには心筋代謝の異常、不整脈の発生をもたらすことが知られている。Lown)、牛山ら¹²⁾によるとこのような精神的なストレスは、心筋の仕事量の増加、交感神経の活性化、ならびに血管の収縮、血小板の凝集促進がもたらされることを示し、さらには心筋虚血の誘発や不整脈の発生にも影響を及ぼすことを報告している。

以上のことから、スポーツ選手においては、体重の管理、特に余分な脂肪量の増加に対する管理が必要であり、このことは、ただ体重の増減をみるのではなく、運動量(消費エネルギー)と食(摂取エネルギー)生活管理の両面に行うべきであると考えられる。また、心理的なストレスは血液中の各種成分に影響を与えることから、定期的な血液検査や心理的なストレスに関する検査などの配慮も必要であると考えられる。

IV. ま と め

本研究は、大学体育会運動部新入部員について、形態的特徴を高身長群(身長182cm以上)、高体重群(体重90kg以上)、高体重かつ高身長群に分けて運動負荷心電図との関連について検討した。その

結果、以下のような結果を得た。

1. 高体重群と高身長かつ高体重群は、高身長群より有意に体幹部の皮下脂肪厚が多かった。
2. 高体重群と高身長かつ高体重群は高身長群より有意に高い体脂肪率であった。
3. 安静時最低血圧は、高体重群が高身長群より有意に高かった。
4. 正常範囲内の者は、高身長群が33.3%、高体重群が34.8%、高身長かつ高体重群が28.6%であった。
5. 異常心電図所見は、高身長かつ高体重群に多い傾向があった。

以上、今回は形態的な特徴と負荷心電図結果についての関連についてみたが、今後、さらに異常心電図と血液成分、年間における運動負荷量の変化との関連、心理的ストレスとの関連、4年間のスポーツ活動の結果として卒業時の心電図との比較などについても検討する必要があると考える。

なお、本研究は東海大学運動クラブ健康管理研究会に所属するクラブの監督、宇野勝、白瀬英春、平岡秀雄、山並義孝、成田明彦、積山和明、堀江繁、久保正秋氏等、及び医学部付属病院の協力によるものである。

参考文献

- 1) Eliot R. S. et al: Role of emotion and stress in the genesis of sudden death. *Journal of American Coll. Cardiology*, 5: 95B, 1985.
- 2) 稲垣義明、宇佐美暢久：エルゴメトリ—エルゴメーター負荷試験による心臓病診断、新興医学出版社、1980。
- 3) 小宮秀一、佐藤方彦、安河内朗：体組成の科学、朝倉書店、1988。
- 4) Lown B.: Roles of psychological stress and autonomic nervous system changes in provocation of ventricular premature complexes., *American Journal of Cardiology*, 41, 979, 1978.
- 5) 中野昭一、三田信孝、森山安弘：運動中における心機能監視の一方法—ST segment level, ST slope の経時的測定、東海大学紀要体育学部、第8輯、127-133、1978。
- 6) 三田信孝、三神美和、寺尾保、荒川正一、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(VI)—1992年度報告と1987年度からの男子学生の心電図について、東海大学スポーツ医科学雑誌、第6号、62-72、1994。
- 7) 三田信孝、今川正浩、成田明彦、堀江繁、三神美和、寺尾保、荒川正一、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(V)—1991年度報告、東海大学スポーツ医科学雑誌、第5号、50-57、1993。
- 8) 三田信孝、寺尾保、荒川正一、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(IV)—1990年度報告と1986年度からの女子新入生の身体的特徴と心電図について、東海大学スポーツ医科学雑誌、第4号、52-59、1992。
- 9) 三田信孝、寺尾保、荒川正一、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(III)—1989年度報告と柔道選手の身体的特徴と心電図について、東海大学スポーツ医科学雑誌、第3号、36-439、1991。
- 10) 三田信孝、寺尾保、荒川正一、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(II)—1988年度報告と心室性期外収縮者の身体的特徴、東海大学スポーツ医科学雑誌、第2号、41-47、1990。
- 11) 三田信孝、長谷川聖修、積山和明、今村修、寺尾保、加藤達郎、本間隆夫、荒川正一、小村渡岐磨、齋藤勝、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(I)、東海大学スポーツ医科学雑誌、第1号、39-45、1989。
- 12) Usiyama K. et al: Physiologic neuro-endocrine arousal by mortal arrhythmic stress test in healthy subjects., *American Journal of Cardiology*, 67, 101, 1991.

中年スポーツ選手の心拍変動 パワースペクトル解析による 自律神経機能評価

——若年スポーツ選手との比較——

田辺晃久 (医学部循環器内科)

岩元智超 (医学部循環器内科)

臼井和胤 (医学部循環器内科)

寺尾保 (医学部生体構造機能系生理科学)

中野昭一 (医学部生体構造機能系生理科学)

Comparison of Sympathovagal Balance between
the Middle Aged and Young Athletes

Teruhisa TANABE, Tomooki IWAMOTO,
Kazutane USUI, Tamotsu TERAO,
and Shoichi NAKANO

Abstract

Power spectral analysis of heart rate variability was performed to assess cardiac autonomic function using Holter monitoring method in 6 middle-aged athletes and 6 age-matched middle aged controls. The results of these analyses were compared with those of 6 young athletes and 6 age-matched young controls. Power spectral analysis decomposed the heart rate variability into high frequency power (HF; 0.15-0.40 Hz) and low frequency power (LF; 0.04-0.15 Hz). HF values and LF/HF ratios were used as markers of cardiac vagal and sympathetic modulation, respectively.

The middle-aged athletes group demonstrated significant reduction in HF values during the daytime and nighttime as compared to the young athletes group ($p < 0.01$ in the morning; $p < 0.05$ in the afternoon; $p < 0.01$ at night). The night time HF was significantly higher in the young athletes group than its control group ($p < 0.05$), while no significant difference was found between the middle aged athletes and its control group. The LF/HF was significantly higher during the night in the middle-aged athletes than in the young athletes ($p < 0.05$).

These results suggest sympathovagal balance with lower vagal and higher sympathetic outflow to the heart in the middle aged athletes than in the young athletes.

はじめに

スポーツ選手では不整脈、とりわけ洞徐脈や房室ブロックがしばしば認められる。この機序とし

て心臓迷走神経過緊張、心臓交感神経低緊張、洞結節内因性心拍自動能の低下¹⁾などが考えられている。スポーツ時の心事故が近年関心を集めているが、この誘因の1つに自律神経緊張のアンバランス——不整脈発生が問題とされている。

近年、心拍変動を約4秒周期の速い成分と約10秒周期の遅い成分を高速フーリエ解析 (FFT) することにより、交感神経緊張と迷走神経緊張のバランスを定量化することが可能となった。前者の成分は呼吸性変動で、迷走神経緊張の指標として、後者の成分/前者の成分の比は迷走神経活動に修飾された交感神経緊張の指標として利用されている^{23,4)}。我々は、本法を利用して、学生スポーツ選手はスポーツ習慣のない同年代の青年に比べ昼夜とも迷走神経活動は有意に増強、交感神経活動は有意に低下していることを報告した⁹⁾。

本研究の目的は、中年スポーツ選手における自律神経機能を、同年代のスポーツ習慣のない中年ならびに若年スポーツ選手と比較することから、自律神経緊張のバランスから考えたスポーツ選手の突然死の問題を考察することにある。

対象と方法

対象は計24名で、スポーツ選手として週4日以上練習ないし試合を行っている中年男性6名 (スポーツ中年、年齢42-62歳)、その年代と性をマッチさせたスポーツ習慣のない中年男性6名 (コントロール中年、年齢40-58歳)、学生スポーツ選手6名 (スポーツ若年、16-20歳) およびスポーツ若年と年齢と性をマッチさせたスポーツ習慣のない学生6名 (コントロール若年、16-20歳) であった。

スポーツ中年の運動の種類と人数は、サッカーとテニスが各2名、トライアスロン1名、陸上1名であった。スポーツ若年の運動の種類と人数はサッカー、バレーボール、陸上競技各2名であった。

全例で、まず標準12誘導心電図記録と心エコー法を行った。標準12誘導心電図では不整脈、虚血ST変化など心電図学的基本所見を検討した。心エコーでは心肥大・心拡大の有無を検討するため心室中隔厚、左室壁厚、拡張期の左室内腔径を測定した。

24時間ホルター心電図記録 (Del Mar Avionics

社製 Model 459) 後、心拍変動のパワースペクトル解析を行った。午前 (覚醒後1、2、3時間後) 午後 (1、2、3、7時)、睡眠後 (1、2、3、4、5時間後と覚醒1時間前) の計13時間帯のノイズのない10分間を選んだ。Del Mar Avionics 社製の Model 750A解析器から得られたRR間隔信号をDel Mar Avionics Heart Rate Variability Analysis Systemに転送し、高速フーリエ変換 (FFT) することにより周波数解析を行った。RR周波数解析の結果得られた周波数成分のうち、0.04~0.15Hzを低周波成分 (LF, msec²/Hz)、0.15~0.40Hzを高周波成分 (HF, msec²/Hz) とし、HFを迷走神経緊張の指標、LF/HF比を交感神経緊張の指標とした。

各群のHF値ないしLF/HF比は平均値±標準偏差ないし平均値±標準誤差で表した。対応のない2群の差の検定はt検定ないしマン-ウィットニーu検定で行い、各群の午前、午後、夜間睡眠中間の各値の差の検定には分散分析 (ANOVA) を行った。

結 果

標準12誘導心電図は軽度洞徐脈以外スポーツ選手、対照とも異常所見例はなかった。心エコー法では肥大型心筋症や拡張型心筋症を疑わせる所見例はなく、弁膜症など他の心臓疾患の所見例もなかった。ホルター心電図では、スポーツ選手、コントロールとも上室性期外収縮と心室期外収縮出現例が多かった。しかし、各例の1日の出現頻度は少なく、上室性期外収縮はスポーツ中年2~40拍/日、コントロール中年3~32拍/分、スポーツ若年1~49拍/分、コントロール若年1~25拍/分、心室期外収縮はスポーツ中年0~8拍/分、コントロール中年0~10拍/分、スポーツ若年0~10拍/分、コントロール若年0~6拍/分であった。スポーツ中年、コントロール中年、スポーツ若年の各1例にそれぞれ1回の第2度房室ブロックを認めた。

図1はスポーツ中年、コントロール中年、スポ

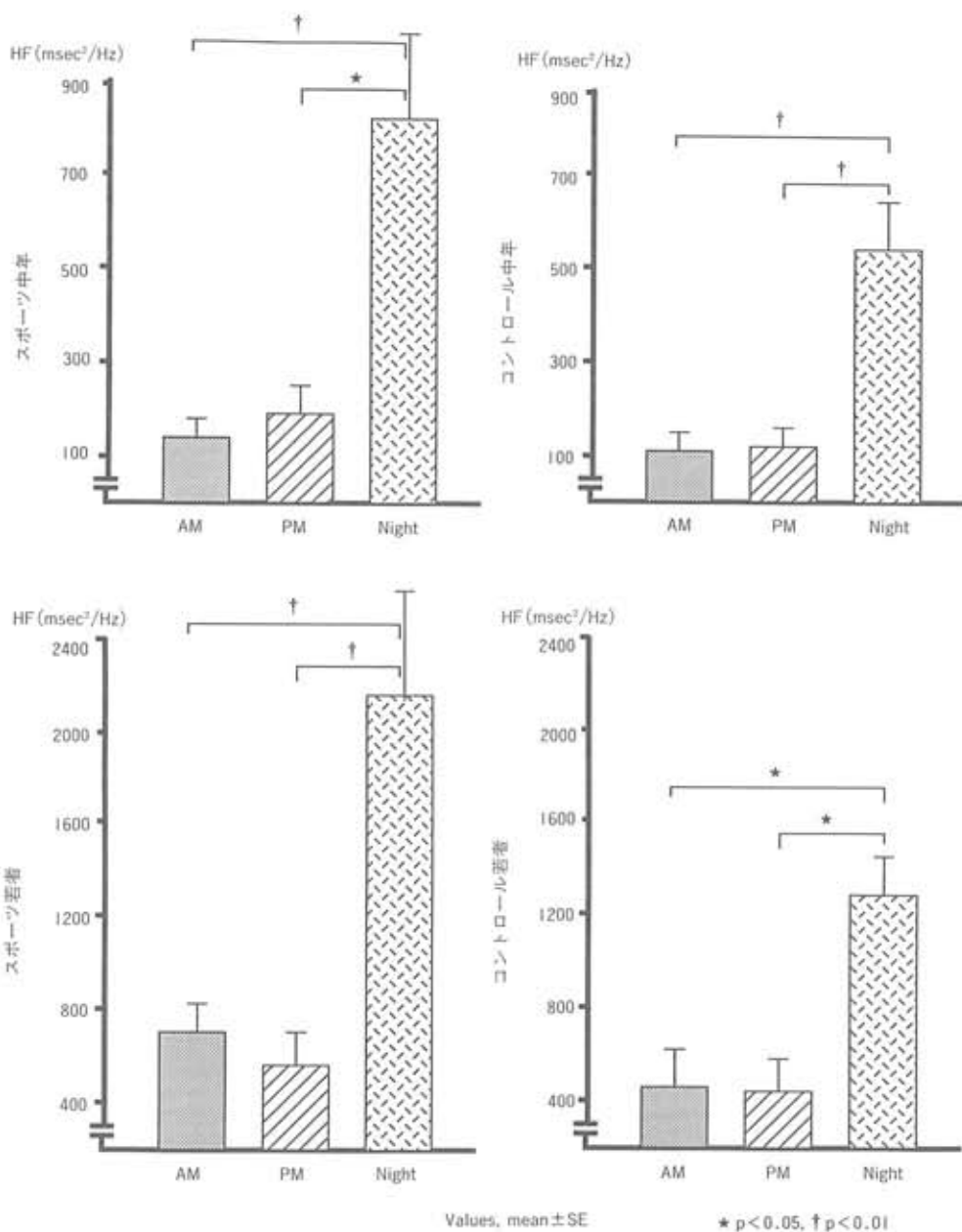


図1 中年スポーツ選手（スポーツ中年）、スポーツ中年の対照（コントロール中年）、若年スポーツ選手（スポーツ若年）およびスポーツ若年の対照（コントロール若年）における心拍変動解析の高周波成分値（HF値）

Fig. 1 High frequency values of the power spectral analysis in heart rate variability in the middle aged athletes, middle aged controls, young athletes and young controls.

ーツ若年、コントロール若年における午前、午後、夜間睡眠時の HF 値の比較、図2は LF/HF 比の比較を示す。各値はそれぞれ午前3点、午後4点、夜間6点の平均値と標準誤差である。いずれの群も夜間睡眠中の HF 値は午前ないし午後の HF 値に比べ高値で(図1)、反対に LF/HF 比は夜間睡眠時が午前、午後と比べ低かった(図2)。

図3は午前(3点の平均)、午後(4点の平均)、夜間睡眠時(6点の平均)の HF 値におけるスポーツ中年、コントロール中年、スポーツ若年、コントロール若年間の比較、図4は LF/HF 比の比較を示す。スポーツ中年の HF 値はコントロール中年に比べ午前、午後は差がなかったが、夜間睡眠時は高値の傾向にあった(図3)。一方、スポーツ若年に比べると昼夜をとおし有意に低値であった(図3)。スポーツ中年の LF/HF 比はコントロール中年に比べ昼夜をとおし差はなく、スポーツ若年に比べ夜間睡眠時のみ低値であった(図4)。

考 察

ホルター心電図における不整脈検出ではスポーツ選手、対照とも上室性期外収縮、心室性期外収縮のある例が多かった。しかし、その出現例数、出現頻度は両群で差はなく、また出現頻度もせいぜい50拍/未満であった。このことはスポーツ心における日常生活での上室心筋、心室心筋への負担は増大していないことを示唆する。上室性期外収縮は基礎疾患のないいわゆる健常人の44~88%にみられ、加齢とともに発生例数、発生頻度が増す⁶⁷⁾。また、数発連発することがあるが基礎疾患がなく発生数の少ないものは臨床的に問題とならない⁶⁾。心室性期外収縮の場合もほぼ同じ臨床的意義であることはよく知られる。

一般に、スポーツ選手はスポーツ習慣のない例に比べ、心拍数が遅い。原因として、副交感神経緊張増強が広く受け入れられているが、ヒトを対象とした場合、その具体的証拠はほとんどない。理由は、従来、生体では瞬時、瞬時の交感神経系

と副交感神経系の緊張の程度を別々に判定する方法がなかったからと考える。

ホルター心電図法は不整脈の検出、虚血心筋虚血の検出⁹⁾、心臓薬病薬の薬効判定¹⁰⁾を目的に使用されている。しかし、近年、ホルター心電図における RR 間隔変動を高速フーリエ解析し、約4秒に1回の周波数ならびに約10秒に1回の周波数の成分強度を定量化することから迷走神経緊張と交感神経緊張の程度を別々に定量化する手段としても使われている^{23,4)}。本法により、臨床的には心筋梗塞患者の突然死¹¹⁾、心不全¹²⁾では迷走神経緊張が有意に低下していることが明らかにされた。また、我々は進行した肥大型心筋症における迷走神経緊張低下、交感神経緊張増強を明らかにし、そのうちとくに突然死例ではその傾向が強いことを報告した¹³⁾。

ヒト突然死の4分の3は頻拍性心室性不整脈が引き金となり、他は徐脈性不整脈によるといわれている。動物実験において交感神経刺激により生じた致死性心室性不整脈は迷走神経刺激をしておくこと起こりにくくなる^{14,15)}。また、ヒトで、心室性心室頻拍が迷走神経刺激で停止したとの報告もある¹⁶⁾。したがって、前述した心臓患者の突然死は発生した心室性不整脈を迷走神経緊張が低下しているため予防しにくかったとも考えられる。

近年、スポーツ時の突然死が目目されているが、自律神経バランスからみた実態は明らかでない。本研究では、中年スポーツ選手は若年スポーツ選手ないしスポーツ習慣のない若年に比べて迷走神経緊張は低値ないし低値の傾向にあった。また、同年代のスポーツ習慣のない例に比べて迷走神経緊張はやや高値の傾向はあったものの明らかな差はなかった。一方、若年スポーツ選手はスポーツ習慣のない若年に比べ迷走神経緊張は強かった。

以上より、自律神経緊張のバランスから考慮すると、若年スポーツ選手は迷走神経緊張増強、交感神経緊張低下にあることから、基礎疾患がなければ心室性不整脈が直接誘因なる突然死は起こりにくいと考えられる。一方、中年では、スポーツ習慣があっても迷走神経緊張はそれほど強くなく、

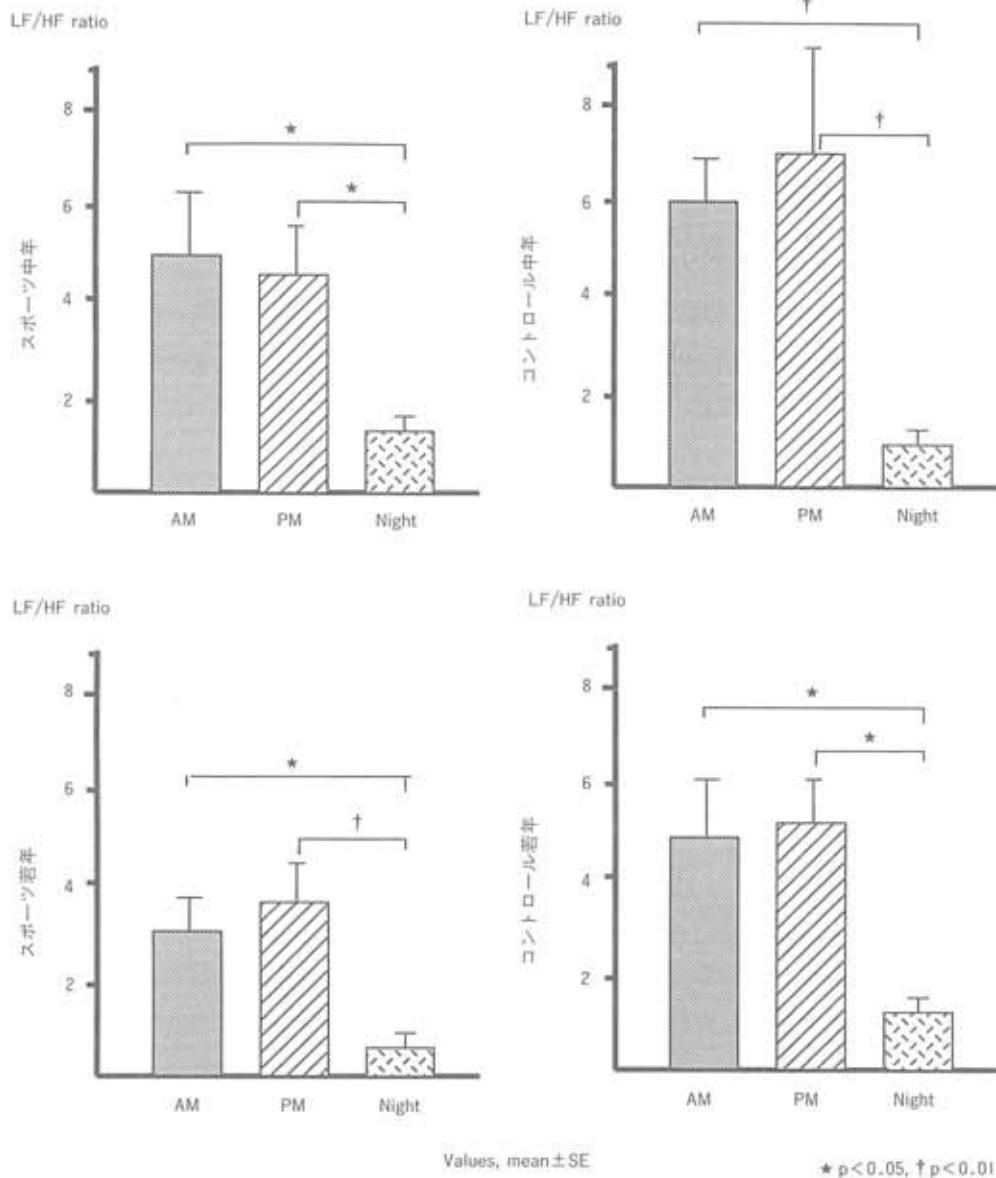


図2 中年スポーツ選手（スポーツ中年）、スポーツ中年の対照（コントロール中年）、若年スポーツ選手（スポーツ若年）およびスポーツ若年の対照（コントロール若年）における心拍変動解析の低周波成分/高周波成分の比（LF/HF ratio）

Fig. 2 Low frequency/high frequency ratios obtained from the power spectral analysis in heart rate variability in the middle aged athletes, middle aged controls, young athletes and young controls.

迷走神経緊張が関与した重症心室性不整脈への移行阻止は若年選手に比べれば起こりにくいと考えられた。

しかし、スポーツ時の突然死は心室性不整脈に起因するのみでなく、迷走神経反射による心停止

や循環虚脱も原因となると考えられている¹⁷⁾。本研究では、ある定常状態での迷走神経緊張、交感神経緊張を評価したものであり、スポーツ選手における迷走神経反射の過緊張を明らかにしたのではない。今後、この面の研究推進も必要である。

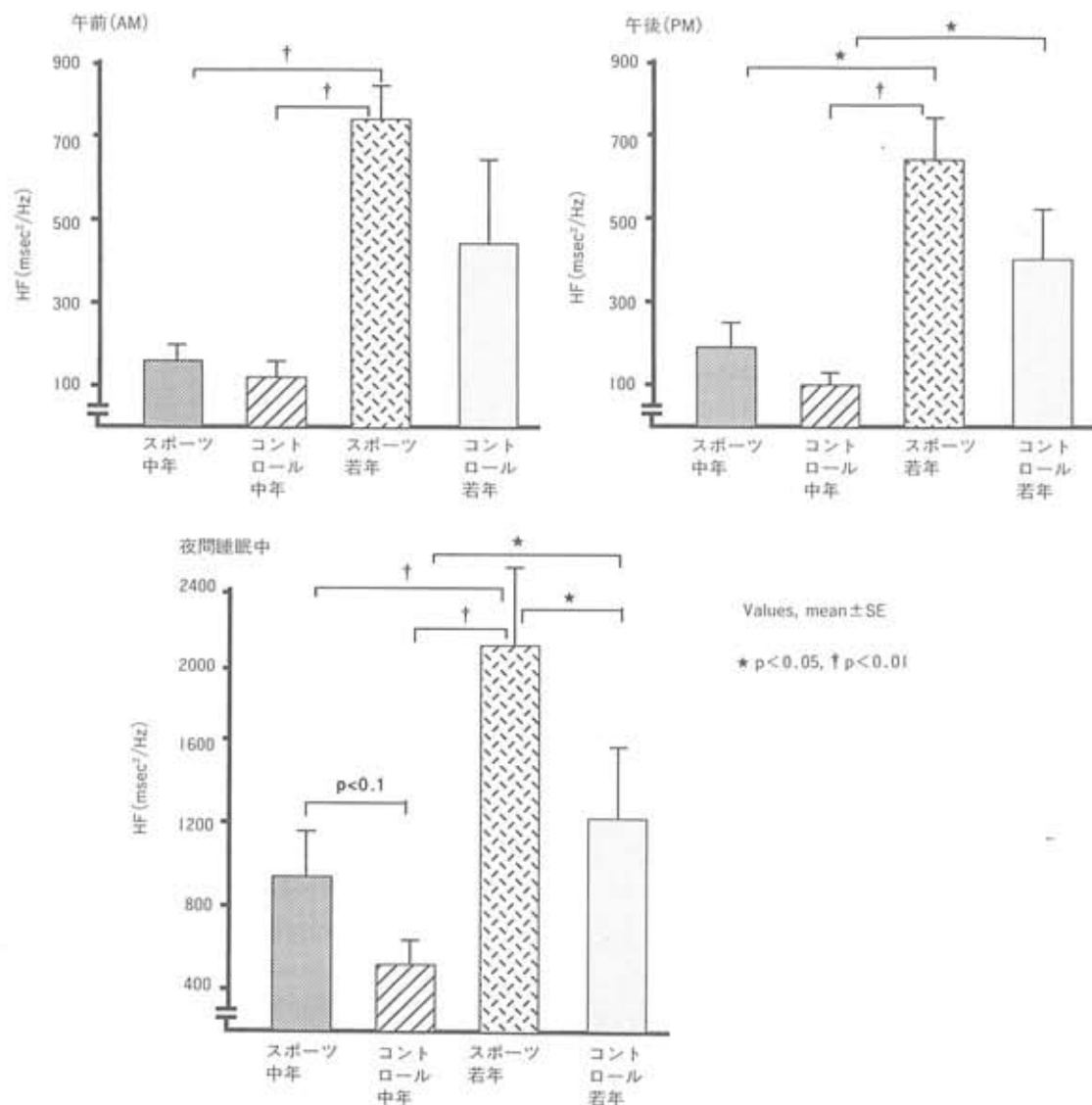


図3 心拍変動における高周波成分 (HF値) — 中年スポーツ選手 (スポーツ中年)、スポーツ中年の対照 (コントロール中年)、若年スポーツ選手 (スポーツ若年) およびスポーツ若年の対照 (コントロール若年) の比較

Fig. 3 High frequency values in the power spectral analysis of the heart rate variability—comparison among the middle aged athletes, middle aged controls, young athletes and young controls.

まとめ

中年スポーツ選手は若年スポーツ選手に比べ迷走神経緊張は昼夜をとおし低く(午前、 $p < 0.01$ ；午後 $p < 0.05$ ；夜間 $p < 0.01$)、反対に、交感神経緊張は夜間高かった。($p < 0.05$)。また、スポーツ習慣のない中年と比べて迷走神経緊張、交感神経

緊張とも有意差はなかった。心臓病患者の突然死例における迷走神経緊張低下、交感神経緊張増強が報告され、また迷走神経緊張増強は重症心室性不整脈による突然死を保護的に作用するとされる。したがって、本成績は、自律神経機能から評価した場合、中年スポーツ選手は若年スポーツ選手に比べ、重症心室不整脈への保護機能は弱い可能性がある。

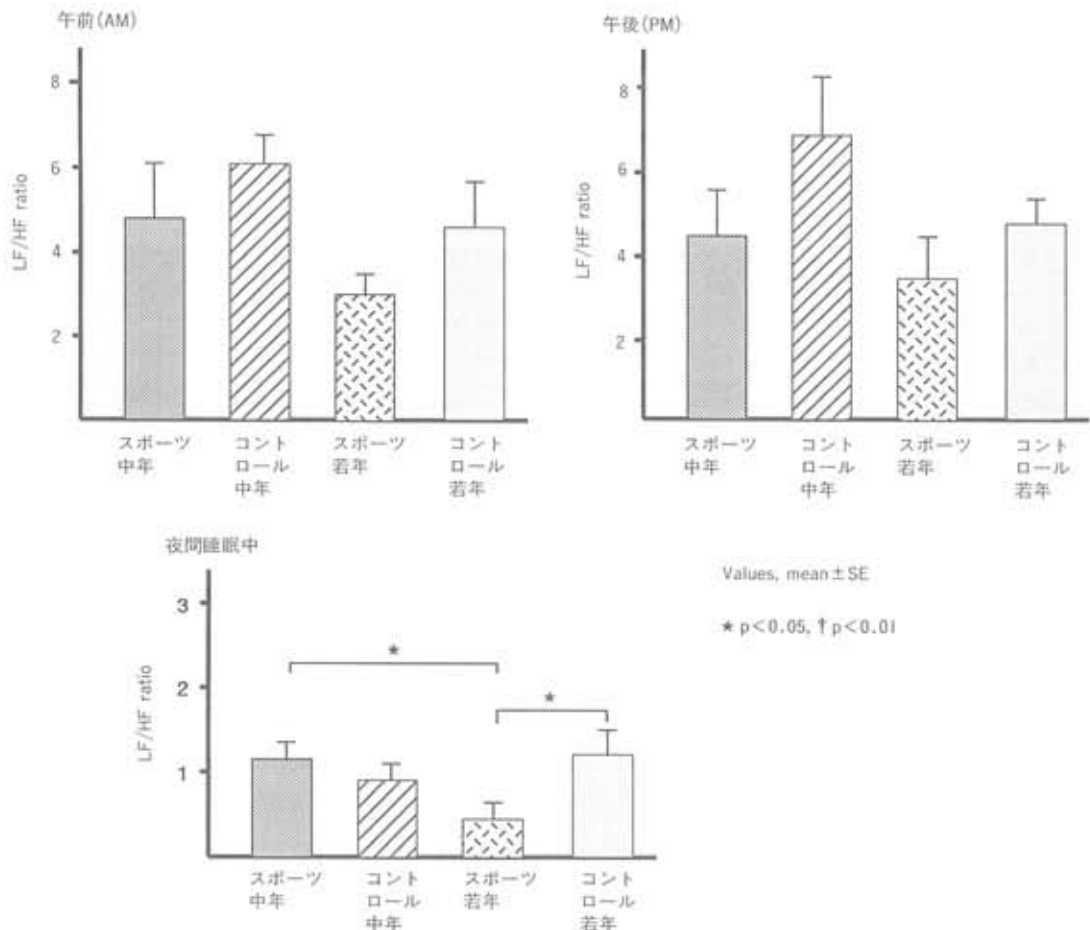


図4 心拍変動における低周波成分/高周波成分の比(LF/HF比)—中年スポーツ選手(スポーツ中年)、スポーツ中年の対照(コントロール中年)、若年スポーツ選手(スポーツ若年)およびスポーツ若年の対照(コントロール若年)の比較

Fig. 4 Low frequency/high frequency ratios obtained from the power spectral analysis of the heart rate variability—comparison among the middle aged athletes, middle aged controls, young athletes and young controls.

参考文献

- 1) 日吉俊紀、田中信行。若年スポーツマンの徐脈の発現機序について。自律神経23: 436-440、1986。
- 2) Sayers B. Analysis of heart rate variability. *Ergonomics* 16: 17-32, 1973.
- 3) Milliani A, Pagani M, Lombardi F, et al. Cardiovascular neural regulation explored in the frequency domain. *Circulation* 84: 482-492, 1991.
- 4) Hayano J, Sakakibara Y, Yamada M, et al. Decreased magnitude of heart rate spectral components in coronary artery disease. *Circulation* 81: 1217-1224, 1990.
- 5) 田辺晃久、寺尾保、中野昭一。若年スポーツ選手の心拍変動——Power Spectral Analysisによる自律神経機能の評価。東海大学スポーツ医科学誌 5: 44-49、1993。
- 6) Brodsky M, Wu D, Cenes P, et al. Arrhythmias documented by 24 hour continuous electrocardiographic monitoring in 50 male medical students without apparent heart disease. *Am J Cardiol* 39: 390-395, 1977.
- 7) Sobotka PA, Mayer JH, Bauernfeind RA et al. Arrhythmias documented by 24-hour continuous ambulatory electrocardiographic monitoring in young women without apparent heart disease. *Am Heart J* 101: 753-759, 1981.
- 8) 田辺晃久、高橋潔、吉岡公一郎。上室期外収縮。日本臨床49: 65-71、1991。
- 9) Tanabe T, Iga T, Fukushi H, et al. A new device for detection of postural ST-T changes in ambulatory electrocardiography. *Am Heart J* 109: 187-190, 1985.
- 10) Tanabe T, Takahashi K, Yoshioka K, et al. Evaluation of disopyramide and mexiletine used alone and in combination for ventricular arrhythmias in patients with and without overt heart disease. *Int J Cardiol* 32: 303-312, 1991.
- 11) Dougherty CM, Burr RL. Comparison of heart rate variability in survivors and nonsurvivors of sudden cardiac arrest. *Am J Cardiol* 70: 441-448, 1992.
- 12) Saul JP, Arai Y, Berger RD, et al. Assessment of autonomic regulation in chronic congestive heart failure by heart rate spectral analysis. *Am J Cardiol* 61: 1292-1299, 1988.
- 13) Tanabe T, Iwamoto T, Fusegawa Y, et al. Alterations of sympathovagal balance in patients with hypertrophic and dilated cardiomyopathies assessed by spectral analysis of RR interval variability. *Eur Heart J* in press
- 14) Kolman BS, Verrier RL, Lown B. The effect of vagus nerve stimulation upon vulnerability of the canine ventricle: role of sympathetic-parasympathetic interactions. *Circulation* 52: 578-585, 1975.
- 15) Rabinowitz SH, Verrier RL, Lown B. Muscarinic effects of vagosympathetic trunk stimulation on repetitive extrasystole (RE) threshold. *Circulation* 53: 622-627, 1976.
- 16) Waxman MB, Wald RW. Termination of ventricular tachycardia by an increase in cardiac vagal drive. *Circulation* 56: 385-391, 1977.
- 17) 川原貢、スポーツ選手における突然死の実態。 *Ther Res* 7: 13-16, 1987.

東海大学体育会所属運動部の競技スポーツ選手 に対する健康管理の実践報告

- 荒川 正一 (体育学部非常勤講師、東京歯科大学市川総合病院) 加藤 達郎 (体育学部体育学科)
山並 義孝 (体育学部社会体育学科) 今村 修 (体育学部体育学科)
内山 秀一 (体育学部体育学科) 今川 正浩 (体育学部体育学科)
袋館 龍太郎 (体育学部体育学科) 堀江 繁 (体育学部社会体育学科)
積山 和明 (体育学部体育学科) 平岡 秀雄 (体育学部体育学科)
三田 信孝 (体育学部社会体育学科) 成田 明彦 (体育学部体育学科)
久保 正秋 (体育学部体育学科) 白瀬 英春 (体育学部武道学科)
中西 英敏 (体育学部武道学科) 田村 修治 (体育学部体育学科)
宇野 勝 (体育学部体育学科) 山下 真理子 (保健管理センター)
葛 輝子 (保健管理センター) 北浦 綾乃 (保健管理センター)
小坂元 三十美 (保健管理センター) 内藤 恒雄 (保健管理センター)
笠 富美子 (保健管理センター) 丹内 美江子 (保健管理センター)
藤川 紀子 (保健管理センター) 木庭 敏和 (東海大学病院中央臨床検査センター)
三神 美和 (静岡日赤病院)

A report of an experience of medical check-ups
for athletes of university competitive sports clubs

Shoichi ARAKAWA, Tatsuro KATO,
Yoshitaka YAMANAMI, Osamu IMAMURA,
Shuichi UCHIYAMA, Masahiro IMAGAWA,
Ryutaro HUKURODATE, Shigeru HORIE,
Masaaki TSUMIYAMA, Hideo HIRAOKA,
Nobutaka MITA, Akihiko NARITA,
Masaaki KUBO, Hideharu SHIRASE,
Hidetoshi NAKANISHI, Shuji TAMURA,
Masaru UNO, Mariko YAMASHITA,
Teruko KATSURA, Ayano KITAURA,
Mitomi KOSAKAMOTO, Tsuneo NAITO,
Humiko RYU, Mieko TANNAI,
Noriko HUJIKAWA, Toshikazu KOBAYASHI,
and Yoshikazu MIKAMI

Abstract

Tokai Health Care of Sports Clubs (THCSC) was developed in 1986 by coaches of competitive sports clubs and nurses of health care center and physicians in Tokai University. THCSC has been performing annual medical check-ups for more than 500 student athletes since 1986. In the results of check-ups, 3 to 14 anemic athletes were detected and sent to the university hospital to have a treatment each year. There were about 7% athletes who had some abnormal ECG waves after exercise test. We have not encountered any severe medical accidents in a sports field. It is concluded that university student athletes in competitive sports clubs should receive annual check-ups including complete blood count, blood chemistries and exercise ECG test.

はじめに

東海大学では、その建学の精神「若き日に汝の体軀を養え」のもとに体育会所属運動部の活動は奨励され、大学スポーツ界のみならず世界選手権やオリンピックで活躍する個人、団体が生まれている。学生は毎日練習に励み、休日には対外試合を行い、長期休暇には合宿での強化練習に励んでいる。一般的には、厳しく激しい競技スポーツを完遂するためにはメディカル・チェックを必要とされるが、費用と効果の面から簡単には行えない。このような東海大学競技スポーツ選手の現状に対し、筆者らは総合大学としての人的、物的資源を活用し、金銭的には限られているができる限りの健康管理を行う事を目的として、1986年東海大学運動クラブ健康管理研究会(略称 THCSC)を発足した。THCSCにおいて筆者らは、スポーツ医学のスポーツ現場に対する実践の場としての経験を重ねてきた。本報告では THCSC での経験を述べるとともに、現在までに明らかになってきたメディカル・チェック遂行上の2、3の重要な問題点を述べるものとする。

目 的

発足のきっかけは、1980年代はじめにバレーボール日本リーグに所属していたアメリカ人ハイマン選手が試合中に心臓発作で急死したことである。ハイマン選手はマルファン症候群であった。この出来事に体育会運動部の指導を行っている監督の一部は強い衝撃を受け、東海大学体育会所属運動

部でこのようなことが起こらないように筆者らに健康管理を依頼した。一方、医学部関係者らはスポーツ医学を実際の現場に取り入れることを模索していた。このような状況で、東海大学体育会所属一流競技スポーツ選手の健康管理を行うことにより、スポーツ医がスポーツ現場へ貢献できるという実践の場としての THCSC を発足した。

THCSC の目的は以下の2点とした。第1は言うまでもなく、選手の健康管理である。第2の目的は、東海大学の運動部の競技力向上に寄与することである。具体的な実施目標としては、以下の項目を掲げた。

1. 選手の健康管理を実践する。
2. 総合大学の利点を生かして、メディカル・チェックの方法論を確立する。
3. 競技力向上に寄与する医学的サポート体制の研究。
4. 学生選手に対する健康教育の実践。
5. スポーツ選手の血液検査正常値の分析。
6. 医学会およびスポーツ会への、実際に役立つスポーツ医学の必要性と高価値観の啓蒙活動。

構成と名称

THCSC は、東海大学体育会所属運動部有志(サッカー部、ラグビー部、男子バレーボール部、女子バレーボール部、男子バスケットボール部、ハンドボール部、バドミントン部、柔道部、後に漕艇部)の監督、コーチおよび体育学部教職員有志が主体で、東海大学医学部有志、東海大学保健管理センターで構成されている。組織の名称を東海大学運動クラブ健康管理研究会とし、英語名を

Tokai Health Care of Sports Clubs (略称 THCSC) と称した。

対 象

健康診断を受ける対象者は東海大学体育会に所属し、目的に賛同した上記の運動部に所属する大学生スポーツ選手である。発足当時の運動部と性別は、サッカー部男子、ラグビー部男子、バスケットボール部男子、バレーボール部男子・女子、ハンドボール部男子・女子、バドミントン部男子・女子、柔道部男子・女子であったが、後に漕艇部男子が加わった。対象学生のうちの、受診者総数の年次別推移を図1に示す。1986年度は男子263名、女子36名計299名で開始し、1987年度は男子333名、女子56名計389名、1988年度は男子439名、女子66名、計505名となり、以後ほぼ500名前後で一定し、対象者のほぼ全員が受診するようになった。1989年度は男子469名、女子65名、計534名、1990年度は男子415名、女子47名、計462名、1991年度は男子462名、女子58名、計520名、1992年度は男子460名、女子76名、計536名であった。受診対象学生がほぼ一定となった理由は、採血や心電図の検査に要する時間と手間の増加により、これ以上の運動部の参加を受け入れることができなくなったためである。これらの大学生選手は、毎日の授業終了後に練習し、休日には試合を行う。多くの学生は大学生としてのみならず、全国的にも一流の競技スポーツ選手である。

方 法

THCSC の健康診断は一次健診、二次健診で構成されている。検診結果の異常者は、有所見者として大学病院に紹介して精密検査と治療を受ける。一次健診は、末梢血液検査(赤血球数、血液ヘモグロビン値、ヘマトクリット値、平均血色素容積、平均赤血球濃度、白血球数、血小板数)、血液生化学検査(血糖値、尿素窒素値、クレアチニン値、尿酸値、総蛋白値、アルブミン値、A/G比、GOT

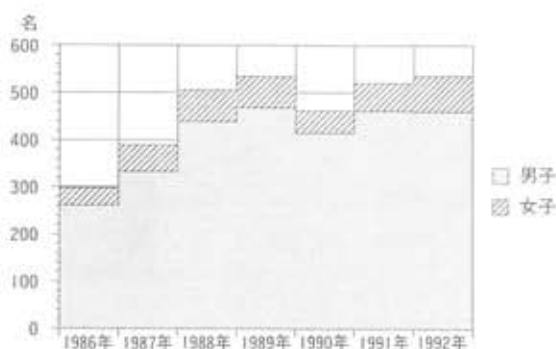


図1 年度別受診者数

Fig. 1 Subjects of medical check-ups of THCSC

値、GPT値、総ビリルビン値、直接ビリルビン値、間接ビリルビン値、総コレステロール値、中性脂肪値、遊離脂肪酸値、クレアチニンフォスフォキナーゼ値(以下CK値)、アミラーゼ値、カルシウム値、リン値、血清鉄値、ナトリウム値、カリウム値、クロール値)と、安静時と自転車エルゴメーターによる負荷心電図により構成されている。負荷心電図の方法は、被験者に毎分50回転のペダリングを行わせて、負荷強度を3分毎に心拍数に対応させて増加させる漸増負荷である。実際の流れをフローチャートとして図2に示す。毎年3月から4月に血液検査を行う。これは一次検査にあたり、結果を医師が判断して有所見者を保健管理センターに呼び出し、再検査を行う。これは二次検査にあたり、この結果も医師が判断し要治療者を選定し大学病院に医療紹介をする。一次の血液検査で緊急を要する要治療者は直接医療紹介を行い、治療を開始する。一方、4月から6月にかけて1年生全員および上級生のうち有所見者として経過観察者の負荷心電図を行う。心電図検査は循環器内科専門医師が診断し、一部の異常者は直接大学病院に送り、トレッドミルによる再検査を行う。最終的にはA:異常無し、B:経過観察、C:要治療者に分けられた。血液検査結果は図3に示すようなTHCSC血液検査個人票としてまとめられ、各運動部の監督を通して選手個人に還元される。図3では、左上に個人情報、右上には責任者としての筆者(医師:荒川正一)の証明、組織名、発行日がある。入学時からの全データが

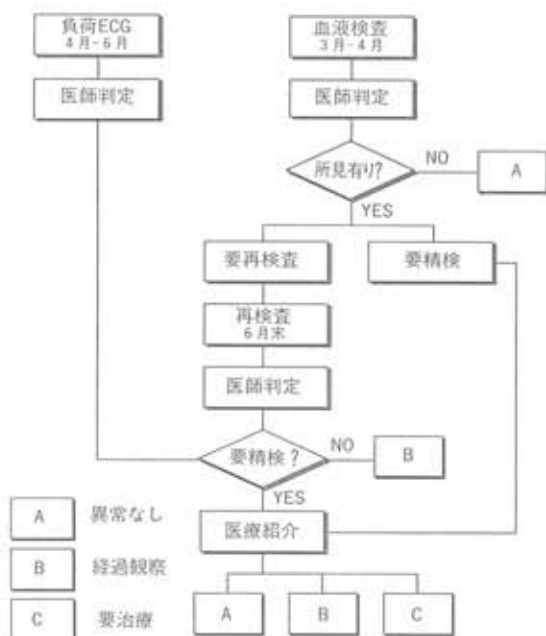


図2 THCS健康診断のフローチャート
Fig. 2 A flow chart of medical check-ups of THCS

ファイルされているが、異常項目ないし特定項目のみが打ち出され、入学以来の個人の血液検査の経緯を知ることができる。異常所見内容と、処置が打ち出されており、さらに詳細な項目は欄外にコメントされている。検査費用は血液検査と心電図判定料に発生するが、大学および民間検査センターの好意により非常に安価に行う事ができている。実際にスポーツ検診として一般の病院で行われている費用の約1割である。検査は大学生自身と構成メンバーが労力を提供して行い、人的資源、物的資源の活用がはかられている。

結 果

1987年度からの血液検査異常者を表1～表6に示す。1987年度(表1)は、血液ヘモグロビン値10g/dL以下の重度貧血者が男子4名、女子3名、計7名発生し治療した。その他、軽度貧血、軽度糖尿病、高血圧の37名が発生し要観察者となった。1988年度(表2)からは、クラブごと、男女別に集計するようになった。血液ヘモグロビン値正常値以

下の軽度貧血者が男子33名、女子10名、計43名、肝機能障害男子17名、女子1名、計18名、血糖異常2名、白血球異常3名であり、のべ人数で男子55名、女子11名、計66名の異常者が発生したが、医療紹介を行ったものは31名であった。1989年度(表3)には、血液ヘモグロビン値正常値以下の軽度貧血者が男子29名(7.2%)、女子5名(7.7%)だったが、血液ヘモグロビン値10g/dL以下の要治療貧血者は男子6名(1.5%)であった。軽度肝機能障害者は男子70名(17.5%)、女子4名(6.2%)であったが、多くはCK異常値を示したものであり、治療の対象とはならなかった。要治療対象肝機能障害者は、男子7名(1.7%)であった。この中にはB型慢性肝炎の某クラブのレギュラークラスがおり、本人、家族、監督と話し合い4年間のスポーツ活動を全うし卒業した。血糖異常は男子2名(0.5%)、白血球異常は男子18名(4.5%)、女子1名(1.5%)であった。総計男子132名(32.9%)、女子10名(15.4%)の異常者が発生したが、治療を要したものは13名にすぎなかった。1990年度(表4)には、血液ヘモグロビン値10g/dL以下の要治療貧血者は、男子2名、女子1名であった。肝機能障害者は、男子54名、女子5名であったが、治療の対象とはならないCK異常者を含んでいた。血糖異常は男子5名、女子2名、白血球異常は男子3名、高尿酸は男子13名、腎機能異常は男子1名であり、総計男子78名(18.8%)、女子8名(17.0%)の異常者が発生したが、治療を要したものは3名にすぎなかった。1991年度(表5)には、血液ヘモグロビン10g/dL以下の要治療貧血者は、男子10名、女子1名であった。肝機能障害者は男子295名、女子21名と顕著に上昇したが、CK異常者を全てこの中に含めたためであった。血糖異常は男子11名、女子1名、白血球異常は男子4名、女子1名、高尿酸は男子14名、脂質異常は女子1名であり、総計男子334名、女子25名の異常者を認めたが、医療紹介により再検査を要したものは、男子147名(31.8%)、女子10名(17.2%)であった。1992年度(表6)には、血液ヘモグロビン値10g/dL以下の要治療貧血者は、男子10名、女子4名であった。肝機能障

図3 THCS血液検査結果個人票
Fig. 3 A report of hematological date of THCS to individual subject

THCS 血液検査結果個人票																					
所属コード	3	所属名称																			
個人コード		受診者名																			
性別	男	生年月日	1972年07月17日																		
↑: High ↓: Low																					
年	期	WBC	RBC	HB	HT	GLU	UN	SCR	SUA	GOT	GPT	GGT	CPK	TCH	TG	FE	所見1	所見2	所見3	措置	結果
1991	前期	60	493	15.2	46.1	↑116	15.5	1.1	↑10.1	33	↑57	45	↑407	226	61	148					
1992	前期	53	485	15.7	48.3	86	18.9	1.2	↑8.6	37	30	32	↑821	217	47	↑201					
	後期	85	513	16.6	50.6	84	15.7	1.2	↑7.9	31	43	40	↑298	226	83	120					
1993	前期	61	511	16.9	50.5	84	15.5	↑1.4	↑9.9	39	48	42	↑483	235	51	154	筋筋CPK	高尿酸			経過観察
1994	前期	56	512	16.8	↑52.7	97	11.6	1.2	↑9.7	40	↑55	↑136	↑233	260	98	108	筋筋CPK	肝機能			再検査
	後期	65	520	16.5	51.2	95	14.3	1.1	7.7	27	32	↑77	193	241	90	97	肝機能				医師紹介
<p>所見1: 肝機能異常 (GOT, GPT, GGT) GOTは心臓、肝臓に多く含まれ、GPTは肝臓に多く含まれる酵素です。これらの臓器が障害されると壊れた細胞からこの酵素が血液中に出てゆいため、値が高くなります。検査前に運動したり、前日に飲酒すると高くなります。GOTの上昇はCPKと関連が深く、運動選手においては、筋骨格系に由来する場合があります。GGT (γ-GTP) はアルコールを大量に摂取すると値がはつきりと上昇します。また胆汁の流れが悪くなったり肝臓などの肝障害がある時も上昇します。</p>																					
<p>コメント: 医療機関で精密検査を行う必要があります。 / ~ / の期間に保健管理センターへお問い合わせください。</p>																					

担当: 山下

表1 1987年度血液検査結果

Table 1 A summary of hematological data of THSCS in 1987

	有所見数				
	軽度貧血	貧血(要治療)	軽度糖尿病	高血圧	合計
男子	24	4	2	1	31
女子	9	3	1	0	13

表2 1988年度血液検査結果

Table 2 A summary of hematological data of THSCS in 1988

クラブ名	性	有所見数(のべ人数)					合計	医療紹介
		貧血	肝機能障害	血糖異常	白血球異常			
バスケットボール	男	5	6			11	7	
サッカー	男	5	2	1	1	9	4	
ハンドボール	男	6		1		7	2	
	女	2	1			3	2	
バレーボール	男	5	3		1	9	4	
	女	8				8	3	
バドミントン	男	6	1		1	8	2	
	女							
ラグビー	男	3	3			6	5	
柔道	男	3	2			5	2	
	女							
漕艇	男							
合計	男	33	17	2	3	55	26	
	女	10	1	0	0	11	5	

害者は、男子98名、女子13名であった。この年からCK異常者を別に集計するようになった。CK異常者は男子329名、女子34名と受診者総数の67.7%に達している。血糖異常は男子6名、女子5名、白血球異常は男子9名、女子1名、高尿酸は男子15名、女子4名であり、総計男子467名、女子61名であった。有所見者の実数は、男女併せて410名76.5%にのぼっている。このうちCK異常者が88%であった。

心電図検査結果については、共同研究者の三田が詳細に報告している¹²⁾³³⁾⁴⁾³⁵⁾⁶⁾ここでは要点のみ述べる。1992年度までの6年間に負荷心電図を実施した新生入生は、合計546名であった。安静時、運動中および回復過程の心電図波形が正常範囲内であった者は、275名(50.4%)であった。271名(49.6)は何らかの異常波形を示したが、運動を

中止させるような異常波形は認めなかった。1992年度には安静時心電図波形が正常範囲であったが、運動を負荷することにより潜在性の所見を認めた者が7名(9.2%)存在した。

以上述べた血液検査と、心電図検査を組み合わせた健康診断を行うことにより、選手に重篤な事故は発生していない。このような健康診断の結果は共同研究者により9編の研究発表が行われた。

考 案

筆者らは、1986年度から大学生一流競技スポーツ選手の健康診断を行ってきた。まずはじめに、大学生競技スポーツ選手の特徴を背景因子として考察した。彼らは一流競技スポーツ選手であるが故に、勝ちたい、強くなりたい、巧くなりたいと思ひ、勝負にこだわるのは大学生といえども同様である。しかし、優れた競技力を持つ学生スポーツ選手でも、学生であるが故に勉強しなければならない事は言うまでもない。経済的側面を考慮すると、一般学生はアルバイトによりかなりの現金収入を得られるが、大学生競技スポーツ選手には日々の練習、試合などによりその機会は少なく、経済的には自立していない。奨学金や、親からの仕送りなどに頼らざるを得ず、十分な収入を得ることはできない。また、そのような収入は食費などに使われることが多い。大学生の健康管理に關しての文部省の指導は一般学生を対象としており、一流競技スポーツ選手に対しては不十分と言わざるをえない。一方、労働省指導の社会人スポーツ選手に対する会社による定期的健康管理や、プロスポーツ選手が行っている経済的に豊かな健康管理に比較しても大変立ち遅れている。東海大学においては定期健康診断、クラブ健康診断があり、身長、体重、皮脂厚、視力、血圧、尿検査、安静時脈拍、胸部レントゲン、安静時心電図、内科診察、問診、体力測定が行われている。しかし、安静時心電図では正常であったが、運動を負荷することにより潜在性の所見を認めた者が9.2%も存在したことは、一流競技スポーツ選手のメディカ

表3 1989年度血液検査結果

Table 3 A summary of hematological data of THSC in 1989

クラブ名	性	受診者数	有所見数及び発現率													
			軽度貧血	(%)	貧血(要治療)	(%)	軽度肝機能障害	(%)	肝機能障害(要治療)	(%)	血糖値異常	(%)	白血球異常	(%)	合計	(%)
バスケットボール	男	48	2	4.2	3	6.3	2	4.2						7	14.6	
サッカー	男	93	11	11.8			20	21.5					7	7.5	38	40.9
ハンドボール	男	31	1	3.2			1	3.2							2	6.5
	女	15	1	6.7			4	26.7					1	6.7	6	40.0
バレーボール	男	61	3	4.9	2	3.3	3	4.9	2	3.3			2	3.3	12	19.7
	女	41	3	7.3											3	7.3
バドミントン	男	20	1	5.0			1	5.0					3	15.0	5	25.0
	女	9	1	11.1											1	11.1
ラグビー	男	96	8	8.3	1	1.0	31	32.3	4	4.2	1	1.0	1	1.0	46	47.9
柔道	男	52	3	5.8			12	23.1	1	1.9	1	1.9	5	9.6	22	42.3
	女															
漕艇	男															
合計	男	401	29	7.2	6	1.5	70	17.5	7	1.7	2	0.5	18	4.5	132	32.9
	女	65	5	7.7			4	6.2					1	1.5	10	15.4

表4 1990年度血液検査結果

Table 4 A summary of hematological data of THSC in 1990

クラブ名	性	受診者数	有所見数(のべ人数)							合計	発現率(%)	医患紹介	医患紹介者発現率(%)	報告有り	要治療要経過観察
			貧血	肝機能障害	血糖異常	白血球異常	高尿酸	腎機能異常							
バスケットボール	男	53	1	2				1	4	7.5					
サッカー	男	90		10				1	11	12.2	17	18.9	7		
ハンドボール	男	28		4					4	14.3	1	3.6	1		
	女	8		1					1	12.5	1	12.5			
バレーボール	男	58	1	2				1	4	6.9	4	6.9	2	1	
	女	28	1	4					5	17.9	4	14.3			
バドミントン	男	20			1				1	5.0					
	女	11			2				2	18.2	2	18.2			
ラグビー	男	98		23		1			24	24.5	19	19.4	6		
柔道	男	68		13	4	2	11		30	44.1	10	14.7	3	2	
	女														
漕艇	男														
合計	男	415	2	54	5	3	13	1	78	18.8	51	12.3	19	3	
	女	47	1	5	2				8	17.0	7	14.9			

ル・チェックには運動負荷心電図が必要であることを示している。

THSCにおけるメディカル・チェックの内容の妥当性は、運動負荷心電図を含めた循環器系検査と、治療を必要とする貧血者が3ないし14名発生していることで示された。赤血球は酸素運搬能に關与しているために、THSCでは貧血者スポ

ーツ選手で運動後半のスタミナが落ち、治療することによりこれが改善した事例を経験した。一流競技スポーツ選手のメディカル・チェックには、大学生と言えども血液検査と負荷心電図が含まれることが必要である。

このようにメディカル・チェックが必要とされても、費用対効果を考慮しなければならない。一

表5 1991年度血液検査結果

Table 5 A summary of hematological data of THSC in 1991

クラブ名	性	受診者数	有所見数 (のべ人数)							合計	医療紹介	医療紹介者 発現率(%)	報告有り	要治療 要経過 観察
			貧血	肝機能 障害	血糖 異常	白血球 異常	高尿酸	腎機能 異常	脂質 異常					
バスケットボール	男	36	2	24				1		27	16	44.4		
サッカー	男	92		48				1		49	10	10.9	1	
ハンドボール	男	20	1	11						12	3	15.0		
	女	13		1	1	1				4	3	23.1		
バレーボール	男	52		29		1				30	11	21.2	8	
	女	31	1	12						13	4	12.9		
バドミントン	男	17	2	9						11	5	29.4		
	女	14		8						8	3	21.4		
ラグビー	男	98	1	84	8			11		104	64	65.3	1	
柔道	男	111	3	76	2	3				84	30	27.0		
	女													
漕艇	男	36	1	14	1			1		17	8	22.2	6	1
合計	男	462	10	295	11	4		14		334	147	31.8	16	1
	女	58	1	21	1	1				25	10	17.2		

表6 1992年度血液検査結果

Table 6 A summary of hematological data of THSC in 1992

クラブ名	性	受診者数	有所見数 (のべ人数)							合計	有所見者数 (実数)	有所見者 発現率(%)	要再検査 人数
			貧血	肝機能 障害	CPK 異常	白血球 異常	高尿酸	血糖 異常					
バスケットボール	男	40	2	7	26	1	1	2	39	29	72.5	15	
サッカー	男	97	1	13	76	5	1		96	77	79.4	42	
ハンドボール	男	17	1	3	12			1	17	14	82.4	7	
	女	21			7	1	1		9	8	38.1	4	
バレーボール	男	46		23	23	2	1	1	50	35	76.1	27	
	女	32	2	11	22		1		36	22	68.8	17	
バドミントン	男	19	2	4	19				25	19	100.0	10	
	女	18	2	1	4			5	12	10	55.6	6	
ラグビー	男	97	1	13	61		2	3	80	68	70.1	26	
柔道	男	109	2	27	87	1	3		120	95	87.2	46	
	女	5		1	1		2		4	4	80.0	4	
漕艇	男	35	1	8	25			6	40	29	82.9	14	
合計	男	460	10	98	329	9	15	6	467	366	79.6	187	
	女	76	4	13	34	1	4	5	61	44	57.9	31	

一般的に THSC の検査項目に要する費用は数万円である。THSC は総合大学の特徴を生かしているために、健康管理は保健管理センター、医学部の有志が参加し、体育学部教職員と対象学生の労力を提供することで非常に安価にできている。しかし、対象学生を増やすにはこのようなボランティア活動では限界がある。各科が細分化した医

学部では、臨床的スポーツ医学を実践できる部門は設けられていない。このようなことに体育会所属運動部指導者が戸惑っている現状があり、早急に改善することが望まれる。今後設立されるスポーツ医科学研究所には、スポーツの実際的な活動の場における臨床活動、臨床研究が THSC 活動を継続するような形で含まれることが望まれる。

各年代ごとに異常者の発見率が異なっている大きな理由の一つに、スポーツ選手としての血液検査正常値が定まっていないことにある。特にCK値は対象学生の70%が異常値を示しているが、これがすぐに障害を示しているとは考えられない。THCSCでの経験を通して、CK値を中心としてのスポーツ選手の正常範囲を算定する必要がある。さらにこの事が、運動特性の違いに考慮したきめの細かい医療指導を可能とするであろう。

THCSCが発足当初に目的とした6項目の到達状態を現状で考察した。第1の選手の健康管理は過去9年間実践することができた。第2の総合大学としてのメディカル・チェックの方法論は、ボランティア活動の範囲内で確立したが、今後は普遍化する努力が必要であろう。第3の目標に掲げた競技力向上に寄与する医学的サポート体制の研究は未だに踏み出せていない。第4の学生選手に対する健康教育の実践は、カリキュラムの変更により一部学生に対するスポーツ医学教育が開始されたが、不十分と言わざるをえない。学生には将来、教職や体育指導者になる者もあり、スポーツ活動における健康診断の意義を普及させるためにも行われなければならない。第5のスポーツ選手の血液検査正常値の分析は端緒についたばかりであるが、第6の医学会およびスポーツ会への、実際に役立つスポーツ医学の必要性和高価値観の啓蒙活動として、共同研究者の9編の研究発表が行われている。THCSCの最初の10年を迎える今回の発表を経て、次の10年間にこれらの諸問題を解決し、東海大学体育会所属運動部のさらなる競技力の向上に寄与するように努力したい。

まとめ

1986年度から大学生一流スポーツ選手に健康管理を行った THCSC の実践経験を報告した。過去8年間に重篤な事故はなかった。しかし、競技成績の向上に必ずしも結びついていない傾向もあり、今後は、スポーツ医学を現場に取り入れるような工夫も必要と考え、現在実行しつつある。

なお、本研究会の発足時から貴重なご指導をいただいた中野昭一教授(医学部生理学教室)、福田宏明教授(医学部整形外科学教室)、野村公寿教授(東海大学医療短期大学)、本間康彦教授(東海大学大磯病院内科)およびご多忙な毎日の中で大学生選手の診察・治療を快くお引き受け下さった、中川儀英先生(医学部救急医学教室)、鈴木大輔先生(医学部内科学教室)、その他大学付属病院の諸先生方に深く感謝いたします。

本研究の要旨は、第5回日本臨床スポーツ医学会学術大会において発表した。

参考文献

- 1) 三田信孝、長谷川聖修、積山和明、今村修、寺尾保、加藤達郎、本間隆夫、荒川正一、小村渡岐磨、斉藤勝、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(I)―身体的特徴と安静時及び運動中の心電図について、東海大学スポーツ医科学雑誌、第1号、39-45、1989
- 2) 三田信孝、寺尾保、荒川正一、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(II)―1988年度報告と心室性期外収縮者の身体的特徴、東海大学スポーツ医科学雑誌、第2号、41-47、1990
- 3) 三田信孝、寺尾保、荒川正一、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(III)―1989年度報告と柔道選手の身体的特徴と心電図について、東海大学スポーツ医科学雑誌、第3号、36-43、1991
- 4) 三田信孝、寺尾保、荒川正一、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(IV)―1990年度報告と1986年度からの女子新入生の身体的特徴と心電図について、東海大学スポーツ医科学雑誌、第4号、52-59、1992
- 5) 三田信孝、今川正浩、成田明彦、堀江繁、三神美和、寺尾保、荒川正一、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(V)―1991年度報告、東海大学スポーツ医科学雑誌、第5号、50-57、1993
- 6) 三田信孝、三神美和、寺尾保、荒川正一、中野昭一：大学運動部新入部員に対する運動負荷テスト(VI)―1992年度報告と1987年度からの男子学生の心電図について、東海大学スポーツ医科学雑誌、第6号、62-72、1994

東海大学医学部脳神経外科における スポーツ頭部外傷の集計

松前光紀 (医学部脳神経外科)

柴田将良 (医学部脳神経外科)

佐藤 修 (医学部脳神経外科)

Summarizing the head injury patients related with athletic activities who admitted to Department of Neurosurgery in Tokai University Hospital

Mitsunori MATSUMAE, Masayoshi SHIBATA,
and Osamu SATO

Abstract

Head injury can be anticipated in almost any sport. Accordingly, health professionals involved with the medical care of athletes should be trained in the recognition, evaluation, and management of the head injured athlete. The authors were summarizing the patients who admitted to Department of Neurosurgery in Tokai University Hospital from 1972 to 1993. This paper discusses the epidemiology, neurological grading, clinical outcome, neuroradiological findings, and classification of different types of athletic brain injuries and their evaluation and managements.

I. 緒 言

近年プロスポーツの多用化とスポーツ愛好者の増加により、従来その数は少ないと言われていたスポーツによる頭部外傷の頻度は増加の傾向にある。今回我々は東海大学医学部附属病院に入院したスポーツに関連した頭部外傷患者を集積し、以下の項目について比較検討を行ったので報告する。

II. 対象および方法

1982年1月より1993年12月まで、東海大学医学部附属病院脳神経外科に入院をした、合計54名(男

性：44名、女性：10名)のスポーツ頭部外傷患者を対象とした。対象患者の年齢は、6歳から57歳である。検討項目は、競技種目、神経放射線学的検査所見、入院時 Glasgow Coma Scale (表1)、退院時 Glasgow Outcome Scale (表2)、治療内容、在院日数と、initial unconsciousness (受傷時意識消失)、retrograde amnesia (逆行性健忘)、post traumatic amnesia (受傷後健忘)の有無である。

III. 結 果

競技種目別患者数

競技種目別患者数は、以下のごとくである。

表1 Glasgow Coma Scale

Eye opening 開眼		
spontaneous	自発的に	E4
to speech	音声により	3
to pain	疼痛刺激により	2
nil	反応なし	1
Verbal response 発語反応		
oriented	見当識正常	V5
confused conversation	会話混乱	4
inappropriate words	言語混乱	3
incomprehensible sound	意味不明の声	2
nil	発語なし	1
Best motor response 最良運動機能		
obeys	命令に従う	M6
localizes	疼痛部認識可能	5
withdraws	四肢逃避	4
abnormal flexion	四肢異常屈曲	3
extensor response	四肢伸展反応	2
nil	反応なし	1
Coma score or sum (E+M+V) = 3 to 15		

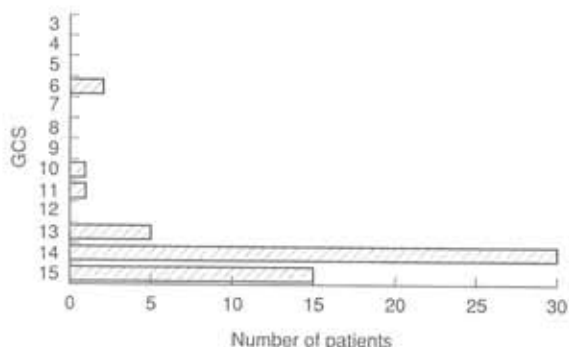


図1 来院時 Glasgow Coma Scale の分布
Fig. 1 Summary of the patient's GCS

表2 Glasgow Outcome Scale

good recovery
moderate disability
severe disability
persistent vegetative state
death

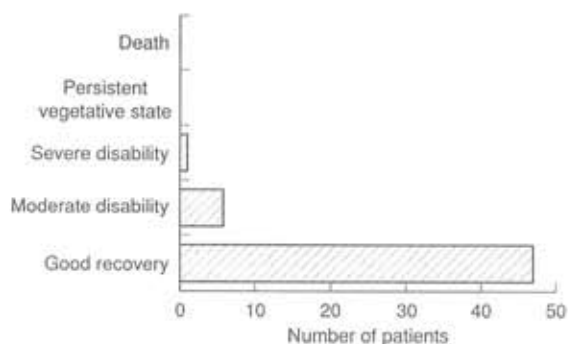


図2 退院時 Glasgow Outcome Scale
Fig. 2 Summary of the patient's GOS

野球 10名
ラグビー 8名
登山 5名
陸上競技 5名
バスケット 3名
サッカー 3名
水泳 3名
柔道 2名
アメリカンフットボール 2名
ゴルフ 2名
スケート 2名
その他、乗馬、フィールドアスレチックス、スキー、テニス、体操、アイスホッケー、ボブスレ

ー、グライダー、空手 各1名

入院時 Glasgow Coma Scale

入院時 Glasgow Coma Scale を図1に示した、全体の91%は来院時 Glasgow Coma Scale 13以上を示した。

退院時 Glasgow Outcome Scale

退院時 Glasgow Outcome Scale を図2に示した、全体の87%は good recovery を示した。good recovery 以外の7症例の outcome を次に示す。1例は乗馬中の転落による前頭葉の脳挫傷によって片麻痺と意識障害を残した症例で severe dis-

ability となった。その他、外傷を機転として血友病 A 患者に発生した大量の脳内血腫で、Glasgow Coma Scale 6 点にて搬入された術後理学療法を行ったが片麻痺を残した症例、登山中の転落により急性硬膜外血腫をきたし搬入まで 9 時間を要した症例に片麻痺が残存した症例、異物による直達外傷により片麻痺を残した症例、前房出血と網膜穿孔を合併し視力の回復が得られなかった症例、頭蓋底骨折に動眼神経麻痺が残存した症例、視東管開放術後も一側視力の回復が得られなかった症例があり、以上が moderate disability であった。幸いスポーツ頭部外傷によって死亡した症例は、当院にて経験していない。

スポーツ頭部外傷患者における合併損傷

頭部外傷以外の合併損傷は、前房出血と頬骨骨折が各 2 例、膝靭帯損傷、肋骨骨折、網膜穿孔、腎挫傷、外耳道損傷などが各 1 例であった。

入院時 initial unconsciousness, retrograde amnesia, post traumatic amnesia

入院時比較的意識状態が良く上記 3 症状の有無を聴取可能で、診療録に明確に記載があった症例は 38 症例であった。そのうち、何らかの上記症例か認められたのは 33 症例であり、一方全くこれらの症状を認めなかったのは 5 症例である。上記 33 症例中、initial unconsciousness の存在を聴取しえたのは 19 症例、retrograde amnesia を認めたのは 7 症例、post traumatic amnesia を呈したのは 19 症例であった。これら患者における在院日数については、後述する。

神経放射線学的検査所見

XP・CT 所見は、表 3 に示した。何らかの異常所見を得た症例は、急性硬膜外血腫、硬膜下血腫、脳内血腫や脳挫傷を含む focal injury (局所脳損傷) と、それ以外の diffuse axonal injury (びまん性軸索損傷) を代表とする diffuse injury (びまん性脳損傷) に分けて分類した。その結果、diffuse injury は 1 例のみで、他は全て focal injury であ

った。さらに、脳挫傷症例でその受傷機転を coup injury (直撃損傷) と contrecoup injury に分類して検討すると、contrecoup injury (反衝損傷) の症例は 1 例のみで、その他は coup injury にもとづく頭部外傷であった。

治療内容

何らかの外科的治療を必要としたものは、13 症例である。治療内容の内訳は、開頭血腫除去術：6 症例、陥没骨折整復術：2 症例、眼窩骨整復術：2 症例、視東管開放術：2 症例、開頭脳動脈瘤クリッピング術：1 症例である。42 症例には保存的治療が行われ、2 症例に対し髄膜炎予防のため抗生物質の投与が行われ、1 症例には抗痙攣剤の急速飽和が行われ、残り 39 症例は入院経過観察のみが行われた。

在院日数

手術症例の在院日数は、最短 8 日、最長 96 日、平均 30 日である。非手術症例の入院日数は、最短 2 日、最長 20 日、平均 6 日である。非手術症例のうち、入院時 initial unconsciousness, retrograde amnesia, post traumatic amnesia の 3 症状が共に認められた症例の在院日数は平均 11 日であり、initial unconsciousness のみ認めた症例は 9 日、post traumatic amnesia のみ認めた症例は 2 日、initial unconsciousness に retrograde amnesia を合併した症例では 5 日、retrograde amnesia に

表 3 神経放射線学的検査所見のまとめ
Table 3 Summary of the neuroradiological findings

所見	症例数
頭蓋骨線状骨折	11
頭蓋骨陥没骨折	8
視東管骨折	3
眼窩下壁骨折	2
気脳症	2
急性硬膜外血腫	8
急性硬膜下血腫	1
慢性硬膜下血腫	1
外傷性クモ膜下出血	2
脳挫傷	5
脳室内出血	1

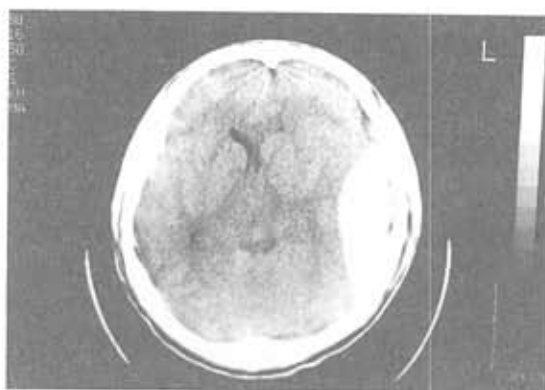


図3 focal injury (局所脳挫傷) により生じた急性硬膜外血腫の1例。左前頭側頭部打撲後、側頭部に急性硬膜外血腫を生じている。本症例は、XP 上側頭骨に線状骨折を合併していた。

Fig. 3 Left temporal acute epidural hematoma (coup injury)

post traumatic amnesia を合併した症例では2日、initial unconsciousness に post traumatic amnesia を合併した症例では3日であった。入院時 initial unconsciousness, retrograde amnesia, post traumatic amnesia の3症状が何れも認められなかった症例の平均在院日数は5日であった。

IV. 考 察

スポーツ頭部外傷患者の予後

当院脳神経外科へ入院を必要とした頭部外傷患者のうちスポーツ外傷患者の来院時 GCS は、13点以上の軽症頭部外傷患者のしめる割合が91%と高く、また退院時の GOS の結果は good recovery の症例が全体の87%をしめた。一般的にスポーツ外傷患者は一般の頭部外傷患者より軽症例が多いといえる。

競技種目別特徴

競技種目別患者数は、先にも示したごとくほとんどの競技種目を網羅している。野球とラグビーにおける発生頻度が高く、これは他施設からの報告も同様の結果となっている¹²⁾。その他の競技種目では、登山中の外傷の搬入例が当院で比較的多い。これは、東海大学病院のサービスエリア内に丹沢山系が存在することによる。登山による外傷



図4 contrecoup injury (反衝損傷) により生じた脳挫傷の1例。右前頭側頭部打撲後、左側頭葉内に脳挫傷を生じている。

Fig. 4 Lt temporal cerebral contusion (contrecoup injury)

患者の受傷機転は、全員転落事故による頭部外傷であった。また、丹沢山系からの患者搬入は当然のことながら救助活動に長時間を必要としており、その搬入に要す時間は最短で3時間、最長10時間、平均7.2時間であった。一方登山以外のスポーツ外傷例は、他院にて経過観察後当院に紹介された3症例を除き、3時間以内に外来受診となった。

受傷機転と競技種目との関係では、野球競技では圧倒的にボール等の飛来物によるものが多く、登山では転落事故によるものが全てで、サッカーとラグビーでは転倒と選手同士の衝突によるものが多くそれぞれが半数づつをしめた。

神経放射線学的検査所見の特徴

神経放射線学的検査所見では、スポーツによる頭部外傷患者では focal injury を呈する患者が多く、また脳挫傷症例でその頭蓋内病変の発生機序として coup injury に基づく症例が多いこともその特徴であった。focal injury (限局損傷) は外力のエネルギーが局所で吸収されるか、またはエネルギーが小さい場合に形成される頭蓋内の限局した病変の発生機序として説明される。一方 diffuse injury (びまん性損傷) は、頭部に加わった外傷により脳と頭蓋骨または脳を覆う硬膜組織との間に生じた加速度の違いにより脳実質が損傷を受ける場合と、脳組織内部で生じた加速度の違いによる

shearig forceにより脳実質損傷が誘発されるタイプに分けられる。また、coup injury (直撃損傷)は外力が加わった部位に生じる頭蓋内損傷であり、一方contrecoup injury (反衝損傷)は受傷側と対側の頭蓋内損傷を示す(図4)。

入院時症状と予後

入院時 initial unconsciousness, retrograde amnesia, post traumatic amnesia の3症状いずれも認めなかった症例では、極く少量の急性硬膜外血腫2症例、線状骨折2症例、慢性硬膜下血腫1症例であった。これらの症例は来院時 Glasgow Coma Scale 15点であったが、その後血腫の増大や新たな血腫の出現等が危惧されたため、注意深く神経学的所見の観察やCTの経時的観察を必要としたため、平均5日と比較的長い在院日数となった。しかし、いずれの症例もその後症状の増悪を来すことなく退院となった。また、いずれの症状も認めず、さらに神経放射線学的に異常を示さなかった症例の入院はなかった。一方、入院時 initial unconsciousness, retrograde amnesia, post traumatic amnesia の3症状全てを認めた症例では、付随する症状の消失に時間を要し、ゆえにこれらの患者の在院日数は、当然のことながらいずれかの2症状やいずれか1症状単独に認めた症例よりも長かった。この結果は、軽症頭部外傷においてこれら3症状が神経機能の障害程度とその短期的予後に関連していると思われる。しかし外来において長期的予後を観察しえた症例では、全員予後良好であった。

脳振盪の定義とその発生機序

今回集積した患者のうち、入院時 initial unconsciousness, retrograde amnesia, post traumatic amnesia の3症状いずれかの症状を呈しCTにて局所脳損傷を認めなかった症例は、脳振盪症の範疇に分類される。ここで軽症頭部外傷にしばしば好んで用いられる、脳振盪 (cerebral concussion) について文献的考察を加える。この脳振盪は頭蓋内に局在性の病変を持たない、外傷に続発し

て発生した一過性の神経学的異常所見を総称して使用される傾向にある。外傷に続発して発生した神経学的異常所見とは、意識障害、健忘症、眩暈や不安定感などの症状が含まれ、これらの症状は短期間に回復することが条件である。また実験的検討からは、一過性の呼吸循環系の変化を伴うこともあると報告され⁹⁾、さらに肉眼的に脳損傷を認めない症例でも詳細な組織学的検索を行った結果、何らかの形態学的変化が捉えられた症例の報告もある。これらの変化は神経線維の離断が主体で⁹⁾、電子顕微鏡による細胞の微細構造の検討では myelin sheath の乱れや細胞内浮腫を認める以外の細胞構造上の変化は乏しいとされる⁹⁾。それでは、これら形態学的変化がいかにして症状を発現するのであろうか。局所脳血流の障害は、脳に衝撃が加わった後、1-2分後に脳幹部で約15%増加し、また2-4分後に40%減少し、その後40分を経過して衝撃前の状態に復帰するとされる⁹⁾。さらに、脳代謝面での検討では、衝撃により代謝の亢進が主に脳幹部で15分後認められることが報告されている^{7,9)}。ゆえに、脳代謝が15分後亢進しているにもかかわらず、2-4分後の早期から脳血流が低下しその回復が40分経過後に得られることから、神経細胞はその代謝亢進期に十分なエネルギー供給を受けられないことになり、神経症状を発現すると理解される。この結果、脳幹部神経細胞の細胞膜の Na⁺, K⁺ pump の活性が低下し、細胞内 Na⁺ の貯留から細胞内浮腫が励起され形態学的変化となって現れると考えられる。 -

さて脳振盪の分類に関して、Gennarelliらは diffuse brain injury (びまん性脳損傷) と focal brain injury (局所脳損傷) とに大きく頭部外傷を分類し、diffuse brain injury の範疇に non-structural injury として脳振盪 (cerebral concussion) を、また structural injury として diffuse axonal injury を位置づけている⁹⁾。ここで脳振盪 (cerebral concussion) と diffuse axonal injury の相違は、脳振盪 (cerebral concussion) では1) 意識障害の持続が6時間以下、2) 除脳硬直肢位をとらない、3) posttraumatic amnesia

の持続は数時間以内、4) 記憶障害の発生はまれ、などを特徴とするところである¹⁰⁾。特に Gennarelli らは意識障害の持続が時間 6 時間以上の症例は、脳振盪 (cerebral concussion) には分類できず diffuse axonal injury として分類することを強調している⁹⁾。結果として脳振盪 (cerebral concussion) は、頭部に対する衝撃の結果、一過性の神経脱落症状を認め、そのうち特に意識障害の持続は 6 時間以内であり、頭蓋内に通常の検査では局所脳損傷を合併せず、しかし細胞レベルでの詳細な検査では変化が観察される可能性のある閉鎖性頭部外傷と理解される。

スポーツ頭部外傷患者の管理

引き続きスポーツによる頭部外傷患者の管理について、文献的考察を加える。Cantu は軽症頭部外傷患者をいつ試合に復帰させるか、かなり厳しい条件を記載した¹¹⁾。Cantu によれば次の項目を満たす選手は、シーズン中の試合復帰を禁止される。1) 1 シーズンに 3 回 concussion (initial unconsciousness を合併しなくても) を起こした選手。2) 1 シーズンに 2 回の意識障害 (5 分以上) を伴う concussion を起こした選手。これらの選手は次のシーズンまでに無症状であった場合、試合への復帰が許可される。また、5 分以下の initial unconsciousness を選手が起こした場合、1 週間無症状で経過することを確認後 1 ヶ月して試合への復帰が許可される。しかし、これらの基準はプロスポーツ選手に対するものであり、今後一般スポーツ愛好家への指導基準作成が待たれる。

専門的診察を要するスポーツ頭部外傷

最後に、脳神経外科専門医の診察を要するスポーツ頭部外傷の基準を以下に提唱し稿を終える。

1. 意識障害 3 分以上
2. 何らかの神経学的異常所見が 24 時間以上継続する場合 (頭痛、眩暈を含む)
3. 局所神経脱落症状の出現 (片麻痺、半側知覚障害、失語症、構語障害、半側腱反射亢進等)
4. 痙攣発作

5. 頭蓋底骨折を示唆する所見の出現

Battle's sign (耳介後部の皮下出血 図 5)
raccoon eyes (眼瞼周囲の皮下出血と腫脹)
脳神経症状 (視力視野障害、顔面神経麻痺、聴力障害)
血性鼓膜の耳鏡による確認
髄液鼻漏、耳漏 (水様液の鼻腔、外耳道からの流出)

6. 頭蓋内血管性雑音、血管性耳鳴り

7. 遅発性頭皮下拍動性腫瘍

以上の所見が得られた場合、脳神経外科専門医の診察が必要であり、さらに XP、CT、MRI 等の精査が場合により行われる。現場のスポーツ指導者、チームドクターがこれら症状を早期に発見し、選手を脳神経外科専門医のもとへ搬入することが望まれる。



図 5 耳介後部の皮下出血
Fig. 5 Battle's sign

参考文献

- 1) 馬杉則彦：スポーツによる頭部外傷の統計。臨床スポーツ医学 4：975-978、1987。
- 2) Clarke KS: Epidemiology of neurologic injuries in sports. In Jordan BD, Tsairis P, Warren RF, eds. Sports Neurology. Rockville. An Aspen Publication. 1989 pp 63-74.
- 3) Gennarelli TA, Segawa H, Wald U, et al: Physiological response to angular acceleration of head. In Grossman RG, Gildenberg PL, eds. Head Injury; Basic and clinical aspects. New York. Raven Press, 1982.
- 4) Oppenheimer DR: Microscopic lesions in the brain following head injury. J Neurol Neurosurg Psychiatry 31: 299-306, 1968.
- 5) Tsubokawa T, Nakamura S, Hayashi N: Experimental primary fatal head injury caused by linear acceleration. Neurol Med Chir 19: 287-301, 1979.
- 6) Nilsson B, Ponten U, Voigt G: Experimental head injury in the rat. Part I: Mechanics, pathophysiology, and morphology in an impact acceleration trauma model. J Neurosurg 47: 241-251, 1977.
- 7) Miller JD, Stanek AE, Langfitt TW: Cerebral blood flow regulation during experimental brain compression. J Neurosurg 39: 186-196, 1973.
- 8) Nelson SR, Lowry OH, Passonneau JV: Changes in energy reserves in mouse brain associated with compressive head injury. In: Head Injury, (ed) WF Caviness, AW Walker. Lippincott, Philadelphia, 1966.
- 9) Gennarelli TA: Cerebral concussion and diffuse brain injuries. In Cooper PR, ed. Head Injury. Baltimore; Williams & Wilkins; 1987 pp 108-124.
- 10) Jordan BD: Head injury in sports. In Jordan BD, Tsairis P, Warren RF, eds. Sports Neurology. Rockville. An Aspen Publication. 1989 pp 75-83.
- 11) Cantu RC: Guideline for return to contact sports after a cerebral concussion. Physician Sports Med. 14: 75-83, 1986.

骨格筋における自由水の特性

栗田 太作 (医学部神経内科) 灰田 宗孝 (医学部神経内科)
篠原 幸人 (医学部神経内科) 古橋 栄介 (理学部物理学科)
三浦 信広 (理学部物理学科) 新屋敷 直木 (理学部物理学科)
真下 悟 (理学部物理学科)

Characteristics of Free Water in Skeletal Muscle

Daisaku KURITA, Munetaka HAIDA,
Yukito SHINOHARA, Eisuke FURUHASHI,
Nobuhiro MIURA, Naoki SHINYASHIKI,
and Satoru MASHIMO

Abstract

Dielectric relaxation measurements by the use of a time domain reflectometry method were performed on Soleus Muscle and Gastrocnemius Muscle of wistar rat in a temperature range of 0°C to 40°C. Three dielectric relaxation peaks could be found. The low frequency peak around 100Hz could be assigned to electrode polarization, and the intermediate one around 100kHz could be attribute to migration of counterion on biomaterial. The high frequency one around 10GHz could be due to orientation of water molecules, judging from the relaxation time and relaxation strength. Its activation energy obtained from temperature dependence of the relaxation times is 16kJ/mol, which is in good agreement with that of pure water. Water content estimated from its relaxation strength at 25°C is about 0.7/cc. There is a large amount of bulk water in the muscle cell.

I. はじめに

筋線維は、組織学的に赤筋 (red muscle) と白筋 (white muscle) とに分類され、機能的にみれば赤筋は遅筋といわれゆっくり収縮し疲労しない。これに対して白筋は、速筋といわれ短時間に収縮するが持続しない。赤筋と白筋は、もともと肉眼的にみて名付けられた名前であり、その色の原因は Myoglobin の量によるものである。赤筋と白筋とは、筋線維のレベルで組織化学的に論じられるようになり、酵素の相違や Glycogen の含有量さらに毛細血管の発達などの相違が認められ説明され

ている。

しかし、筋線維の水の状態は、含水量が80%もあるがその物理的性質については未だ不明な点が多く完全に解明されていない。NMR (nuclear magnetic resonance) では得られた緩和時間から、主に2つの解釈がある。ひとつは、筋線維の水は3つの状態すなわち20%の水はタンパク質に強く結合した水、65%の水は筋原線維や筋小包体に含まれる水、残りの15%の水は細胞外の水に分けられる解釈である。もうひとつは、全水分量の4%の水はタンパク質と固く結合し、残りの大部分の水は希薄な塩水溶液と同じ状態であるとする解釈である。これらの解釈では水の状態と量が異

なり、統一の見解には至っていない²⁻⁵⁾。

一方、誘電緩和の測定は生体高分子-水系で行われている。観測できる緩和過程は、Albumin やポリグルタミン酸水溶液の高分子のオーバーオールローテーション^{6,8)}、ポリグルタミン酸の高分子鎖のミクロブラウン運動^{7,9)}、DNA のカウンターイオンの挙動⁹⁾、さらに Albumin 水溶液や加湿カラーゲンそして DNA の結合水や自由水の配向である^{6,10,12)}。筋線維は、水と収縮性の蛋白質などの生体高分子、アデノシン三リン酸 (ATP) などの有機小分子、および無機イオン等との相互作用した複雑な系であり、水がどのような状態であるのか興味がある。

時間領域反射法 (Time Domain Reflectometry method; TDR 法) は、30Hz~20GHzにおよぶ広帯域、特に高周波数領域の誘電緩和スペクトルを測定することが可能である。骨格筋に応用することにより、高周波数領域の自由水の緩和過程が測定できる。そこで本研究は、TDR 法を用い赤筋と白筋の自由水緩和過程を観測し、Arrhenius の法則により筋線維の水の状態を解明することを目的とした。更に、赤筋と白筋の水の状態を比較検討した。

II. 実験方法

1. 対象

対象は Wistar Rat 12週齢♂300g 4匹とした。測定部位は赤筋として右下肢のヒラメ筋、白筋として腓腹筋を用いた。エーテル麻酔下で腹部大動脈および下大静脈より脱血後、右下肢の皮膚を除去しヒラメ筋と腓腹筋を摘出した。摘出した筋は底上げした試料管に入れ、TDR 電極と熱電対を設置してパラフィンフィルムで密封した。底上げた試料管には、底に生理食塩水が満たしてあるため筋の乾燥を防止できる。温度制御は、液体窒素とヒーターにより行った。設定温度は 0°C から 40°C とした。筋温度は、設置した熱電対により測定した。誘電緩和の測定は初めにヒラメ筋と腓腹筋を 25、23、20、15、10、5、0°C で行い、続い

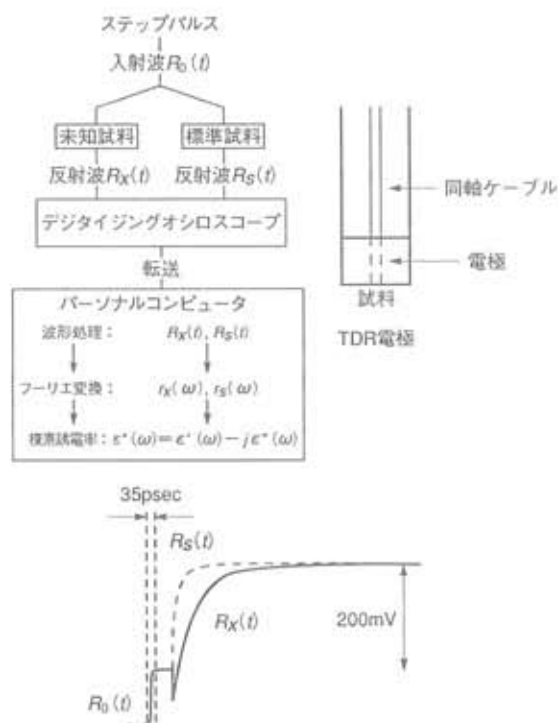


図1 TDR 法の流れ図

Fig. 1 Flowchart of time domain reflectometry (TDR) measurement.

て新しいヒラメ筋と腓腹筋で 25、27、30、35、37、40°C で行った。2つの筋を用意することにより、筋摘出後の経時的変化や温度可変による筋変性を回避した。

2. TDR 測定法

時間領域反射法 (Time Domain Reflectometry method; TDR 法) の測定原理については、すでにいくつかの論文で報告されている¹²⁻¹⁵⁾。TDR 測定装置は、Hewlett Packard 社製のデジタイジング・オシロスコープ (HP54120B) を用いた。Fig. 1 に示すように内蔵されているステップ・ジェネレーターにより発生した立ち上がり時間 35psec でパルス電圧 200mV のステップパルス電圧を電極から未知試料および標準試料に入射した。そこで生じた試料からの反射波をパーソナルコンピュータに転送し、フーリエ変換して誘電緩和スペクトルを得た。

TDR 測定に用いた電極は、幾何学的長さ d 、電気長 γd で未知試料の複素誘電率 ϵ^* と標準試料の複素誘電率 ϵ_s^* から以下の式が与えられる¹⁶⁾。

$$\epsilon^* = \epsilon_s \frac{1 + \{(cf_s) / [j\omega(\gamma d)\epsilon_s^*]\} \rho f_s}{1 + \{(j\omega(\gamma d)\epsilon_s^* / (cf_s)\} \rho f_s} \quad (2-1)$$

$$\beta = \frac{\int_0^{\infty} [Rs(t) - Rr(t)] \exp(-j\omega t) dt}{\int_0^{\infty} [(d/dt)Rs(t)] \exp(-j\omega t) dt - \int_0^{\infty} [Rs(t) - Rr(t)] \exp(-j\omega t) dt} \quad (2-2)$$

$$f = Z \cos Z \quad (2-3)$$

$$Z = (\omega d/c) \epsilon^{1/2} \quad (2-4)$$

$Rs(t)$ は標準試料からの反射波、 $Rr(t)$ は未知試料からの反射波で j は虚数単位、 ω は角周波数、そして c は光速である。

今回の測定に用いた電極は、 d (幾何学的長さ) が 0.01mm で γd (電気長) が 0.31mm である。標準試料は水を用いた。また、GHz 領域の複素誘電率をより正確に求めるために Bilinear 解析^{16,17)} を行った。

3. 活性化エネルギーの算出¹⁸⁾

Arrhenius の法則により、誘電緩和測定で得られた緩和時間 τ と絶対温度の逆数 ($1/T$) の関係は、次式で与えられる。

$$\tau = A \exp(\Delta H/RT) \quad (2-5)$$

ここで ΔH は活性化エネルギーであり、 A は定数、 R は気体定数で $8.31 \text{ (J mol}^{-1} \text{ K}^{-1})$ である。これは、

$$\frac{d(\ln \tau)}{d(1/T)} = \frac{\Delta H}{R}$$

となり、 $1/T$ に対する $\ln \tau$ の変化 (Arrhenius plot) は、 $\Delta H/R$ で与えられる。すなわち、 τ の温度依存性を観測することにより、活性化エネルギーが算出できる。

III. 結果および考察

Fig. 2 は TDR 法により 25°C で測定したヒラメ筋の誘電緩和スペクトルである。このように複素誘電率の周波数依存性は黒丸で示されるように

10^1 から 10^9 Hz オードにおよぶ広い周波数帯域で観測された。上段は複素誘電率の実部 ϵ' を表した誘電分散曲線、下段は複素誘電率の虚部 ϵ'' を表した誘電吸収曲線を示す。この誘電緩和スペクトルはいくつかの緩和過程を重ね合わせることで表わせる¹⁹⁾。

$$\epsilon^* = \epsilon_\infty + \sum_n \frac{\Delta \epsilon_n}{[1 + (j\omega \tau_n)^{a_n}]^{b_n}} \quad (3-1)$$

(3-1) 式に示す Havriliak-Negami の式を重ね合わせた式を用い、ヒラメ筋の誘電緩和スペクトルから誘電緩和パラメーターを最小二乗法を用いフィッティング処理して決定した。ここで、 n は緩和過程の数、 ω は角周波数、 τ_n はそれぞれの緩和時間、 $\Delta \epsilon_n$ はその緩和強度、 ϵ_∞ は光学的誘電率、 j は虚数単位、 a_n と b_n は緩和時間分布を表すパラメーターである。その結果、Fig. 2 の誘電緩和スペ

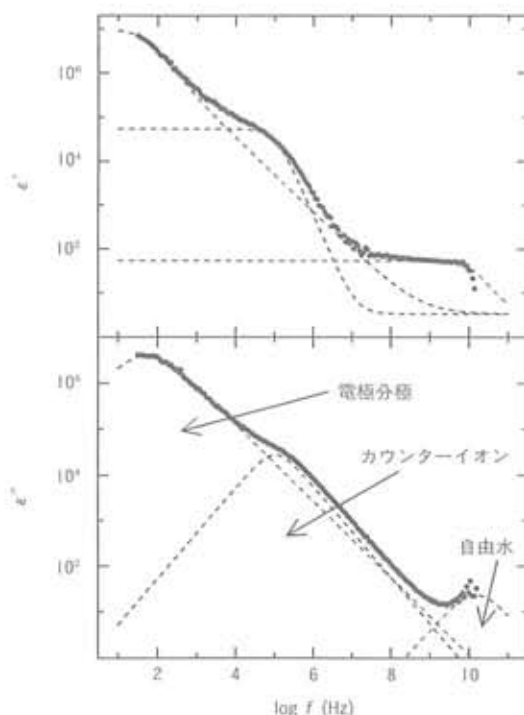


図2 25°Cで測定したヒラメ筋(赤筋)の誘電分散及び誘電吸収の周波数依存性。点線は全ての緩和過程から得られた個々の緩和過程を示す。

Fig. 2 Frequency dependence of dielectric dispersion and absorption for Soleus Muscle (Red Muscle) at 25°C. Dotted curves show each relaxation process separated from total relaxation process.

クトルは点線で示されるように3つの緩和過程を重ね合わせるにより最も良く表現できた。これら3つの緩和過程は、100Hz、100kHz、および100GHz付近に緩和ピークが存在した。低周波数領域の緩和過程は電極分極²⁰⁾と解釈でき、中間周波数領域の緩和過程は生体高分子と相互作用しているカウンターイオンの移動⁹⁾と解釈できる。高周波数領域の緩和過程は生体高分子水溶液などで一般的に観測されている自由水の配向^{6,11,12)}と解釈できる。以下、腓腹筋の誘電緩和スペクトルも同様に解釈し設定した温度領域の解析も同様に行った。

Table. 1に解析した各温度に対する赤筋と白筋の誘電緩和パラメーターを示す。ここで自由水の緩和強度 ($\Delta\epsilon_r$) は自由水の量を表し、緩和時間 ($\log \tau_h$) は自由水の配向する速度を表す。25°Cにおいて赤筋と白筋の $\Delta\epsilon_r$ はそれぞれ52.1、52.0であった。純水の $\Delta\epsilon$ は73.2であることから²¹⁾、単位体積あたりの水分量を表す体積分率すなわち $\Delta\epsilon_r/\Delta\epsilon$ はそれぞれ72%、71%となる。筋線維内腔が筋組織の体積の大半を占めることを考慮すると、筋線維内の自由水を観測していることになる。

Fig. 3は、各温度における絶対温度の逆数 ($1/T$) に対する赤筋と白筋の自由水の緩和時間 ($\log \tau_h$) の変化、Kaatzの報告²¹⁾による純水の緩和時間の変化、そしてMiuraらの報告²²⁾によるタンパク質水溶液(20wt% Albumin水溶液)の自由水緩和時間の変化を示した Arrhenius プロットである。ここで、○は赤筋、●は白筋、▲は純水、◇はタンパク質水溶液の自由水である。

赤筋と白筋の自由水の緩和時間 ($\log \tau_h$) は絶対温度の逆数 ($1/T$) の値が減少するに伴い直線的に減少した。このことから赤筋と白筋の筋線維の自由水は0°Cから40°Cの間では転移温度が存在せず、活性化エネルギーが1つであることを示している。また、赤筋と白筋の緩和時間は純水に比べ若干遅いことから自由水の自由体積²³⁾が多少減少していると考えられる。

これらの Arrhenius plot の傾きを(2-5)式に代入し活性化エネルギーを算出すると赤筋の場合

表1 赤筋と白筋で観測された誘電緩和パラメータ

Table 1 Dielectric relaxation parameters for red muscle and white muscle

T (°C)	log τ_h (s)	$\Delta\epsilon_r$	β_h	ϵ_∞	σ (S/m) ($\times 10^{-6}$)
Red Muscle					
40	-11.14	46.5	0.95	3.5	2.93
37	-11.09	48.4	0.95	3.5	3.06
35	-11.08	49.4	0.95	3.5	2.34
30	-11.06	50.0	0.93	3.5	2.44
27	-11.03	51.4	0.93	3.5	2.87
25	-11.00	52.1	0.93	3.5	1.56
23	-11.00	52.1	0.93	3.5	1.48
20	-10.96	53.3	0.93	3.5	1.35
15	-10.91	53.9	0.93	3.5	1.83
10	-10.85	55.6	0.92	3.5	1.00
5	-10.79	57.2	0.90	3.5	2.15
0	-10.73	58.4	0.87	3.5	1.65
White Muscle					
40	-11.08	46.4	0.99	3.5	1.17
37	-11.07	49.0	0.99	3.5	1.15
35	-11.07	50.0	0.99	3.5	0.79
30	-11.02	51.3	0.99	3.5	1.16
27	-11.01	49.8	0.99	3.5	0.76
25	-10.99	52.0	0.99	3.5	1.16
23	-10.92	53.0	0.99	3.5	0.61
20	-10.91	52.8	0.99	3.5	0.79
15	-10.87	54.9	0.99	3.5	1.06
10	-10.84	56.4	0.88	3.5	0.72
5	-10.77	59.5	0.85	3.5	1.20
0	-10.70	60.6	0.85	3.5	1.08

16.28kJ/mol、白筋が15.85kJ/mol、純水が19.82 kJ/mol、20wt% Albumin水溶液が21.38kJ/molとなる。これらをTable. 2に示す。赤筋と白筋の自由水の活性化エネルギーはほぼ同値であった。このことは、筋線維の自由水が配向するために必要なエネルギーが赤筋と白筋とで同じであることを示している。また、両者の活性化エネルギーは純水に比べ若干小さく、タンパク質水溶液の自由水に比べると明らかに小さい値であった。このことから筋線維の自由水は自由体積が多少減少しているものの、タンパク質が溶解し自由体積が減少して水の緩和時間を大幅に長くするほどではない。従って、筋線維の自由水は、筋を構成している生

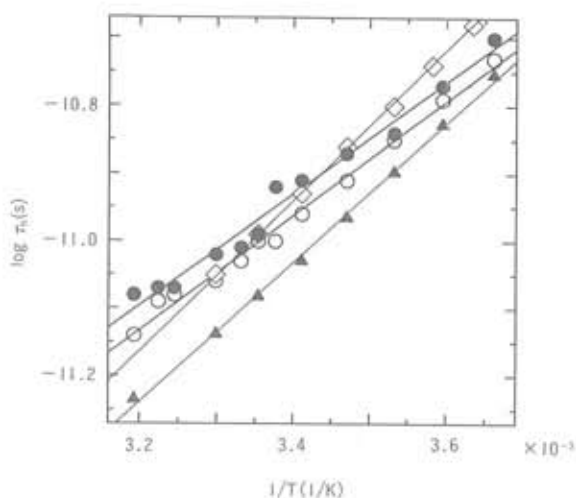


図3 絶対温度の逆数 $1/T$ に対する自由水の緩和時間の対数 $\log \tau_r$ の変化。

(○): ヒラメ筋(赤筋)、(●): 腓腹筋(白筋)、(▲): 純水、(◇): 20wt% アルブミン水溶液

Fig 3 The plots of logarithm of the relaxation time τ_r against reciprocal of absolute temperature, $1/T$. (○): Soleus Muscle (Red Muscle); (●): Gastrocnemius Muscle (White Muscle); (▲): water; (◇): 20wt% albumin in aqueous solution.

表2 緩和時間の温度依存性から得られた活性化エネルギー
Table 2 Activation energies obtained from temperature dependence of the relaxation times

	Red Muscle	White Muscle	Water	20wt% Albumin in aqueous solution
ΔH (kJ/mol)	16.28	15.85	19.82	21.38

体高分子との相互作用による緩和時間を長くする影響が少ない。すなわち、細胞骨格や収縮性タンパク質などの構造に関与しないより Bulk な水であるといえる。

また、筋線維の自由水の活性化エネルギーは純水よりも若干小さい。活性化エネルギーを変化させる状態として、タンパク質水溶液の他に電解質水溶液の水が考えられる。電解質水溶液の水の場合、水分子とイオンとの静電的相互作用により、水分子どうしが水素結合によって作られるクラスターの一部分が壊れ、水分子が配向するエネルギーが小さくなる状態がある²⁴⁾。生体組織一般に、無機イオンは存在するため筋線維の水も電解質水溶

液の水と同様に活性化エネルギーを小さくする可能性は十分にある。

筋線維の活性化エネルギーが純水、タンパク質水溶液に比べ小さい値を示すことが、筋特有のものであるかはわからない。しかも、脳(灰白質)の場合その活性化エネルギーが17kJ/molとなる²⁰⁾。この結果は、白筋、赤筋とほぼ同じ値であることから、生体組織一般に認められることかもしれない。従って、純水やタンパク質水溶液よりも小さい活性化エネルギーであること、すなわち小さいエネルギーで配向できる水が、個々の細胞でのエネルギー代謝の適した場を提供しグルコースや O_2 そして ATP などの物質輸送を円滑にして、速やかに ATP ase が機能できる条件なのかもしれない。

参考文献

- 1) J. B. West: BEST AND TAYLOR'S Physiological Basic of Medical Practic. WILLIAMS & WILKINS. 98-101, 1986.
- 2) P. S. Belton, R. R. Jackson, and K. J. Packer: Pulsed NMR Studies of Water in Striated Muscle. I. Transverse Nuclear Spin Relaxation Times and Freezing Effects. Biochim. Biophys. Acta. 286: 16-25, 1972.
- 3) C. F. Hazlewood, D. C. Chang, B. L. Nichols, and D. E. Woessner. Nuclear Magnetic Resonance Transverse Relaxation Times of Water Protons in Skeletal Muscle. Biophys. J. 14: 583-606, 1974.
- 4) R. Cooke, and R. Wien: Nuclear Magnetic Resonance Studies of intracellular Water Protons. Ann. N. Y. Acad. Sci. 204: 197-203, 1973.
- 5) R. Cooke, and R. Wien: Nuclear Magnetic Resonance Studies of intracellular Water Protons. (Discussion). Ann. N. Y. Acad. Sci. 204: 204-209, 1973.
- 6) N. Miura, N. Asaka, N. Shinyashiki, and S. Mashimo: Microwave dielectric study on bound

- water of globule proteins in aqueous solution. *Biopolymers*. 34: 357-364, 1994.
- 7) S. Mashimo, T. Ohta, N. Shinyashiki, S. Tanaka, and S. Yagihara: Dielectric study on chain dynamics of Poyl (glutamic acid) in Aqueous solution using the frequency range 10^7 - 10^{10} Hz. *Macromolecules*. 22: 1285-1288, 1989.
 - 8) S. Mashimo, N. Miura, N. Shinyashiki, and T. Ota: Dielectric study on molecular motions of Poly (glutamic acid) in aqueous solution over a frequency range of 10^5 - 10^{10} Hz. *Macromolecules*. 26: 6859-6863 1993.
 - 9) M. Mandel: Dielectric Properties of charged linear macromolecules with particular reference to DNA. *Ann. NY Acad. Sci.* 303: 74-87, 1977.
 - 10) N. Shinyashiki, N. Asaka, S. Mashimo, S. Yagihara, and N. Sasaki: Microwave dielectric study on hydration of moist collagen. *Biopolymers*. 29: 1185-1191, 1990.
 - 11) T. Umehara, S. Kuwabara, S. Mashimo, and S. Yagihara: Dielectric study on hydration of B-, A-, and Z-DNA. *Biopolymers*. 30: 649-656, 1990.
 - 12) R. H. Cole: Evaluation of dielectric behavior by time domain spectroscopy. I. dielectric response by real time analysis. *J. Phys. Chem.* 79: 1495-1469, 1975.
 - 13) R. H. Cole: Evaluation of dielectric behavior by time domain spectroscopy. II. dielectric response by real time analysis. *J. Phys. Chem.* 79: 1469-1474, 1975.
 - 14) R. H. Cole, S. Mashimo, and P. Winsor IV: Evaluation of dielectric behavior by time domain spectroscopy. 3. Precision difference methods. *J. Phys. Chem.* 84: 786-793. 1980.
 - 15) S. Mashimo, T. Umehara, T. Ota, S. Kuwabara, N. Shinyashiki, and S. Yagihara: Evaluation of complex permittivity of aqueous solution by time domain reflectometry. *Journal of Molecular Liquids*. 36: 135-151, 1987.
 - 16) K. Imamatsu, R. Nozaki, S. Yagihara, S. Mashimo, and M. Hashimoto: Evaluation of dielectric relaxation spectrum of phospholipids in solution by time domain reflectometry. *J. Chem. Phys.* 84: 6511-6517, 1986.
 - 17) J. G. Berberian, and R. H. Cole. Approach to glassy behavior of dielectric relaxation in 3-bromopentane from 298 to 107K. *J. Chem. Phys.* 84: 6921-6927, 1986.
 - 18) Nora E. Hill, Worth E. Vaughan, A. H. Price, and Mansel Davies: Dielectric properties and Molecular behaviour. Van Nostrand Reinhold company Ltd. 316-320, 1969.
 - 19) S. Havriliak, and S. Negami: A complex plane representation of dielectric and mechanical Relaxation processes in some polymers. *Polymer*. 8: 161-210, 1967.
 - 20) Nora E. Hill, Worth E. Vaughan, A. H. Price, and Mansel Davies: Dielectric properties and Molecular behaviour. Van Nostrand Reinhold company Ltd. 285-287, 1969.
 - 21) Udo Kaatzte: Complex Permittivity of Water as a Function of Frequency and Temperature. *J. Chem. Eng. Data*. 34: 371-374, 1989.
 - 22) N. Miura, Y. Hayashi, N. Shinyashiki, and S. Mashimo: Observation of Unfreezable Water in Aqueous Solution of Globule Protein by Microwave Dielectric Measurement. (to be published).
 - 23) N. Shinyashiki, N. Asaka, and S. Mashimo: Dielectric Study on Dynamics of Water in Polymer Matrix using a Frequency Range 10^6 - 10^9 Hz. *J. Chem. Phys.* 93: 760-764, 1990.
 - 24) F. Franks: Water A Comprehensive Treatise Volume 3 Aqueous Solutions of Simple Electrolytes. Plenum Press. 371-375, 1973.
 - 25) D. Kurita, M. Haida, Y. Shinohara, N. Miura, N. Shinyashiki, and S. Mashimo: Activation Energy of Brain Tissue Water. *Japanese Journal of Cerebral Blood Flow and Metabolism*. 6: 140, 1994.

L型、N型、P型、およびQ型Ca²⁺チャンネル 阻害剤の神経伝達に及ぼす影響

北村 憲 (医学部生体構造機能系薬理学教室、理学部化学科)

岩尾 佳代子 (医学部生体構造機能系薬理学教室)

松宮 輝彦 (医学部生体構造機能系薬理学教室)

熊本 高信 (理学部化学科)

岡 哲雄 (医学部生体構造機能系薬理学教室)

Effects of L-, N-, P-, and Q-type Ca²⁺ channel blockers
on neurotransmission

Ken KITAMURA, Kayoko IWAO,
Teruhiko MATSUMIYA, Takanobu KUMAMOTO,
and Tetsuo OKA

Abstract

Effects of calciseptine, a L-type Ca²⁺ channel blocker, ω -conotoxin GVIA, a N-type Ca²⁺ channel blocker, ω -agatoxin IVA, a P-type Ca²⁺ channel blocker, and ω -conotoxin MVIIC, a Q-type Ca²⁺ channel blocker, on the electrically-evoked contractions of isolated phrenic nerve-diaphragm muscle preparations from frogs (*Xenopus laevis*), rats, and guinea-pigs, and isolated rat vas deferens were investigated.

Contractions of phrenic nerve-diaphragm preparations were significantly inhibited by tetrodotoxin, a Na⁺ channel blocker, but not by any of four Ca²⁺ channel blockers, while those of rat vas deferens were significantly inhibited by both a Na⁺ channel blocker and a N-type Ca²⁺ channel blocker.

緒 言

神経が興奮し、活動電位が末端に到達すると、シナプス小胞に含まれる神経伝達物質がエキソサイトーシスによりシナプス間隙に放出され、放出された伝達物質は、受動拡散でシナプス後膜に到達し、そこに存在する受容体と特異的に結合し、神経の興奮が伝達されると考えられている。この場合、神経細胞内の興奮の伝導には電位依存性Na⁺チャンネル voltage-dependent Na⁺ channel (以下VD Na Chと略記)、シナプス小胞のエキソサイトーシスには電位依存性Ca²⁺チャンネル (VD Ca Ch) がそれぞれ関与すると考えられて

いる。また、VD Ca Chには数種類の異なるタイプが存在することが知られている。

そこで今回は、体性運動神経-骨格筋接合部、および交感神経-効果器接合部などにおける神経伝達に及ぼす、L型、N型、P型、およびQ型Ca Ch阻害剤の影響について研究したので報告する。

実験方法

体重200~300gのJcl-Wistar系ラット、体重350~400gのHartley系モルモット、ならびに体重25g前後のアフリカツメガエル (*Xenopus laevis*) などを用いた。体性運動神経-骨格筋接合部の標本として、摘出ラット横隔膜神経-横隔膜標

本、ラットおよびモルモットの横隔膜標本、およびアフリカツメガエルの腹直筋標本などを用いた。また、交感神経-効果器接合部の標本として、摘出ラット輸精管標本を用いた。腹直筋標本以外の標本は、37°Cの4 mlの Krebs 液(mM: NaCl 118; KCl 4.75; CaCl₂ 2.54; KH₂PO₄ 1.19; MgSO₄ 1.2; NaHCO₃ 3.25; glucose 11) が入った恒温浴槽に入れ、混合気体(95% O₂, 5% CO₂)を送りながら実験を行った¹⁻³⁾。また、Krebs 液の上部と下部に置いた白金線を介して、持続時間1 msecの次極大の矩形波刺激を、頻度0.1Hzで与えた。そして、電場刺激に応じて生じる筋の収縮の大きさを、FD トランスジューサーを介して、記録計に描記させた。また、横隔膜神経-横隔膜標本では、神経と白金線とを絹糸で結び、神経を直接刺激した。なお、実験中、横隔膜および腹直筋には0.5g、輸精管には0.2gの静止張力をそれぞれ与えた。また、腹直筋標本では、Krebs 液の代わりに、冷血動物用 Ringer 液(mM: NaCl 103; KCl 1; CaCl₂ 0.9; NaHCO₃ 1.19)を用いた。なお、VD Na Ch 阻害薬としてテトロドトキシン(TTx)、VD Ca Ch のL型の阻害薬として calciseptine (CaS)、N型の阻害薬として ω -conotoxin GVIA (ω -CTx-GVIA)、P型の阻害薬として ω -

agatoxin IVA (ω -Aga-IVA)、およびQ型の阻害薬として ω -conotoxin MVIIC (ω -CTx-MVIIC) などを用いた。また、薬は50 μ lのマイクロシリンジを用い、4~40 μ lの量で与えた。

実験結果ならびに考察

1. 摘出ラット輸精管標本

摘出ラット輸精管標本を頻度0.1Hzで電場刺激すると、刺激に応じた一定の大きさの反復収縮が得られた。ここに、VD Na Ch の特異的阻害薬である TTx を最終濃度で1 μ Mになるように加えると、電場刺激に応じた反復収縮は完全に消失した。これは、前回報告⁴⁾した摘出マウス輸精管標本を用いた場合と類似した結果であった。

次に、VD Ca Ch のL型の阻害薬である CaS では、収縮が抑制されたが、これは平滑筋を弛緩させることにより生じることが明らかにされた。したがって、L型阻害薬の伝達物質遊離に及ぼす影響を、このような方法で研究することは難しいことが示唆された。一方、N型の阻害薬である ω -CTx-GVIA の2 nMで収縮はほぼ完全に消失した(図1)。なお、この場合、平滑筋を弛緩させる

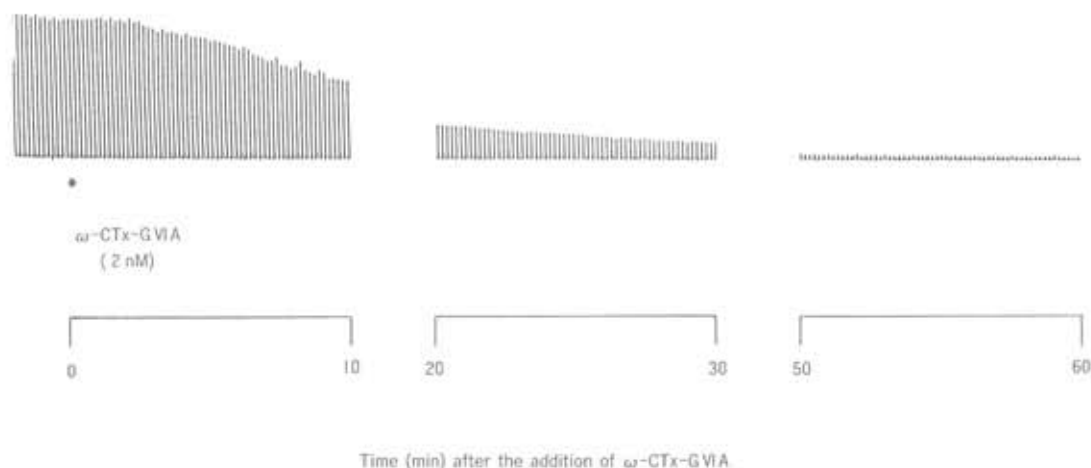


図1 摘出ラット輸精管標本の電場刺激に応じた収縮に対する ω -CTx-GVIAの抑制効果
Fig. 1 Inhibitory effect of ω -CTx-GVIA on the electrically evoked contractions of rat vas deferens.

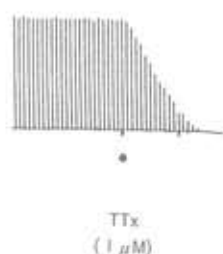


図2 摘出ラット横隔膜標本の電場刺激に応じた収縮に対するTTXの抑制効果
Fig. 2 Inhibitory effect of TTX on the electrically evoked contractions of rat diaphragm.

ためでなく、伝達物質遊離阻害により、収縮が抑制されることが示唆された。また、P型の阻害薬である ω -Aga-IVAの $0.1\mu\text{M}$ 、およびQ型の阻害薬である ω -CTX-MVIIICの $0.1\mu\text{M}$ などでも収縮は有意に抑制された。なお、これらの阻害薬による収縮抑制も、伝達物質遊離阻害によることが示唆された。しかし、 ω -Aga-IVAおよび ω -CTX-MVIIICなどの阻害薬は、一定の濃度範囲においてのみ、P型およびQ型のCaChを特異的に阻害するので、今回の実験結果のみで、P型およびQ型のCaChの関与を判断することはできない。しかし、N型のCaChが伝達物質の遊離に関与することは、今回の実験から強く示唆された。

2. 摘出横隔膜標本

摘出ラット横隔膜神経-横隔膜標本、ならびに、ラットおよびモルモットの横隔膜標本などを頻度 0.1Hz で電気刺激すると、刺激に応じた一定の大きさの反復収縮が得られた。記録としては、3種の標本とも類似しているため、ラット横隔膜標本を用いた時の記録を図2および図3に示した。TTXの $1\mu\text{M}$ により、刺激に応じた反復収縮は、3種の標本とも完全に消失した(図2)。

次に、VD CaChのL型の阻害薬であるCaSの $0.1\mu\text{M}$ 、N型の阻害薬である ω -CTX-GVIAの $1\mu\text{M}$ 、P型の阻害薬である ω -Aga-IVAの $0.1\mu\text{M}$ 、およびQ型の阻害薬である ω -CTX-MVIIICの $1\mu\text{M}$ などにより、刺激に応じた反復収縮に、3種の標本とも有意な変化は認められなかった(図3)。

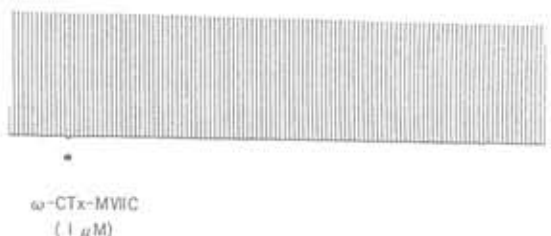
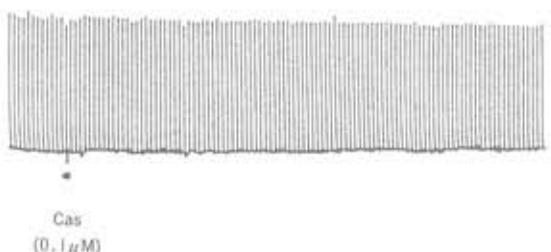
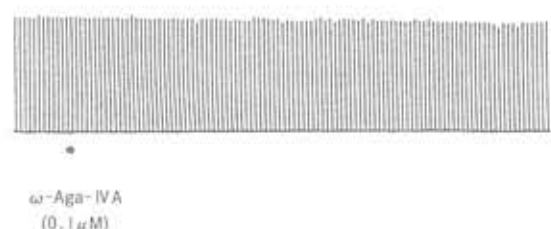
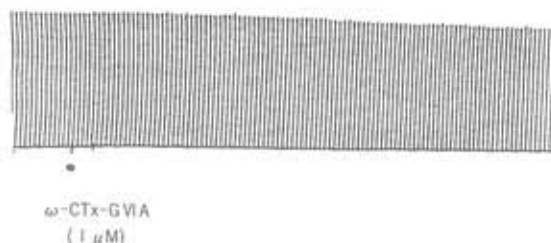


図3 摘出ラット横隔膜標本の電場刺激に応じた収縮に対する ω -CTX-GVIA、 ω -Aga-IVA、Cas、および ω -CTX-MVIIICなどの効果。有意な変化は認められない。
Fig. 3 Negative effects of ω -CTX-GVIA, ω -Aga-IVA, Cas, and ω -CTX-MVIIIC on the electrically-evoked contractions of rat diaphragm.

なお、マウスの胸横筋⁹⁾、およびマウスの横隔膜⁹⁾などを用いた体性運動神経-骨格筋接合部の実験結果も、今回の実験結果と同様に、N型の阻害薬である ω -CTx-GVIAが、これらの部位において、神経伝達を阻害しないことを示唆している。

3. 摘出腹直筋標本

摘出アフリカツメガエル腹直筋標本を頻度0.1 Hzで反復電場刺激すると、刺激に応じた一定の大きさの反復収縮が得られた。この収縮は、ラット横隔膜標本(図2)の場合と同様に、 $1\mu\text{M}$ のTTxで完全に消失した。また、この反復収縮に対するVD Ca ChのL型、N型、P型、およびQ型の阻害剤の効果は、ラット横隔膜標本(図3)の場合と同様に、認められなかった。

なお、トノサマガエル(*Rana nigromaculata*)、ウシガエル(食用ガエル)(*Rana catesbeiana*)、およびLeopard frog(*Rana pipiens*)などのcutaneous pectoralis muscleあるいは縫工筋などを用いた体性運動神経-骨格筋接合部の実験結果⁶⁻⁷⁾は、N型の阻害薬である ω -CTx-GVIAが、これらの部位において、神経伝達を阻害することを示唆している。

つまり、今回の実験結果ならびに報告されている実験結果などは、VD Na Ch阻害剤のTTxの有効性については、種差や標本差は質的にあまり認められないが、VD Ca Ch阻害剤の有効性については、種差や標本差が存在することを示唆している。

参考文献

- 1) Oka, T., Negishi, K., Suda, M., Matsumiya, T., Inazu, T. and Ueki, M.: Rabbit vas deferens: a specific bioassay for opioid κ -receptor agonists. *Eur. J. Pharmacol.* 73: 235-236, 1981.
- 2) Oka, T., Negishi, K., Suda, M., Sawa, A., Fujino, M. and Wakimasu, M.: Evidence that dynorphin-(1-13) acts as an agonist on opioid κ -receptors. *Eur. J. Pharmacol.* 77: 137-141, 1982.
- 3) Oka, T., Negishi, K., Kajiwara, M., Watanabe, Y., Ishizuka, Y. and Matsumiya, T.: The choice of opiate receptor subtype by neo-endorphins. *Eur. J. Pharmacol.* 79: 301-306, 1982.
- 4) 北村 憲、范 新田、岩尾佳代子、熊本高信、岡哲雄: 交感神経-効果器接合部の神経伝達に関する研究、東海大学スポーツ医科学雑誌。6: 28-34, 1994。
- 5) Anderson, A. J. and Harvey, A. L.: ω -Conotoxin does not block the verapamil-sensitive calcium channels at mouse motor nerve terminals. *Neurosci. Lett.* 82: 177-180, 1987.
- 6) Sano, K., Enomoto, K. and Maeno, T.: Effects of synthetic ω -conotoxin, a new type Ca^{2+} antagonist, on frog and mouse neuromuscular transmission. *Eur. J. Pharmacol.* 141: 235-241, 1987.
- 7) Kerr, L. M. and Yoshikami, D.: A venom peptide with a novel presynaptic blocking action. *Nature* 308: 282-284, 1984.

フラボノイドの抗酸化作用の意義について

永田 英孝 (工学部工業化学科) 竹腰 進 (医学部病態診断系病理学)
本間 隆夫 (工学部工業化学科) 渡辺 慶一 (医学部病態診断系病理学)

Significance of antioxidant actions of the flavonoids

Hidetaka NAGATA, Susumu TAKEKOSHI,
Takao HONMA, and Keiich WATANABE

Abstract

The plant-derived flavonoids such as quercetin and catechin are powerful inhibitors of lipid peroxidation in rat liver microsome. In the present experiment, quercetin and catechin suppressed the cytotoxicity of H_2O_2 in human lung adenocarcinoma-derived cells and aflatoxinB1-induced rat hepatoma-derived cells in the presence of GSH-PO, but such effect of flavonoids was not evidenced in the absence of GSH-PO. These findings suggested that the protective effect of flavonoids against oxidative stress would require GSH-PO.

Quercetin、catechinなどの植物由来のフラボノイドは、ラット肝ミクロソーム膜脂質過酸化反応を強力に阻害する物質である。本研究では、glutathione peroxidase (GSH-PO) 存在下では quercetin、catechin が H_2O_2 による細胞傷害作用を強力に抑制するが、GSH-PO 非存在下では細胞防御作用を示さないことを明らかにした。この結果より酸化ストレスに対するフラボノイドの細胞防御作用発現には、GSH-PO が必須であることが示唆された。

1. はじめに

高等植物に普遍的に含まれているフラボノイド

は、図1に示す様なベンゾ-γピロン構造を持つ色素化合物である。フラボノイドが血管保護効果、癌化抑制、高血圧予防といった様々な生理作用を持つことが報告されているが¹⁾、最近、膜脂質過酸化反応に対しフラボノイドが強力な抗酸化作用を示すことが明らかとなり²⁾、生体内に存在する有力な抗酸化物質として注目を集めている。また、培養細胞に過酸化水素 (H_2O_2) あるいは過酸化脂質 (LOOH) などの酸化ストレスを与えた際に、フラボノイドが有効な防御因子となりうることが判明し、その細胞防御作用が明らかとなってきている³⁾。一方、生体中には、抗酸化酵素群が存在しており、生体反応より発生してくるスーパーオキシド、 H_2O_2 、LOOH といった酸化ストレスに対

し、効果的な防御作用を行っている。特に、glutathione peroxidase (GSH-PO) は、 H_2O_2 、 $LOOH$ を、水および有機アルコールに還元する酵素であり、 H_2O_2 、 $LOOH$ に対する細胞レベルでの防御反応を考える場合、最も重要な因子であると考えられている。この点から、フラボノイドが、酸化ストレス誘導性の細胞傷害に対し防御的に作用する際には、それ自体の抗酸化作用ばかりでなく、GSH-PO と協同的に働いていることが推察されるが、この点について検討はなされていない。

本稿では、フラボノイドの酸化ストレスに対する防御作用発現における GSH-PO の役割を明らかにする目的で、(1)セレン欠乏 (GSH-PO は、セレン依存性に発現する酵素であるので、この条件では、GSH-PO(-) になっている) および添加 (GSH-PO(+)) 食飼育ラット肝臓から調製したミクロソーム膜を用いた脂質過酸化反応系におけるフラボノイドの抗酸化作用の検討、(2)セレン欠乏 (GSH-PO(-)) および添加 (GSH-PO(+)) 培養細胞系に酸化ストレスを負荷し、その際のフラボノイドの効果の比較検討を行った。以上の実験を通して細胞レベルでのフラボノイドの酸化ストレスに対する防御作用を、GSH-PO との協同作用の面から考察する。

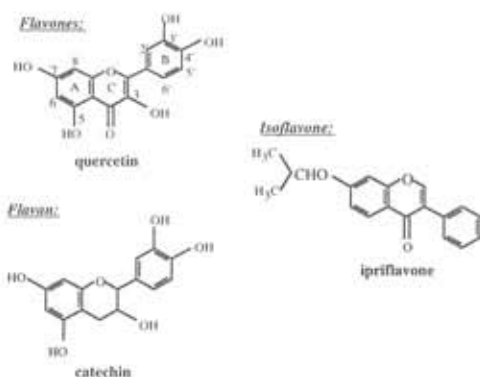


図1 フラボノイドの構造
Fig. 1 Structures of flavonoids.

2. 実験方法

2-1 実験材料、使用した化学薬品および測定機器

1) 試薬

Quercetin Dihydrate、(±)-Catechin は、Sigma 社、Ipriflavone は、武田製薬社より購入した。Glucose-6-phosphate dehydrogenase (G-6-PDH)、D-Glucose-6-phosphate (G-6-P)、D-Mannitol、Sodium selenite は、Sigma 社、Nicotinamide-adenine dinucleotide phosphate reduced form (β -NADPH)、Adenosine-5'-diphosphate disodium salt (ADP) は、オリエンタル酵母社、2-Thiobarbituric acid は、Merck 社、EDTA-2Na は、同仁化学社、Donkey anti-rabbit Ig-HRP F(ab')₂ fragment は、Amersham 社より購入した。

2) 培養細胞株

ヒト肺癌由来の細胞株である PC-9 細胞、およびラット肝臓由来の細胞株である AFB-1 細胞を用いた。

3) ミクロソームの抽出

Wistar 系今道雄ラット 11 週齢を用いエーテル麻酔下にて、腹部大動脈より脱血後、150mM KCl 10mM EDTA にて灌流し、肝臓を採取した。この肝臓に 9 倍量の Mannitol-Sucrose 緩衝液 (0.2M D-mannitol, 0.25M sucrose, 5mM Tris/HCl (pH7.5), 0.1mM EDTA) を加えホモジナイズした後、1000rpm、4°C、10分間遠心し上清を採取した。この上清を 10000rpm、4°C、10分間遠心し、その上澄みを 40000rpm、4°C、2時間超遠心した。沈殿物を 30ml の 150mM KCl、10mM EDTA にて 2 回洗浄後、8ml の 100mM リン酸緩衝液 (pH7.5) に溶かし、40000rpm、4°C、1時間超遠心し、得られた沈殿物をミクロソーム分画とした。

4) セレン欠乏およびセレン添加培養細胞株の作製⁴⁾

図 2 に示すように、培養液中の血清濃度を 10% → 5% → 2% → 1% と 2 週間毎に下げ、1% 血清

Se欠乏細胞株の作製

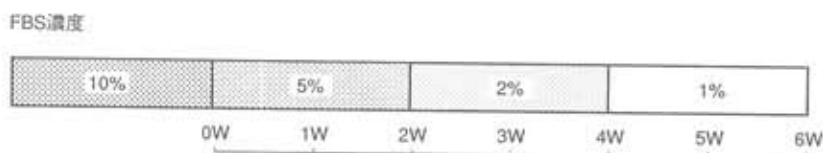


図2 セレン欠乏培養細胞の作製プロトコール

Fig. 2 Protocol for cell culture in selenium deficient medium.

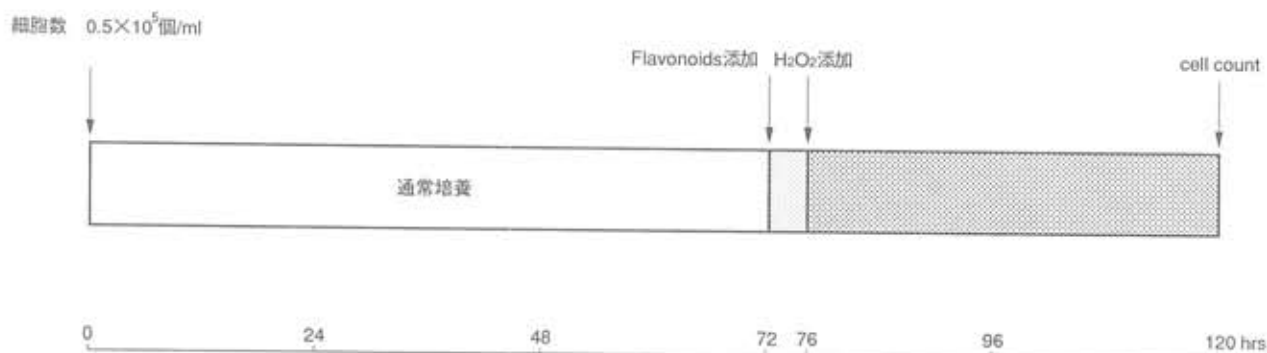


図3 培養細胞系を用いたフラボノイドの抗酸化作用の検討

Fig. 3 Effect of antioxidant action of the flavonoid on cell culture.

培養液での培養細胞をセレン欠乏細胞とした。このセレン欠乏細胞の培地中にセレンを100mg/mlの濃度で添加し、培養したものをセレン添加細胞とした。セレン欠乏及び添加細胞中のGSH-POの発現量は、抗ラットGSH-PO抗体を用いたイムノプロテイング法(ウエスタンプロテイング法)にて観察、確認した。

2-2 ミクロソーム膜-Fe³⁺-ADP-脂質過酸化反応系⁵⁾

脂質過酸化反応は、ミクロソーム(1mg/ml)を含む反応液(12 μ M Fe³⁺-ADP、5 μ M G-6-P、20 μ g/ml G-6-PDH、5mM MgSO₄、0.1M Tris-HCl pH7.5、H₂O₂)に0.5mM NADPHを加え反応を開始した。経時的に0.3mlの反応液をサンプリングし、これに1mlの0.05N HClを加え反応を停止した。これに、0.67% 2-thiobarbituric acid (TBA)を1.0ml加え攪拌し、30分間、沸騰水浴中にてTBA反応を行った(過酸化脂質の呈

色反応)。冷却後、15%メタノール含有ブタノール溶液を4.0ml加え、攪拌し、3000r.p.m.、10分間、20°Cで遠心した。ブタノール層(上層)を取り、535nmの吸光度を測定した。1,1,3,3-tetraethoxy propane (MDA)を過酸化脂質の標準サンプルとして標準検量線を作製し、サンプルの吸光度よりその過酸化脂質量を算出した。

2-3 ミクロソーム膜-Fe³⁺-ADP-脂質過酸化反応系におけるフラボノイドの効果

2-2に示した系に、フラボノイドを6.25~100 μ Mの濃度で加え、過酸化脂質量を経時的に測定した。

2-4 セレン欠乏およびセレン添加培養細胞株におけるH₂O₂による細胞傷害作用へのフラボノイドの効果

図3に示すように、通常培養を3日間行った後、無血清培地中にフラボノイドを加え、4時間イン

キュベートした後、血清を含む培地に H_2O_2 を加え、この培地にて2日間培養し、その細胞数を計測し、その残存細胞数から効果を判定した。

3. 結果と考察

3-1 無細胞系におけるフラボノイド抗酸化作用の検討

図4に、セレン欠乏 (Se(-)) およびセレン添加 (Se(+)) 食飼育ラットよりそれぞれ単離したミクロソーム膜を用いた脂質過酸化反応の経時的な変化を示した。ミクロソーム膜脂質過酸化反応は、Se(-)、Se(+)ミクロソーム膜のいずれの脂質を用いた場合でも、その反応曲線には変化は全く認められなかった。さらに、この Se(-)、Se(+)ミクロソーム膜脂質過酸化反応系を用いて、フラボノイドによる脂質過酸化反応の抑制作用の検討を行ったところ、図5に示すように抗酸化力は、quercetin > catechin > ipriflavone の順であった。また、Se(-)あるいはSe(+)ミクロソーム膜どちらの脂質を用いた場合においても、フラボノイドの抗酸化作用に差は認められなかった。

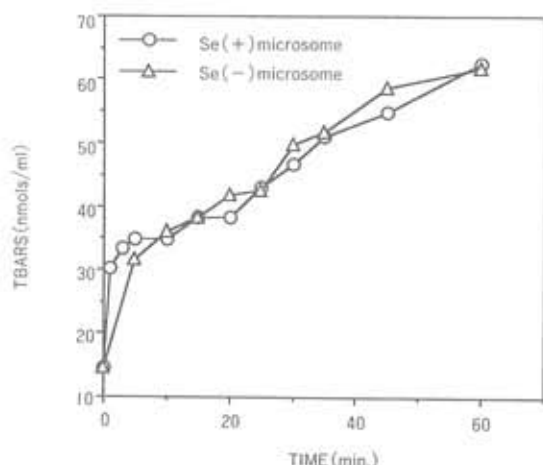


図4 Se(-)、Se(+)ラット肝ミクロソーム膜を用いた Fe^{3+} -ADP-脂質過酸化反応系

Fig. 4 Lipid peroxidation induced by Fe^{3+} -ADP complex in microsomal membranes from selenium supplemented and deficient diet rat liver.

3-2 フラボノイドの酸化ストレスに対する細胞防御作用とGSH-POの発現の効果について

動物組織中のGSH-POの発現が、セレン依存性であることは、当施設の報告を含め多くの実験結果が得られているが⁶⁾、細胞の由来によっては、供給されるセレンの量が同じでもGSH-PO発現量に差が見いだされることが判明している。本実験では、由来の異なるPC-9(ヒト肺癌由来)、AFB-1細胞(ラット肝癌由来)を用いたが、共にGSH-PO蛋白の発現は、セレン添加培養で陽性、セレン欠乏培養では陰性であり、セレン依存性であることが確認された。また、その発現量はAFB-1 > PC-9であり、細胞株間に差が認められた(図6)。次に、このセレン添加および欠乏培養細胞を用いて、 H_2O_2 による細胞傷害に対するフラボノイドの効果を検討した。その結果、PC-9、AFB-1のセレン添加細胞においても、図7に示すようにquercetin、catechinは、 H_2O_2 による細胞傷害作用を有意に抑制した。また、抗酸化作用の無いipriflavoneでは、効果は全く認められなかった。一方、セレン欠乏細胞(GSH-PO(-))では、フラボノイドは H_2O_2 に対する防御効果は全く示さず、逆にPC-9細胞ではquercetinにより細胞毒性作用が観察された(図8)。この結果から、 H_2O_2 の細胞傷害におけるフラボノイド(quercetin、catechin)の防御効果はフラボノイドとGSH-POとの協同作用により為されていることが示唆された。また、GSH-PO(-)細胞では、 H_2O_2 とquercetinにより細胞死が促進されたが、quercetinの濃度は、それ単独では細胞毒性作用を示さない濃度であることから、フラボノイドには、細胞の状態(GSH-PO(-)、 H_2O_2 暴露)によっては細胞毒性を示すことが判明した。 H_2O_2 が、GSH-PO非存在下においてapoptosisを引き起こすこと⁷⁾、また、フラボノイドの一種であるgenisteinが、apoptosisを誘導することが報告されていることから⁸⁾、本実験におけるquercetinの細胞傷害作用は、GSH-PO(-)の際の H_2O_2 による細胞死誘導の促進である可能性が推察された。

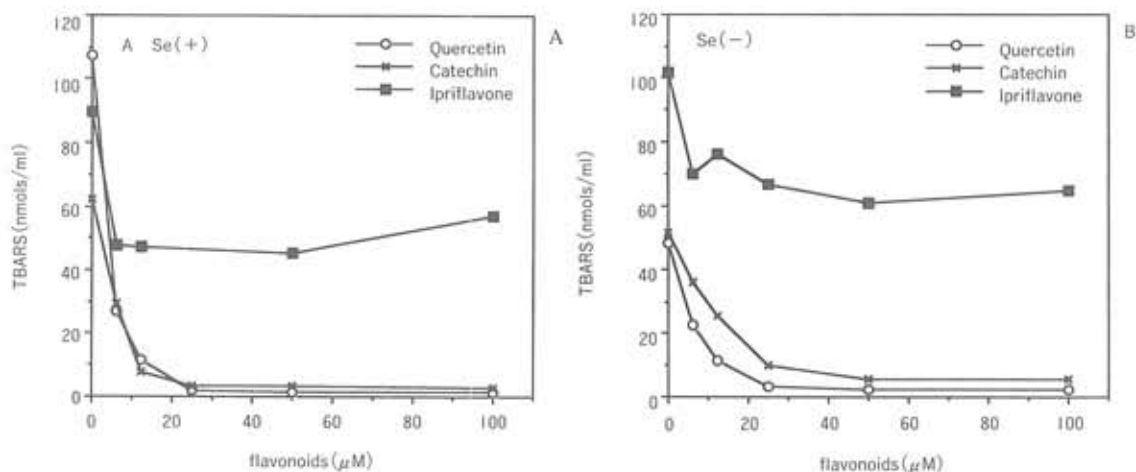


図5 Se(-), Se(+) ラット肝ミクロソーム膜-Fe²⁺-ADP-脂質過酸化反応系におけるフラボノイドの抗酸化作用
A: Se(+), B: Se(-)

Fig. 5 Effects of flavonoids on lipid peroxidation induced by Fe²⁺-ADP in microsomal membranes from selenium supplemented and deficient diet rat liver.

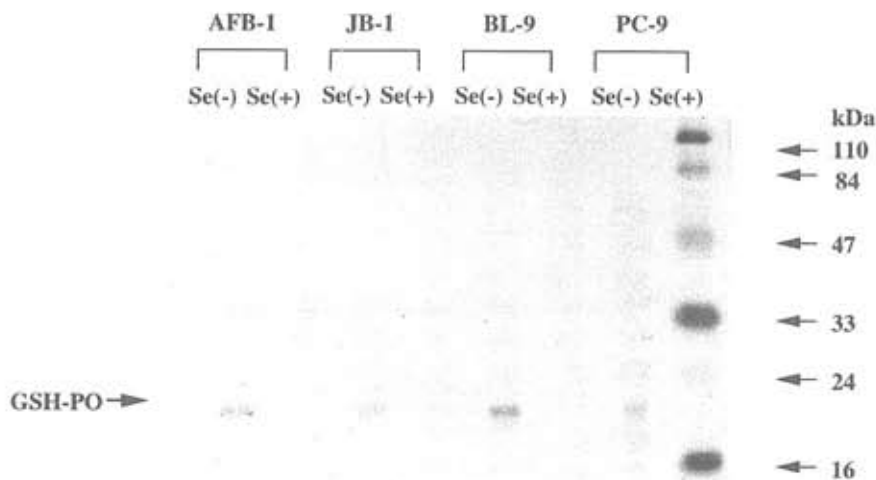


図6 イムノブロッティング法によるセレン添加及び欠乏培養細胞におけるGSH-PO蛋白の発現の検討

一次抗体: 家兎抗ラットGSH-PO抗体

二次抗体: 抗家兎IgG-HRP標識抗体

Fig. 6 Immunoblot analysis of GSH-PO expression in PC-9, AFB-1, BL-9, and JB-1 cells cultured with selenium supplemented and deficient medium.

first antibody: rabbit anti-rat liver GSH-PO antibody

second antibody: donkey anti-rabbit IgG, HRP linked F(ab)₂ fragment.

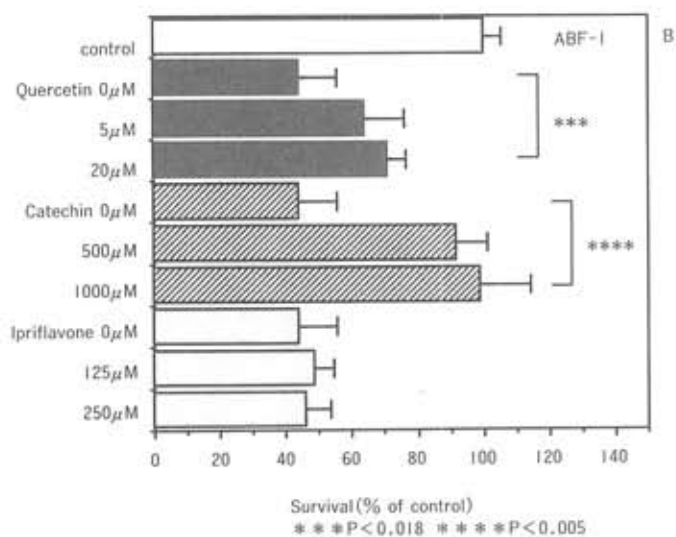
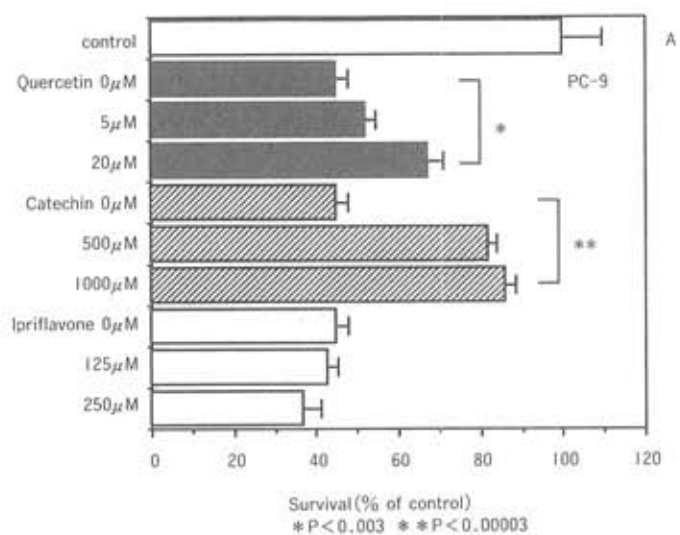


図7 セレン添加培養細胞での過酸化水素添加におけるフラボノイドの効果
A: PC-9, B: AFB-1

Fig. 7 Effects of the flavonoids on the cytotoxicity of H₂O₂ with selenium supplemented medium.
A: PC-9 (human lung adenocarcinoma-derived cells)
B: AFB-1 (aflatoxinB1-induced rat hepatoma-derived cells)

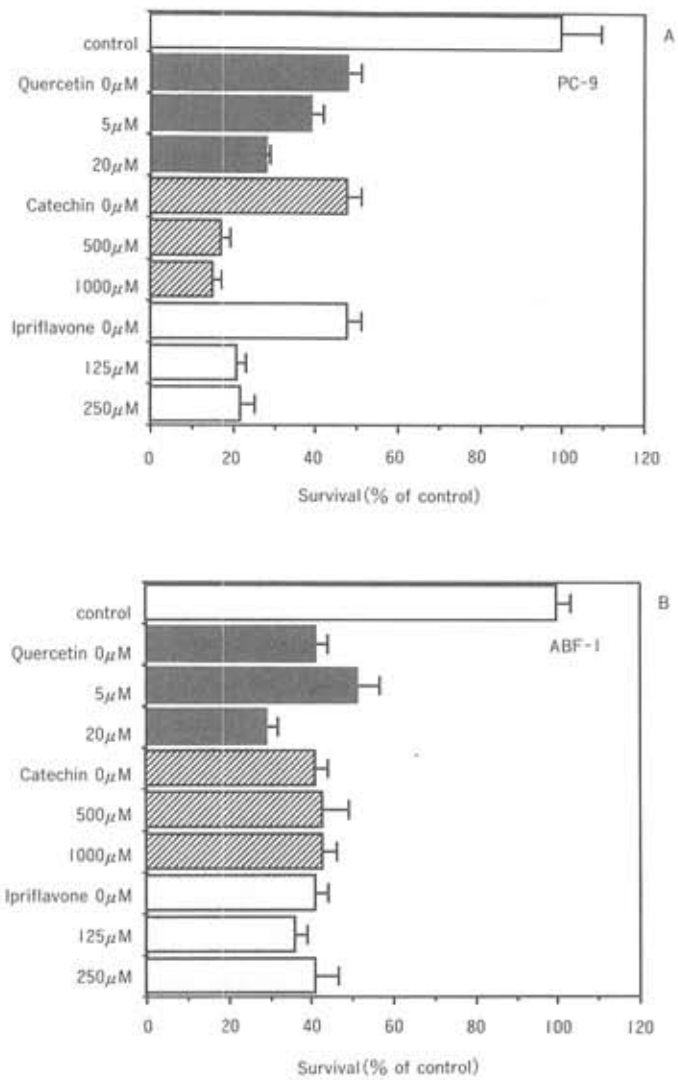


図8 セレン欠乏培養細胞での過酸化水素添加におけるフラボノイドの効果
A: PC-9, B: AFB-1

Fig. 8 Effects of the flavonoids on the cytotoxicity of H₂O₂ with selenium deficient medium.
A: PC-9, B: AFB-1

謝辞

本稿を終わるにあたり、本実験遂行に協力を得た本学工学研究科工業化学専攻大学院生高木哲雄氏、工学部工業化学科卒業研究生猪又学史氏、麻布大学環境保健学科大学院生河野千夏氏に深く感謝する。

参考文献

- 1) 福沢健治、高石喜久、抗酸化剤、活性酸素・フリーラジカル 1、55-70、1990
- 2) Larson, R. A., The antioxidants of higher plants. *Phytochemistry*, **27**, 969-978, 1988
- 3) Nakayama, T., Yamada, M., Osawa, T., and Kawakishi, S., Suppression of active oxygen-induced cytotoxicity by flavonoids. *Biochem. Pharmacol.*, **45**, 265-267, 1993
- 4) Suemizu H., Yoshimura S., Tada N., Watanabe K., and Moriuchi T., Production and characterization of two monoclonal antibodies to human glutathione peroxidase. *Hybridoma*, **11**, 795-801, 1992
- 5) Takekoshi S., Sugioka K., Nakano M., and Watanabe K., Lipid peroxidation of microsomal membranes as the mechanism of 4-aminopyrimidine-induced cell injury in the rat liver. *J. Clin. Biochem. Nutr.*, **10**, 41-50, 1991
- 6) Yoshimura S., Takekoshi S., Watanabe K., and Fujii-Kuriyama Y., Determination of nucleotide sequence of cDNA coding rat glutathione peroxidase and diminished expression of the mRNA in selenium deficient rat liver. *Biochem. Biophys. Res. Comm.*, **154**, 1024-1028, 1988
- 7) Hockenbery D., Oltvai Z., Yin X., Milliman C., and Korsmeyer S., Bcl-2 functions in an antioxidant pathway to prevent apoptosis. *Cell*, **75**, 241-251, 1993
- 8) Gorczyca W., Gong J., Ardeli B., Traganos F., and Darzynkiewicz Z., The cell cycle related differences in susceptibility of HL-60 cells to apoptosis induced by various antitumor agents. *Cancer Res.* **53**, 3186-3192, 1992

Sports

Essay スポーツエッセイ

河村和孝
飯塚浩一
小林敏彦



イラスト 東 恵子

集団(チーム)の力と柔軟性

開発技術研究所

河村 和孝

「運動」と「スポーツ」とはどう違うか。私なりに解釈してみると、先ずそれぞれの言葉が使われた時代の背景が異なっている。前者にあつては、根性や耐久力など殊更精神面の鍛練が強調された面がある反面、後者では良い設備を備えた場所で、科学的に裏付けされた多くのデータをもとに経験の豊富な指導者の適切なアドバイスにより技量と力の向上をはかる、ということになる。

昔は小生が高校時代よく人から「何か運動をなさってますか?」と尋ねられると「はい、籠球部におります」と答えていた。籠球(バスケット)というと、球技であるが、球技の分類として、小生は競技をする人数(個人か、集団か)と球の大きさの2つの因子で区分する癖がある。この区分に従うと、次の4つになるが、それぞれの競技種目を思いつくままに書いてみると、

1. 集団で大球を使うもの

バスケット、バレー、サッカー、ハンドボール、ラグビー、アメリカン・フットボール、水球、セバタクロウ 等

2. 集団で小球を使うもの

野球、テニス(ダブルス)、卓球(ダブルス) 等

3. 個人で大球を使うもの

蹴鞠、風船玉 等

4. 個人で小球を使うもの

テニス、卓球、ゴルフ、ビリヤード 等
となる。

Essay

ここで特に集団(チーム)で競技をする場合、個人の技量の向上はいうに及ばず、チーム全体の技量と力をつけることが要求される。化学の分野でも同じようなことがいえる。すなわち、多数の反応が順を追って起こっている場合、全体としての反応速度は、多数の反応の内、最も反応速度が遅い反応によって支配される(化学反応の律速過程)という法則がそれである。競技に当てはめると、チームは出場する選手の内、最も技量と力が劣る選手によって決まってしまうということである。しかし、本当にそうであろうか。技量と力との単なる寄せ集め以外に、サッカーのアシストで代表されるようなチームプレーなどは、寄せ集めからは生まれてこない立派な知恵と技である。チームの一員としての個人は、その際、自分の役割分担を正確に把握するとともに、チームが次にどうするかを的確に予測した上で、自分に与えられるであろう行動に素早く移ることが要求される。

さて、ここで再び小生の高校時代に話を戻すことにしよう。入学後まもなく、全学競技会があってバスケットに出たところ、食料難であったにもかかわらず、後日主将が食料を携え入部の勧誘にやってきた。食料に釣られて入部したものの、運動部特有の縦社会で、はじめはコート(屋内と屋外の2面)の整備とボール磨きに明け暮れ、ようやく練習に入ったとしても、パス、ドリブル、ランニング・シュートやフリースローの繰り返しであった。午前授業、午後は運動部での練習、夜は合宿(年間2ヶ月位)生活で段々チームにとけこみ、しごかれながらチーム・ワークの重要性を身につけさせられていった。インターハイが近づくにつれて、チーム・プレーとしての2人連攻、3人連攻、エイトフォーメーション、マン・ツウ・マンディフェンスなどを徹底的に教えこまれた。

いよいよインターハイ、抽選で当たった相手校は、われわれにとってほとんど経験のなかったゾーン・ディフェンスで自陣を固めて試合に臨んできた。いうまでもないが、オフェンスでマークを外そうとして攻め込んでも1人か2人の相手選手がいて、得点するのが難しく敗退した苦い経験がある。上級生にいわせると、マン・ツウ・マンディフェンスが(当時)主流であったため、ゾーン・ディフェンスは考えなかった、とのことであった。

受験勉強などでは、基礎さえしっかりしていれば応用もできると云われているが、運動の方では如何なるものだろう。小回りの利く個人に対して、小回りの利かない集団がチーム・プレーをする場合、知らないフォーメーションに対して、基礎さえしっかりしていれば、ある程度耐えられ、柔軟に対処できるのだろうか? 小生には全くわからないが、この様に予想してないことにチーム或いは組織が対面した場合、それを乗り切る何か良い手だて(特効薬)があれば、是非教えてもらいたいものである。

四十五年たったある日、偶然にも、他相手高校の元バスケット部員が、われわれの高校のバスケット部を批評している記事を目にする機会があった。それによると、「三年制の高校は、中等部を有する高校に比べると、たいしたことはない。悪いけれども、貴(小生が在学した)高校もそのレベルであった」と述べていた。チーム・プレーを充実させるには、チーム・ワークもさることながら、時間も大きなファクターであったのかも知れない。

日・英スポーツ番組雑感

文学部広報学科

飯塚 浩一

私は1992年4月から約1年間、英国・スコットランドのスターリング市に滞在する機会に恵まれた。この間、味気ない男の独り暮らしを多少なりとも慰めてくれたのは、訪問研究員として滞在していたスターリング大学のスタッフの暖かい心遣いと、99ポンド85ペンスで購入した中古のカラーテレビであった。自分はメディアの研究者であるという勝手な理由をつけて、毎日テレビ番組の「研究」に動いそんだのであるが、その際、語学力不足の人間にも楽しめるスポーツ番組は、有力な「研究材料」となった。

英国では、テレビの地上波が4チャンネルしかないせいもあるが、スポーツ中継は、BBC(英国放送協会)が週末の午後にはぶっ通しで各種スポーツを放送する番組以外には、それほど見たことがない。スポーツニュースにしても、日本のように各局がスポーツをメインにしたニュース番組を放送するということは、あまりなかったように記憶している。もちろん、英国はサッカーの本場ではあるが、日本のプロ野球と違って毎日のように試合があるわけではないし、試合があってもそんなに中継しない。ラグビーにしても、Five Nations(五カ国対

Essay

Essay

抗ラグビー)は別として、プロリーグや各地区の主な試合がたまに放映されるだけである。その他の種目と言えば、バルセロナ・オリンピックの時を除けば、せいぜい、あのルールがどうしても分からない、クリケットの試合が延々と放映されるぐらいである。ましてどの種目であれ、学生の試合などはほとんど中継されない(高校生や大学生の全国大会があるのかどうかすら私には不明である)。しかしながら、英国人のスポーツに対する関心が低いというわけではなく、それどころか、サッカーの試合では興奮したファンの暴動(特にたちの悪い連中は「フリーガン」と呼ばれて国際問題にまでなってしまった)は、日常茶飯事である。また、週末には至る所でサッカーやボウリング(屋外の特別なコート上で行われる競技で、我々が知っているテン・ピン・ボウリングとは異なる)など、様々なスポーツに興ずる人々が多い国なのである。

日本では、放送中にアナウンサーと解説者がしゃべりまくり、レポーターが片っ端から情報を集め、ニュース番組で詳細に分析し、場合によっては芸能・クイズ番組のテーマになり、有名選手が出演する。オリンピックの放送権使用料に何十億円も支払って独占中継をし、挙げ句の果てに、放送用のスポーツ大会まで企画してしまう。加えてBS(衛星放送)やCATV(有線放送)、さらにCS(通信衛星)の「スポーツ・アイ」(J5)というスポーツ専門チャンネルまで登場している。ちなみに、NHKが1992年6月20日から28日にかけて、全国16歳以上の国民1800人を対象にして行った、国民のスポーツに対する意識調査によれば、テレビでスポーツ番組を見るのが好きと答えた人は、全体の80パーセント、特に30歳代から60歳代の男性では、テレビ観戦を好きと答えた人が、90パーセント前後に上っている¹⁾。こうした状況からも、日本におけるテレビとスポーツの関係は、英国に比べてはるかに密接であると言える。

そもそも日本におけるスポーツ中継は、1927(昭和2)年8月13日、全国中等学校優勝野球大会を、甲子園からBK(社団法人日本放送協会大阪放送局)がラジオ中継したのが最初である。昭和4年以降、中継数は急速に増加して、早慶戦をメインにした東京六大学野球の実況中継がその中心となり、当時名アナウンサーとして人気を博していた松内則三の実況は「松内節」と呼ばれた。

「戦わんかな、時至る。神宮球場戦運いよいよ急を告げ……」

「神宮球場、どんよりとした空、暗雲低くたれた空。カラスが一羽、二羽、三羽、四羽」

「危ういかな慶應、落つれば千切奈落の底」

といった具合である²⁾。戦後になるとテレビ中継が始まる。1953(昭和28)年2月8日、NHKの東京テレビジョン局が大相撲初場所を中継、同年8月には甲子園からの高校野球中継、プロ野球ナイター中継(“阪急 vs. 毎日”戦)と続く。

同年8月28日に開局した日本テレビも、翌29日に後楽園から“巨人 vs. 阪神”を実況中継、翌年2月19日には、「街頭テレビ」で当時の日本人を熱狂させたプロレス“シャープ兄弟 vs. 力道山”の実況中継が始まった¹⁾。こうしてテレビとスポーツの密接な関係がスタートし、英国とは異なる意味での（メディアが取り上げる）スポーツの全盛時代が築かれてきたのである。

最近になって日本のテレビと、あるスポーツの関係に変化が起きつつある。1993年5月15日に開幕したJリーグのチェアマンである川淵三郎氏は、リーグ自体が全試合の放映権を持つ道を選び「それでイヤなら別に放映してもらわなくてもいい」とまで言い切った²⁾。テレビ局主導に傾きがちであった両者の関係を対等にし、新しいスポーツ文化の創造に挑もうというのである。果たして日本のスポーツ番組は変わるのだろうかと思案しつつ、今夜はJリーグにしようか、それともプロ野球にしようかとリモコン片手に迷っているところである。

- 1) 小林憲一「日本人のスポーツ観」（『放送研究と調査』1992年10月号、NHK放送文化調査研究所）、16頁-17頁、参照。
- 2) 志賀信夫『昭和テレビ放送史（上）』早川書房、1990年、45頁-51頁、参照。
- 3) 志賀信夫、前掲書、145頁-146頁、及び白井隆二『テレビ創世記』紀尾井書房、1983年、23頁-24頁、参照。
- 4) 「川淵三郎チェアマンにきく Jリーグがテレビを変えるか」（『放送レポート』第123号、1993年7/8月）、4頁、参照。

3Kと呼ばれるクラブ

工学部電子工学科

小林 敏彦

Essay

学生諸君に嫌われる職業のひとつに、3Kと呼ばれる分野があります。私はこの3Kと呼ばれる分野に、多くの学生を送り込んでおります。その上、学生諸君に人気のないクラブ活動（3K?）のひとつであるワンダーフォーク部（WV部）の部長まで仰せ遣っております。

WV 部は、スポーツ紙を賑わす活動を行っているわけでもなく、華やかさや喝采に無縁のクラブであります。世間では兎角勝負があり、華やかなものをスポーツであるかのようなレッテルが貼られてしまっております。しかし、表面的には勝負がなく、小さなクラブ活動の中にも、スポーツを愛し一生懸命頑張るというスポーツ精神が脈々と波打っております。この一例として、学生諸君にはあまり人気のない3Kクラブの一つである、WV 部活動を紹介したいと思います。

WV (Wandervogel) とは、ドイツ語で「渡り鳥」と言う意味です。昔 (1900 年頃より) ドイツにおいて、職人の弟子が年期を済ませると技術修行の旅に出て、あわせて青春を謳歌致しました。この職人のことを、「渡り鳥」すなわち「W V」と呼びました。後に、広く徒歩旅行を楽しむものを、WV と呼ぶようになりました。

この WV 運動はドイツの大学で起こりました。それは、学生の伝統と誇りの基に立ち、学生らしい規律の基に秩序が保たれ、計画性があり、つぎのような目標をもつ純粋な青年運動が始まったのです。すなわち、遍歴し身体を鍛え休暇を正しく利用し、知識を広め国土を愛し、民族意識を養うという運動です。この青年運動の本質を極めて明確に打ち出したものが「自分で決定し、自分の良心に基づいて、自分の責任で行動し、そして新しい人生観・世界観を形成する。」という運動です。

したがって、この WV 運動の根本精神は、日本の青年あるいは東海大学の学生諸君にとっても、大きな精神的な支えとなる筈です。

しかし、残念ながら3Kのイメージも手伝ってか、今日の社会、大学内において、この WV 運動の考え方に共鳴する青年は少なくなっております。現実には、WV 部のみならず各大学においても、クラブ活動に参加している学生は大変少ないのです。その反面、タテの関係が強いクラブを敬遠して、サークルが人気を集めております。

サークルの中には目的意識が明確で、素晴らしい活動をしているものも少なくありません。しかし、大学内のサークル活動を客観的に観察しておりますと、これが大学生の活動なのか、と思うようなサークルが多くなっております²⁾。まさに、サラリーマンが会社帰りに、同僚とガード下の飲み屋で管を巻いているといった光景と同じレベルなのです。そして、仲間同志の付き合いや絆も希薄で、真に人との触れ合いを学びきれず、真の友人を得ることもないように思えてなりません。その上、自己の権利のみを主張し、義務を果たさない利己的な人間となり、そのまま社会に巣立っていく学生が多いのは、誠に残念でなりません。したがって、このような時代に在ってこそ、WV 部の WV 活動が重要と

なっまってまいります。

小さなクラブではありますが、WV部の存在価値は大きいのです。それは、学生諸君に対して、WV運動の精神の正しさを伝える継承者としての役割があるからです。特に、日本は天然資源の多くを海外に依存している国です。したがって、日本の最大の財産は人材です。

現在の日本の繁栄は、技術力、組織力によって築き上げられております。もちろん、天才も独創的な人間も必要です。しかし、一般に現代社会においては、一人の力だけでは何もできません。高度な技術革新が進んでいる現在、どうしてもチームワークが必要となります。このチームワークの力こそ、日本の今日の繁栄を支えている一因なのだと思います。

先程述べましたように、仲良しクラブ的なサークル活動をしている学生諸君をみておきますと、利己的な人間が増大しております。そのためか、日本の行く末が案じられてなりません。

その反面、表面的に華やかではありませんが、WV部員の活動、行動をみておきますと、まだまだ日本の将来は捨てたものでもないような気が致します。

WV部員達は、WV活動を通して、自然から得た逞しい、しかも謙虚な精神と自然が鍛えてくれた身体をもち、自信と誇りの上に立って活動を行っております。

大変手前味噌ではありますが、このような活動をしている学生諸君が、日本の将来を背負っていくのだと信じております。

大変身勝手なことを述べてまいりました。勝ち負けもなく、華やかな栄光を求めないクラブもあります。しかし、このようなクラブの中においても、心身共に健康なスポーツ活動を行っていることを多くの方々に知っていただきたいと思っております。

最後に、「スポーツとは、何も華やかさの中にだけあるのではない。」ということ、もう一度述べておきたいと思っております。そして、スポーツ活動の指導を通して「教育とは何か」と考えてみますと、突き詰めれば、学生にとって誰と出会い、どんな友人を得たのかが重要ではないかと思われまます。

- 1) WV活動は大自然と対峙^{たいじ}していますので、もし勝負に負けたときは、生命の危険が伴うということも知って頂きたいと思っております。
- 2) 何もせずに学生時代を過ごす学生が多くなっております。そのような学生に比べ、仲良しクラブ的サークル活動に参加している学生の方が、まだ良いのかも知れません。

Essay

スポーツ医科学研究所要覧

1. 研究機関名

和文名：東海大学スポーツ医科学研究所

英文名：Research Institute of Sport Medical Science, The Tokai University

2. 所在地

東海大学湘南校舎

3. 設置年月日

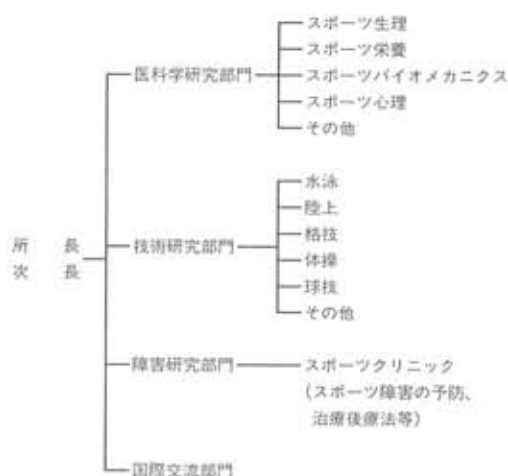
昭和62年10月1日

4. 設置目的

本研究所の設置の目的は、スポーツ・運動および、それに関連する健康の維持向上等に関する基礎的、応用的研究を行うとともに、競技力の向上、スポーツ障害の予防、対策等の新手法、新技術の開発とその応用の具体化、発展を期するところにある。

このために総合大学としての特性を生かし、学際的知識を結集、総合的視野の上に立った研究を推進する。

5. 研究所組織



東海大学スポーツ医科学研究所規程

1987年10月1日 制定

第1章 総則

第1条 本規程は学校法人東海大学の総合研究機構規程第10条および第11条に基づき、東海大学（以下「本学」という）付属のスポーツ医科学研究所（以下「本研究所」という）の運営の適性を期し、もって本研究所設置の使命を果たすために定めるものとする。

第2条 本研究所の設置目的は、スポーツ・運動および、それに関連する健康の維持、向上等に関する基礎的、応用的研究を行うとともに、競技技術の向上、スポーツ障害の予防、対策等の新手法、新技術の開発とその応用の具体化、発展を期するところにある。

このために総合大学としての特性を生かし、学際的知識を結集、総合的視野の上に立った研究を推進する。

第3条 本研究所は前条に定められた目的を達成するためにつぎの事業を行う。

- (1)調査・研究および試作
- (2)調査・研究の結果の発表
- (3)資料の収集整理および保管
- (4)研究会・講演会および講習会等の開催
- (5)調査・研究の受託または指導
- (6)大学院学生の教育
- (7)その他、本研究所の目的を達成するために必要な事項

第4条 本研究所における調査研究の分野をつぎの通りに定める。

- (1)医科学研究分野
運動の効用、健康の維持と向上、運動生理学、栄養学、メディカルチェックと運動処方、その他
- (2)技術研究分野
バイオメカニクス、心理学、運動技術の向上とその指導、トレーニング方法、その他
- (3)障害研究分野
スポーツ・運動障害の予防、治療、競技復帰の

指導、理学および作業療法、その他

(4)その他の分野

各分野を統合した学際的研究、生涯スポーツの実施と指導、スポーツおよび運動器具、機械、施設等の開発と、その安全性、その他

第5条 本研究所につきの研究部門を置く。

(1)医科学研究部門

(2)技術研究部門

(3)障害研究部門

(4)国際交流部門

第6条 本研究所は、本学湘南校舎に置く。

第2章 組織

第1節 所長・次長

第7条 本研究所に所長を置く。所長は本研究所を代表し、第1章に定められた本研究所の機能を果たすべく努めるとともに、その運営および事務的責任に任ずる。

第8条 本研究所に複数の次長を置くことができる。次長は所長を補佐し、所長が不在のとき、または事故のあったときその任を代理する。

第9条 所長は毎年度、当該年度の事業経過および年度の事業計画を作成し、総合研究機構運営会議の議を経て理事長の承認を得るものとする。

第2節 職員

第10条 本研究所に専任の教授・助教授・講師・助手・技術職員および事務職員等を置くことができる。その定員は別に定める。

第3節 研究所員

第11条 本研究所に研究所員若干名を置き、研究に従事し、かつ研究所の運営にあたる。

2 研究所員は原則として本学の専任教職員のうちから総合研究機構運営委員長が任命するものとし、その任期は1ヵ年度とする。ただし、再任を妨げない。

第4節 研究員

第12条 本研究所に研究員若干名を置き、付託された研究事項に従事する。

2 研究員は原則として本学の教職員が兼務するものとし総合研究機構運営委員長の承認を得て

研究所長が任命するものとし、その任期は1ヵ年度とする。ただし、再任を妨げない。

第5節 嘱託

第13条 本研究所は事業計画の実施に必要なときは、理事長の承認を経て当該事項に関する学識経験者を嘱託とし、調査・研究に参画させることができる。

第6節 研究生

第14条 本研究所は調査・研究に関する教育、または訓練を希望する者を研究生とすることができる。

第7節 委託研究および派遣員

第15条 本研究所は、学校法人東海大学以外の第三者の委託に基づく調査・研究を行うことができる。

2 委託調査、研究の受託に関しては、そのつと学務局研究計画部を通じて理事長の承認を経なければならない。

第16条 委託に基づく調査、研究の実施上必要のあるときは、委託者またはその派遣する者（以下派遣員と称する）を、所定の手続きを経たうえで調査、研究に参画させることができる。

第3章 運営

第17条 本研究所の運営は研究所員会議の議を経て行う。

第18条 研究所員会議は以下の者をもって構成する。

- (1)研究所長
- (2)研究所次長
- (3)研究所専任および兼任の教授・助教授・講師
- (4)必要に応じて他の者を出席させることができる。

第19条 研究所員会議はつぎの事項を審議する。

- (1)事業計画に関すること。
- (2)運営に関すること。
- (3)予算及び決算に関すること。
- (4)人事に関すること。
- (5)研究委託に関すること。
- (6)研究生に関すること。
- (7)その他必要な事項。

第4章 経理

第20条 本研究所の経理は研究機関会計として処理

する。
 第21条 本研究所の会計年度は、毎年4月1日に始まり翌年3月31日をもって終わる。

第22条 本研究所の経常経費は、総合研究機構からの交付金のほか、研究補助金・寄付金・委託研究費・研究調査費および、その他の収入をもって充当する。
 ただし、総合研究機構からの交付金以外の経費の受託ならびに用途については事前に理事長の承認を必要とし理事長名をもって行う。

第23条 所長は毎年度の終わりに次年度の予算を編成し、総合研究機構運営会議の議を経て理事長の承認を得なければならない。

第24条 所長は毎年度始めに前年度の決算書を作成し、総合研究機構運営会議の議を経て理事長の承認を得なければならない。

第5章 特許および著作権

第25条 本研究所における調査、研究に基づく発明・考案または著作権の帰属およびその利用についての規程は別に定める。

第6章 付 則

第26条 本規程を、改訂または変更する場合は、研究所員会議の議を経て総合研究機構運営会議の承認を必要とする。

第27条 本研究所の適切な運営をはかるために、本規程に定めるところのほか必要な諸規程を設けることができる。

付則 この規程は、昭和62年10月1日よりこれを施行する。

**「東海大学スポーツ医科学雑誌」
寄稿規定**

1988年4月1日

I. 和文規定

1. 本誌に寄稿できるのは原則として東海大学スポーツ医科学研究所所員及び研究員に限る。ただし

編集委員会が必要と認めた場合には、所員以外でも寄稿できる。

2. 寄稿内容は、スポーツ医科学の研究領域における総説、原著論文、研究資料、書評、内外の研究動向、研究上の問題提起など、その他とし、完結したものに限る。

3. 原稿の取捨および掲載の時期は、本誌編集委員会において決定する。

4. 本誌に掲載された原稿は、原則として返却しない。

5. 原稿は400字詰横書き原稿用紙に黒インク書きにし、本文は漢字かなまじり文新仮名づかいとする。外国語、外国固有名詞、化学物質名などは原語。外来語、動植物名などはカタカナ、数詞は算用数字を使用する。単位および単位記号は国際単位系、メートル法を基準とする。項目わけは、I、II、……1、2、……1)、2)、……(1)、(2)、……a)、b)、……(a)、(b)、……とする。和文ワードプロセッサ(24ドット以上)で原稿を作成する場合は、A4版横書き、40桁20行(上下左右の余白は25mm以上、欧文綴りおよび数値は半角)とする。

6. 総説、原著論文、研究資料の原稿は、原則として1篇につき、図表、抄録等を含めて刷り上がり10ページ以内(おおよそ400字詰原稿用紙で30枚、ワードプロセッサ使用の場合は15枚)、書評、内外研究動向、研究上の問題提起の場合は、刷り上がり1ページ以内とする。このページ数を超過した場合、あるいは、特別な印刷を要した場合には、その実費を寄稿者が負担する。

7. 図表は刷り上がり2ページ以内とする(図表は、大きさにもよるが、おおよそ400字詰原稿用紙1枚分に相当するので、6～8枚の図表をいれることが可能である)。ただし、図表が2ページを超えた場合、または特別の費用を要した場合には寄稿者負担とする。

8. 挿図原稿は、必ず黒インクで墨入れし、図中の文字や数字は、直接印刷できるように、きれいにはっきりと書く。方眼紙を用いるときは、薄藍色のものとし、写真は白黒の鮮明な画面のものとする。

9. 図や表には、それぞれに必ず通し番号と、タイ

トル(表の場合、上方に、図の場合、下方に、和文を上として、和欧両文で記入)をつけ、1枚ずつ台紙か原稿用紙に貼り、本文とは別に番号順に一括する。図表の挿入箇所は、本文原稿の欄外に、赤インクでそれぞれの番号によって指示する。

10. 引用・参考文献は、原則として、本文の最後に著者名のABC順に一括し、雑誌の場合には、著者・題目・雑誌名・巻号・ページ・西暦年号の順とし、単行本の場合には著者・書名・版数・発行所・西暦年号・ページの順に記載する。なお、引用および注記は本文中文献引用箇所の右肩に、1)、2)のごとく、引用文献数字を挿入する。
11. 総説、原著論文、研究資料の原稿には、必ず別紙として、欧文規定5.a)、b)、c)に従った欧文(原則として英語)による300語以内の抄録を添える。なお、同時に欧文抄録の和訳文を添付する。
12. 掲載論文の別刷りを希望するときは、その必要部数を、あらかじめ編集委員会に申込み、原稿第1ページに「別刷り何部」と朱書する。なお、50部を超える別刷りの費用は著者負担とする。
13. 寄稿論文は下記に送付する。

〒259-12 神奈川県平塚市北金目1117
「東海大学スポーツ医科学研究所」編集委員会

II. 欧文規定

1. 2. 3. 4. は、和文規定に同じ
5. a) 原稿は、欧文(原則として英語)とし、A4版の不透明なタイプ用紙(レターヘッド等のあるものを除く)に、通常の字体を使い、ダブルスペースでタイプ書きにするが、写真図版にある文字についてはこの限りではない。また、図表説明のスペースはシングルとする。
- b) 用紙の上端、下端および左端は約3センチ、右端は約2.5センチの余白を置き、ほぼ27行にわたって書く。ページ番号は下端余白中央に書く。
- c) 欧文による題目の下に著者名(ローマ字)、更に著者名の下に所属する機関名を正式英語名称に従って書く。
6. 原稿は原則として1篇につき、図表抄録を含めて刷り上がり10ページ以内とするが(刷り上がり

1ページは、おおよそ600語である)、ただし、このページ数を超過した場合、あるいは特別な印刷を要した場合には、その実費を寄稿者が負担する。

7. 8. 9. 10. は、和文規定に同じ。

11. 原稿には、必ず別紙として、和文による題目・著者名・所属機関および抄録(600字以内)を添える。
12. 13. は、和文規定に同じ。

附則 この規定は1988年4月1日から適用する。

東海大学スポーツ医科学研究所 スポーツ医科学雑誌編集委員名簿 (1994.4.1)

- 1 委員長 古谷 嘉邦
2 委員 中野 昭一
3 委員 真下 悟
4 委員 山本 芳孝
5 委員 三田 信孝

東海大学スポーツ医科学研究所 所員・研究員名簿

- 所員
- 1 所長 中野 昭一 医学部教授(生理科学)、保健管理センター付
- 2 次長 佐藤 宣哉 体育学部教授(武道学科、柔道)
- 3 所員 小村渡岐磨 体育学部教授(体育学科、運動心理学・陸上)、体育学部学部長
- 4 所員 岡 哲雄 医学部教授(薬理学)
- 5 所員 古谷 嘉邦 体育学部教授(体育学科、バイオメカニクス)
- 6 所員 齋藤 勝 体育学部教授(体育学科、運動学・バレーボール)、学務部担当部長 代々木(311)
- 7 所員 山本 芳孝 開発技術研究所教授、総合科学技術研究所副所長
- 8 所員 真下 悟 理学部教授(物理学科)
- 9 所員 本間 隆夫 工学部教授(工業化学科)

- 10 所員 吉川 政夫 体育学部教授 (社会体育学科、心理学)
- 11 所員 戸松 泰介 医学部助教授 (整形外科)、大磯病院
- 12 所員 山下 泰裕 体育学部助教授 (武道学科、柔道)
- 13 所員 寺尾 保 医学部講師 (生理科学)
- 14 所員 松前 光紀 医学部講師 (脳神経外科学)

研究員

- 1 研究員 椎名 宮雄 開発工学部教授 (情報通信工学科)
- 2 研究員 志水 哲雄 教養学部教授 (芸術学科、音楽学)
- 3 研究員 白倉 克之 医学部助教授 (精神科学)
- 4 研究員 田辺 晃久 医学部助教授 (内科学 1)
- 5 研究員 三田 信孝 体育学部講師 (社会体育学科、健康学)
- 6 研究員 中村 豊 医学部助手 (整形外科)、大磯病院

1994年度スポーツ医科学研究所
研究課題

1. 運動と栄養摂取に関する総合的研究 (III)
—運動部選手の栄養補給について—
中野昭一、小村渡岐磨、岡哲雄、齋藤勝、真下悟、本間隆夫、山下泰裕、寺尾保、三田信孝
2. 運動の種目別解析を基礎としたトレーニング方法とスポーツ障害の予防と治療に関する研究
中野昭一、佐藤宣踐、古谷嘉邦、齋藤勝、山本芳孝、吉川政夫、戸松泰介、松前光紀、椎名宮雄、志水哲雄、白倉克之、田辺晃久、中村豊

1994年度スポーツ医科学研究所
所員・研究員研究テーマ

所員

1. 所長 中野 昭一 運動・スポーツにおける水と栄養補給の検討
2. 次長 佐藤 宣踐 同上
3. 所員 小村渡岐磨 陸上競技短距離選手の性格特徴について
4. 所員 岡 哲雄 L、N、P、およびQ型Ca²⁺チャンネルに関する研究
5. 所員 古谷 嘉邦 身体運動中の軀幹の捻れについて
6. 所員 齋藤 勝 ①運動と栄養摂取に関する総合的研究、②トレーニングとスポーツ障害及びその予防研究
7. 所員 山本 芳孝 スポーツ医科学の光学計測に関する研究
8. 所員 真下 悟 筋肉内水代謝の時間領域測定
9. 所員 本間 隆夫 フラボノイド配糖体の分離・化学構造および抗酸化作用
10. 所員 吉川 政夫 スポーツ施設環境の評価に関する心理学的研究
11. 所員 戸松 泰介 スポーツにおける膝靭帯損傷予防に関する研究
12. 所員 山下 泰裕 運動・スポーツにおける水と栄養補給の検討
13. 所員 寺尾 保 大学運動部選手におけるウェイトコントロールと運動生理学的能力の向上に関する基礎的研究
14. 所員 松前 光紀 MRを用いた筋線維組成に関する研究

研究員

1. 研究員 椎名 宮雄 運動学習機序モデルとその応用に関する研究
2. 研究員 志水 哲雄 音楽が人に与える影響
3. 研究員 白倉 克之 リラクゼーションに関する精神生理学的研究——音楽と心身のリラクゼーション(その3)——
4. 研究員 田辺 晃久 運動選手における心機能と心臓自律神経機能
5. 研究員 三田 信孝 運動負荷に対する呼吸・循環機能の対応
6. 研究員 中村 豊 関節障害における運動種目別特性

研究について

- 2) その他
 - C) スポーツ医科学研究所建設計画について
 - D) 1994年度予算配分について
 - E) 東海大学スポーツ医科学雑誌第7号の発行について
 - F) その他
- A) 1993年度報告

1. 1993年度スポーツ医科学研究所(以下、スポ医科研)決算報告について(中野所長)
所長より、1993年度スポ医科研決算報告について詳細な説明があり、スポ医科研予算配分1,350万円は、各個人研究費・スポーツ医科学雑誌刊行費・研究所諸経費および管理運営費等にそれぞれ使用されたことが報告された。(別紙参照)
2. 東海大学スポーツ医科学雑誌第6号発行について(古谷編集委員長)

編集委員長より、東海大学スポーツ医科学雑誌第6号の発行について経過説明があり、前年度と同様に3月初旬までに発行できたことが報告された。

したがって、今年度もE)項で示す研究論文が切日までに投稿されるよう要望があった。

B) 1994年度について

1. スポーツ医科学研究所の所員・研究員の構成について(中野所長)

所長より、1994年度スポ医科研所員研究員の選出経過が説明され、岡哲雄教授(医学部薬理学)、吉川政夫教授(体育学部社会体育学科)、戸松泰介助教授(医学部整形外科学)の3氏を研究員から所員に、新たに志水哲雄教授(教養学部芸術学科)、中村豊助手(医学部整形外科学)を研究員として選出した旨報告された。

なお、今井望教授、今村義正教授が定年退職により、スポ医科研所員を退任された旨報告された。

2. 研究計画について

1994年度第1回東海大学スポーツ
医科学研究所所員研究員
合同会議議事録

日時: 1994年5月19日(木) 午後5時~午後6時
30分

場所: 湘南校舎7号館体育学部2階主任教授室

出席者: (所員) 中野昭一、佐藤直哉、小村渡岐鷹、
岡 哲雄、古谷嘉邦、山本芳孝、
真下 悟、本間隆夫、吉川政夫、
戸松泰介、寺尾 保

(研究員) 志水哲雄、白倉克之、三田信孝、
中村 豊

欠席者: (所員) 齋藤 勝、山下泰裕、松前光紀

(研究員) 椎名宮雄、田辺晃久

議題: A) 1993年度報告

1. 決算報告について
2. 東海大学スポーツ医科学雑誌第6号発行について

B) 1994年度について

1. スポーツ医科学研究所の所員及び研究員の構成について
2. 研究計画について
 - 1) 研究所としてのプロジェクト研

1) 研究所としてのプロジェクト研究について (中野所長)

所長より、スポ医科研所員・研究員による部門研究としての学際的研究は、前年と同様に次の2項に集約して行うことが報告された。

- ①運動と栄養摂取に関する総合的研究(Ⅲ)
——運動部選手の栄養補給について——
- ②運動の種目別解析を基礎としたトレーニング方法とスポーツ障害の予防と治療に関する研究

2) その他

吉川所員より、ボルツマン研究所との共同研究について現在までの進行状況が報告され、東海大学柔道部員を対象に心理学的トレーニングを試行し、このデータの解析についてはウィーン大学のグッドマン教授と連携して行ったとの報告があった。

なお、今後ボルツマン研究所との共同研究の継続については、スポーツ医科学研究所との研究所間の研究は過去3年間で一応終了し、今後は研究所員あるいは研究員とボルツマン研究所所員との個々の研究として行っていく旨が確認され、その成果を確立していくこととした。

C) スポーツ医科学研究所建設計画について (中野所長)

所長より、スポ医科研建設の工事状況について詳細な説明があった。現時点では、建物の完成が1995年3月を目標に順調に進行していることが報告された。

D) 1994年度予算配分について (中野所長)

所長より、1994年度スポ医科研予算案の経過について説明があり、本年度の予算は、昨年と同様にスポ医科研予算1,350万円の配算があったことが報告された。

E) 東海大学スポーツ医科学雑誌第7号の発行について (古谷編集委員長)

編集委員長より、東海大学スポーツ医科学雑誌第7号の発行について説明があり、本年度の

研究論文の申し込みは6月30日(木)まで、原稿不届きは11月30日(木)にしたい旨要望があった。

F) その他

佐藤次長より、1995年3月にスポ医科研の建物の完成にしたがい、研究および競技力向上などに関する体制の確立を本年度の秋ごろまでに行うよう要望があり、了承された。

研究所所員・研究会議配布資料 No.1

- ・1993年度スポーツ医科学研究所決算報告書
- ・1994年度スポーツ医科学研究所所員研究員名簿
- ・1994年度スポーツ医科学研究所研究課題
- ・1994年度共同研究計画書

『東海大学スポーツ医科学雑誌』

編集委員

委員長 古谷 嘉邦

委員 中野 昭一

// 真下 悟

// 山本 芳孝

// 三田 信孝

東海大学スポーツ医科学雑誌 第7号 1995

発行日——1995年3月5日

編集——東海大学スポーツ医科学雑誌編集委員会

発行者——東海大学スポーツ医科学研究所 中野昭一

〒259-12 神奈川県平塚市北金目1117 TEL 0463-58-1211

製作——東海大学出版会

印刷——港北出版印刷株式会社

製本——株式会社石津製本所

組版・装丁——株式会社武井制作室