日本における運動生理学研究50年の歩み

加賀谷 熙彦¹⁾ 吉田 博幸²⁾

A review of half century of exercise physiology research in Japan

Hirohiko Kagaya¹ and Hiroyuki Yoshida²**Key words : exercise physiology, exercise physiological research review****(Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci. 50: 323-338, May, 2005)**

キーワード：運動生理学研究，運動生理学研究小史

本論では、「体育学研究」掲載論文をもとに、筆者の若干の個人的体験も加えて、わが国の運動生理学研究50年の歩みをたどることにした。

I 運動生理学の初期の研究

「これまでわが国の体育の領域では、必要な研究機関を欠いていたために、他の学問に比べて科学的面の研究が甚だしく低調であったということは、実はやむを得なかった事由によるものといえ体育にとってはまことに不幸であったといわねばなりません。ところが、この度わが体育も、他の科学と同様に、大学で研究されることになり、その上、全日本的な機構の下に立派な体育学会をもつことができ、お陰でこれまでわが体育が背負われていたハンディキャップの一つは除かれたのであります。いま一つの大きな時間的なハンディーを縮めるためには、長期に亘る不断的努力

を必要とするわけで、それは、同学諸賢の真摯な研究を俟ってはじめて可能となるものであると信じます。」(旧字体は現在の字体に直した)

以上は体育学研究創刊号(1951年)の序文の一部である。およそ50年前に体育学という研究領域が誕生し、運動生理学の研究が体系的に行われる基盤ができたといえる。この時代の研究を内容で大別すると、エネルギー代謝、疲労、体力、バッテリーテスト、トレーニング効果という言葉がキーワードとなる。なお、1950年代の研究に関しては加藤橋夫の論文(体育学研究, 4: 33-50, 1960)を参照した。

1. エネルギー代謝に関する研究

スポーツ活動時のエネルギー代謝に関する研究では、体操、サッカー、ラグビー、テニスなどの種目での練習や試合中のエネルギー消費量が測定された。結果をRMRで表しているのが特徴的である。

石河利寛(1951)筋作業の際のエネルギー代謝. 体育学研究, 1: 120-121.

1) 埼玉短期大学
〒347-8503 埼玉県加須市花崎江橋519-5
2) 東京家政学院短期大学
〒102-8341 東京都千代田区三番町22
連絡先 加賀谷熙彦

1. Saitama Junior College
519-5 Hanasakiebashi, Kazo-city, Saitama 347-8503
2. Tokyo Kasei Gakuin Junior College
22 Sanban-cho. Chiyoda-ku, Tokyo 102-8341
Corresponding author kagaya@sjc.ac.jp

- 石井雄二 (1951) 体操のエネルギー代謝率に関する研究—体操に於ける R.M.R. の恒一性及び複合、結合運動の強度—。体育学研究, 1: 122-123.
- 山岡誠一 (1951) スポーツのエネルギー代謝に関する研究 (第2報)。体育学研究, 1: 123-126.
- 山岡誠一, 他9名 (1951) 蹴球試合のエネルギー代謝—スポーツのエネルギー代謝に関する研究 第3報—。体育学研究, 1: 174-180.
- 山岡誠一, 他7名 (1952) ラグビー試合のエネルギー代謝—スポーツのエネルギー代謝に関する研究 (第4報)—。体育学研究, 1: 220-226.
- 浅野辰三 (1954) 軟式庭球試合におけるエネルギー代謝に関する研究 (第1報)—軟式庭球試合における Time Study—。体育学研究, 1: 417-425.
- 山岡誠一・吉岡利治・蜂須賀弘久・川崎幸夫 (1954) ラグビー試合のエネルギー需要量と疲労について。体育学研究, 1: 425-429.
- 浅野辰三 (1955) 軟式庭球試合におけるエネルギー代謝に関する研究—第2報—軟式庭球試合におけるエネルギー需要量—男子の部—。体育学研究, 1: 550-557.
- 浅野辰三 (1955) 軟式庭球試合におけるエネルギー代謝に関する研究—第3報—軟式庭球試合におけるエネルギー需要量—女子の部—。体育学研究, 1: 577-583.
- 白井伊三郎・広瀬 進 (1956) 運動選手の合宿練習時に於けるエネルギー出納と栄養攝取量に就いて。体育学研究, 2: 107-112.
- 坂田 宰 (1956) 卓球練習時のエネルギー代謝 (スポーツのエネルギー代謝に関する研究 第6報)。体育学研究, 2: 113-116.
- 山岡誠一・嶋本達夫・蒲田邦男 (1956) 中学生の遊びのエネルギー代謝 (スポーツのエネルギー代謝に関する研究 第7報)。体育学研究, 2: 117-121.
- 浅野辰三 (1956) 庭球試合におけるエネルギー代謝に関する研究— (第1報) 庭球試合におけるエネルギー需要量—男子の部—。体育学研究, 2: 122-125.
- 浅野辰三 (1956) 庭球試合におけるエネルギー代謝に関する研究— (第2報) 庭球試合におけるエネルギー需要量—女子の部—。体育学研究, 2: 126-129.
- 石河利寛・松井秀治・広田公一・正木健雄・渡辺俊男・只木英子・渡辺政子・小川新吉・宮沢 健・石母田稔 (1956) スキーのエネルギー代謝に関する研究 (1)—歩行並びに登行のエネルギー代謝—。体育学研究, 2: 130-137.
- 石河利寛・松井秀治・広田公一・正木健雄・渡辺俊男・只木英子・渡辺政子・小川新吉・宮沢 健・石母田稔 (1956) スキーのエネルギー代謝に関する研究 (2)—直滑降のエネルギー代謝—。体育学研究, 2: 138-140.
- 渡辺俊男・只木英子・渡辺政子・石河利寛・松井秀治・広田公一・宮沢 健 (1956) スキーのエネルギー代謝に関する研究 (3)—スキー回転競技 (スラローム) のエネルギー代謝—。体育学研究, 2: 141-144.
- 佐々木隆・照屋常吉・田代芳弘・林 春二・山田高明 (1957) 歩行時のエネルギー代謝率と体力の関係。体育学研究, 2: 177-180.
- 山岡誠一・蜂須賀弘久・五十川敏男・平岡英雄 (1958) 筋運動の負荷量, 筋収縮速度と酸素需要量の関係—スポーツのエネルギー代謝に関する研究 第8報—。体育学研究, 3: 37-41.
- 山岡誠一 (1958) 遊泳のスピードの酸素需要量の関係—スポーツのエネルギー代謝に関する研究 第9報—。体育学研究, 3: 42-47.
- 山岡誠一・浅野辰三・真田 恭・伊賀信之・山元 勳 (1958) ランニングにおけるエネルギー代謝に関する研究—第2報 3000m 走におけるエネルギー代謝について—。体育学研究, 3: 48-52.
- 浅野辰三・山崎忠志・高田恒夫・岸本祐一郎・佐藤奎 (1958) 乗馬運動におけるエネルギー代謝について。体育学研究, 3: 53-55.
- 佐々木隆・照屋常吉 (1958) 鉄棒運動のエネルギー代謝に及ぼす熟練の影響について。体育学研究, 3: 56-60.
- 高木公三郎・木内一生・伊藤 稔・吉岡文雄 (1958) バトミントンにおける女子学生のエネルギー代謝について。体育学研究, 3: 61-69.
- 石河利寛・広田公一・和泉貞男・佐藤良子・松井秀治・広沢昭男 (1958) バトミントンにおける男子学生のエネルギー代謝について。体育学研究, 3: 70-75.
- 渡辺俊男・只木英子・小川庄吉 (1958) 学校ダンスのエネルギー代謝について。体育学研究, 3: 76-81.

2. 疲労に関する研究

疲労研究に関しては、検査方法について模索していた時代だったようである。ドナジオ反応やフリッカーテストにより、身体運動と疲労の関係を調べた研究が多くみられる。

- 伊藤金得（1951）各種体育運動時に於ける疲労度の測定。体育学研究，1：127-132。
- 岡田三郎（1951）中学校に於けるバスケットボールの疲労の考察。体育学研究，1：132-134。
- 猪飼道夫・山川純子（1951）急速反復動作における疲労の現われ方。体育学研究，1：168-173。
- 岡田三郎（1952）少年野球選手の試合並びに練習時の尿 pH およびドナジオ反応について。体育学研究，1：230-235。
- 山岡誠一・吉岡利治（1952）スポーツ選手の Donaggio-Ochi 反応について。体育学研究，1：271-277。
- 村上長雄（1952）ドナジオ反応に関する検討。体育学研究，1：278-286。
- 吉村寿人・山岡誠一・千早卓郎・江口文野・宇佐美駿一・波多間幸信・平松戊辰・北川孝二（1952）中学野球の衛生学的考察。体育学研究，1：295-301。
- 萩原 仁・越水茂松・島田三千男・福井達夫（1954）運動と疲労との関係について—フリッカー値の上昇について（第1報）—。体育学研究，1：413-417。
- 萩原 仁・島田三千男・福井達夫・越水茂松（1955）運動と疲労との関係について（第2報）—MOSSO のエルゴグラフによる疲労と仕事量に関する研究—。体育学研究，1：543-549。
- 万井正人（1955）疲労判定指標の改良に関する研究—其の2 筋神経系の興奮性に関する指標の改良に就いて—。体育学研究，1：604-607。
- 南 勝一（1957）フリッカー値から見たスポーツの疲労。体育学研究，2：270-272。
- 長沢 弘・岩永忠勝（1958）疲労に関する研究（第一報）—光電管比色計による Donaggio 反応の研究（其の一）—。体育学研究，3：14-18。
- 寺内邦子（1958）単純運動の繰り返しによる中枢神経系興奮性の変化のフリッカー・テストによる研究。体育学研究，3：19-26。
- 川上吉昭（1958）扁平足者の長期歩行による疲労。

体育学研究，3：27-29。

長沢 弘・岩永忠勝（1958）疲労に関する研究（第2報）—光電管比色計による Donaggio 反応の研究（其の二）—。体育学研究，3：79-81。

3. 体力に関する研究

体力に関しては、筋力、持久力、調整力、柔軟性についての基礎的な研究が行われた。筋力では、握力など後にバッテリーテストに組み込まれる測定法の検討に関するものが多い。

- 福田邦三・石河利寛（1951）懸垂の筋力学的研究。体育学研究，1：70-72。
- 石河利寛（1951）懸垂屈臂運動の解析的研究（I）—姿勢と筋負荷との一般的考察—。体育学研究，1：180-186。
- 石河利寛（1952）懸垂屈臂運動の解析的研究（II）—技術及び技巧上の考察—。体育学研究，1：215-220。
- 石河利寛（1953）握力に関する研究（I）—握力の測定方法の吟味並びにその測定値—。体育学研究，1：335-339。
- 石河利寛（1953）握力に関する研究（II）—握力の発達—。体育学研究，1：357-364。
- 石河利寛（1954）握力に関する研究（III）—屈指力と握力—。体育学研究，1：430-435。
- 石河利寛（1954）腕立伏臥腕屈伸運動の研究。体育学研究，1：509-515。
- 加藤勝雄・阿部十郎（1957）仙台市学童筋力の年次の推移並に鍛錬効果及び筋力の性的差異について。体育学研究，2：165-169。

持久力では、息こらえ時間を持続性の指標として採用できるかどうか検討した研究がみられる。このときのテスト方法は、1分間のその場駆け足の後、どれくらいの時間息を止めていられるかをみるものであった。当時は、その後全身持久力の指標として用いられるようになった最大酸素摂取量の概念が確立していなかったために、息こらえ時間と最大酸素摂取量の相関をみていない。

広田公一・石河利寛（1954）息こらえに関する研究（1）—息こらえ時間と肺胞内ガス—。体育学研究，1：493-498。

- 猪飼道夫・山川純子（1954）息こらえに関する研究（2）一心電図及び筋電図学的研究一。体育学研究，1：499-508.
- 石河利寛・広田公一（1955）息こらえに関する研究（3）一息こらえの反復施行一。体育学研究，1：616-621.
- 猪飼道夫・石河利寛・山川純子・古畑 宏（1955）息こらえに関する研究（4）一心電図と心臓の位置一。体育学研究，1：622-630.

調整力と柔軟性についても，測定方法に関する検討が進められた。

- 藤本実雄（1951）巧緻運動の練習効果と知能との相関について。体育学研究，1：54-56.
- 猪飼道夫（1951）動作の巧さの生理学的考察。体育学研究，1：68-70.
- 本間茂雄（1951）人体に於ける関節運動領域（柔軟度）に関する研究（第1報）。体育学研究，1：115-118.
- 紺野義雄（1951）柔軟度測定法としての前屈機能と運動能力の関係について。体育学研究，1：118-120.
- 宮川 清（1954）平衡機能検査法について。体育学研究，1：483-493.
- 川畑愛義・村上カオル（1956）日本女性の身体柔軟性に関する研究（第1報）。体育学研究，2：31-35.

4. バッテリーテストに関する研究

体力を評価するための測定方法が単一の項目について検討されていたとき，同時にバッテリーテストの開発も行われていた。

- 松井三雄・松田岩男・鷹野健次・太田哲男（1951）運動能検査の作成（第1報）。体育学研究，1：46-49.
- 松井三雄・竹之下休蔵・白石一誠・佐々木茂・松田岩男・宇土正彦（1951）運動能力テストの標準化一（1）年令別，性別運動能力の尺度化（2）級別指数運動能力尺度（3）一般運動の算出とその尺度一。体育学研究，1：86-90.
- 四宮 馨（1951）徳島県中学校生徒の運動能力標準尺度表。体育学研究，1：91-93.
- 笠原勇次・岩田渾一（1951）新制大学における身体

適性（Physical fitness）の実験。体育学研究，1：97-100.

- 加藤橘夫・長島長節・松井秀治（1952）ローレル指数低位者の体力に関する研究—I. レントゲン像による心臓の形について（体育実技級別に関する調査より）一。体育学研究，1：286-291.
- 森 利一・宇野義秋（1953）身体機能測定の実験的考察。体育学研究，1：317-321.
- 松井秀治（1953）体力基準に関する基礎的研究2—走・跳・投能力低位者の体力について一。体育学研究，1：372-377.
- 東龍太郎・福田邦三・久松栄一郎・堀内政三・東次右衛門・猪飼道夫・石井雄二・和泉貞男・伊澤エイ・加藤橘夫・川上 清・川島恒吉・柏原健三・松井三雄・森 清・水野忠文・松井秀治・松田岩男・野口義之・中村 誠・関 四郎・鈴木正・佐藤 隆・佐藤良子・辻 幸治・渡邊江津・山川純子（1953）身体適性に関する研究—運動適性検査（1）一。体育学研究，1：400-411.
- 東龍太郎・青井水月・和泉貞男・加藤橘夫・柏原健三・笹原六郎・佐藤良子・鈴木 正・関 四郎・滝沢英夫・辻 幸治・沼尻政子・広田公一・福田邦三・堀内政三・松井秀治・松井三雄・松田岩男・松延 博・水野忠文・山川純子・渡辺江津（1954）運動適性検査。体育学研究，1：462-475.
- 松井秀治（1954）体格，及び走・跳・投能力と運動適性検査成績との関係について。体育学研究，1：475-480.
- 松井三雄・松田岩男・森國太郎（1955）幼児の運動能検査に関する研究。体育学研究，1：523-533.
- 熱田 緑・高村雄二・西平梅子・樋口貴美子・松井三雄・渡邊江津（1955）運動適性検査（3）—女子についての成績一。体育学研究，1：631-641.
- 築田秀治・松井秀治（1955）運動適性検査（4）—スポーツ選手の種目別に見た運動適性検査成績について一。体育学研究，1：642-648.

5. トレーニング効果に関する研究

この時代のトレーニング効果に関する研究では，トレーニングが体格に与える影響を調べたものが多い。

- 石井雄二（1956）身体鍛錬の影響に関する研究（第1

- 報) 一 小・中学校における体育の効果一. 体育学研究, 2: 1-8.
- 石井雄二 (1956) 身体鍛錬の効果に関する研究 (第2報) 一 某海員養成所における訓練が生徒の体格体力に及ぼす影響一. 体育学研究, 2: 145-149.
- 石井雄二 (1957) 身体鍛錬の効果に関する研究 (第3報) 一 成年女子における体育効果一. 体育学研究, 2: 161-164.
- 石井雄二 (1957) 身体鍛錬の効果に関する研究 (第4報) 一 鍛錬効果に関する総括的考察一. 体育学研究, 2: 199-203.
- 木村静雄・田淵 潔・川畑愛義・丹羽 正・森 利一・大野富士郎 (1957) 各種スポーツの身体形成に及ぼす作用一第1報 スポーツ選手の体格について一. 体育学研究, 2: 204-210.
- 木村静雄・田淵 潔・川畑愛義・村上カオル・森利一・大野富士郎・丹羽 正 (1957) 各種スポーツの身体形成に及ぼす作用一第2報 スポーツ選手の身体機能について一. 体育学研究, 2: 253-257.

II 1960年代以降の研究

1. トレーニングに関する研究

このように、運動生理学の研究が次第に盛んになってきたときに、国内で第1号となる人体用トレッドミルが1960年に、猪飼道夫によって東京大学教育学部体育学研究室に設置された。1960年代は、このトレッドミルを使つての全身持久力の評価とトレーニング効果に関する研究が精力的に行われるようになった。今では一般的になった「運動処方」という言葉はこの当時に用いられるようになった。また、猪飼の体力についての研究は筋力、筋持久力、筋パワーについて盛んに行われるようになった。当時の猪飼研究室の報告を以下に列記した。

- 猪飼道夫・江橋慎四郎・加賀谷熙彦 (1963) トレッドミル法による青少年の運動処方に関する研究一第1報 最大持久走時間の測定とトレーニング効果についての一考察一. 体育学研究, 7: 99-106.
- 猪飼道夫・江橋慎四郎・加賀谷熙彦・丹羽 昇・菊地邦雄・浅見高明・石井喜八・宮下充正・芝山秀

- 太郎・金子公宥・中村淳子・浅野勝己・武田悦子 (1965) トレッドミル法による青少年の運動処方に関する研究 (第2報) 一 持久性の限界因子の究明一. 体育学研究, 8: 61-71.

- 猪飼道夫・江橋慎四郎・加賀谷熙彦 (1967) トレッドミル法による青少年の運動処方に関する研究 (第3報) 一 最大負荷によるトレーニングの効果と2/3の負荷によるトレーニングの効果との比較一. 体育学研究, 12: 35-46.

- 加賀谷淳子 (1971) トレッドミル持久走時間からみた女子の全身持久性のトレーニング効果. 体育学研究, 15: 133-140.

- 猪飼道夫・石井喜八 (1961) 筋力の生理的限界と心理的限界に関する筋電図学的研究. 体育学研究, 5: 154-165.

- 金子公宥 (1965) 慣性エルゴメーターによる人体・筋パワーの測定. 体育学研究, 8: 72-82.

- 中村淳子 (1965) プレティスモグラフによる作業時の前腕血流量の測定. 体育学研究, 8: 83-92.

- 宮村実晴 (1966) 心臓拍出量からみた全身持久性. 体育学研究, 11: 69-76.

- 矢部京之助 (1966) 最大筋力と疲労. 体育学研究, 11: 77-85.

- 金子公宥・矢部京之助 (1969) 筋パワーの生理的限界に関する研究. 体育学研究, 13: 155-161.

- Ikai, M. and Taguchi, S. (1969) A study on muscle oxygen intake following exhaustive exercise in the human forearm. Res. J. Phys. Edu., 13: 251-259.

- 宮村実晴・進藤宗洋・猪飼道夫 (1969) 種々な吸気酸素分圧における全身持久性. 体育学研究, 14: 9-18.

- 田口貞善 (1969) 筋酸素摂取量からみた筋持久力トレーニングの効果の研究. 体育学研究, 14: 19-27.

- 福永哲夫 (1969) 超音波測定法による筋の単位面積あたりの筋力の算出. 体育学研究, 14: 28-32.

2. 測定機器の開発による研究の広がり

1964年開催のオリンピック東京大会が近づき、一流選手たちを対象とした測定がいくつか見られる。これらの測定では、テレメータによりフィールドで心拍数や筋電図を測定するためのシステムや光導電セルを使った短距離疾走時のスピードを

測定するためのシステムが開発された。また、水泳中の筋電図が初めて記録された。

猪飼道夫・芝山秀太郎・石井喜八 (1963) 疾走能力の分析—短距離走のキネシオロジー—. 体育学研究, 7 : 59-70.

Ikai, M., Ishii, K., and Miyashita, M. (1964) An electromyographic study of swimming. Res. J. Phys. Edu., 7: 47-54.

Matsui, M. (1964) The application of radio—telemeter to the study of physical activity. Res. J. Phys. Edu., 7: 55-67.

この時期、一流選手を対象に、最大酸素摂取量の測定をトレッドミルで行えるようになり、呼吸循環系に対するトレーニング効果に関する知見が多く得られた。そのような中で、採気マスクの呼吸気用の口径が問題になり次の報告がなされている。これによって、マスクの口径は従来の19mmから現在用いられている30mmに変わった。

Tsukagoshi, K., Kagaya, H., Amemiya, T., and Kuroda, Y. (1969) Effects of various inner diameters of the airway valves in the experimental mask on pulmonary ventilation. Res. J. Phys. Edu., 13: 277-286.

3. 高所トレーニングの研究

1968年のオリンピック大会は高地メキシコで開催されるということで、高所における生理的反応を調べる研究が行われた。「高所トレーニング」というのはこの当時できた言葉である。

浅川正一・古藤高良・押切由夫 (1963) 高地のトレーニングに関する生理学的研究. 体育学研究, 7 : 21-27.

Asahina, K., Ikai, M., Ogawa, S., and Kuroda, Y. (1967) Acclimatization to medium altitude and athletic performance in Mexico City—report from the research committee for altitude training, the Japan amateur sports association—. Res. J. Phys. Edu., 11: 117-126.

4. 筋組織に関する研究

1960年代後半から、筋を組織化学的に研究した報告が見られるようになる。これらの研究は初めは実験動物を用いて行われたが、やがて人体についての研究も行われるようになっていく。この点で、この時代はまさに新しい手法による運動生理学的研究が花開いた時代といえる。ここでは1970年代から1990年代に至るこの分野の報告を以下に示した。

Man' i, M., Ito, K., and Kikuchi, K. (1967) Histological studies of muscular training—report I. effect of training upon skeletal muscular fibers—. Res. J. Phys. Edu., 11: 153-165.

菊地邦雄・万井正人・伊藤一生 (1967) 筋トレーニングの組織学的研究—第二報 トレーニングの心臓に及ぼす影響—. 体育学研究, 11 : 222-230.

菊地邦雄 (1970) 筋紡錘の組織学的研究—その分布と内封筋線維について—. 体育学研究, 15 : 1-7.

菊地邦雄 (1971) 筋トレーニングの組織学的研究—静的筋トレーニングと動的筋トレーニングの骨格筋線維に及ぼす影響の比較—. 体育学研究, 16 : 67-74.

菊地邦雄 (1973) 末梢神経切断による骨格筋線維の変化に関する組織学的研究. 体育学研究, 18 : 145-152.

寺田光世・下川信子・高井三千子 (1975) ラット骨格筋各種線維のPAS反応に及ぼす筋収縮およびトレーニングの影響について. 体育学研究, 20 : 159-166.

菊地邦雄 (1976) 赤筋線維、中間筋線維および白筋線維の発達におよぼす性ホルモンの影響に関する組織学的研究. 体育学研究, 20 : 195-202.

寺田光世・沢田たゆ (1977) ラット前脛骨筋線維におけるグリコーゲンの消耗と回復に関する組織化学的研究. 体育学研究, 22 : 161-168.

勝田 茂 (1979) 骨格筋線維の生後発育に関する光顕的、電顕的研究. 体育学研究, 24 : 201-208.

寺田光世 (1980) 筋発育について—線維構成と化学組成からの検討—. 体育学研究, 25 : 207-213.

石原昭彦・勝田 茂・藤田紀盛 (1983) 持久性トレーニングが神経、筋組織の組織化学的持性におよぼす影響について. 体育学研究, 28 : 215-225.

石原昭彦・勝田 茂・藤田紀盛 (1984) 発育にとも

なうラット神経、筋組織の組織化学的特性の変化について、体育学研究, 29: 125-133.

石原昭彦・勝田 茂・藤田紀盛 (1985) 間欠的走運動によるトレーニングが神経、筋組織の組織化学的特性におよぼす影響について、体育学研究, 30: 129-135.

竹倉宏明・田中弘之・春日規克・小野三嗣 (1986) 雌雄ラット骨格筋における代謝特性の加齢変化。体育学研究, 31: 243-251.

石原昭彦・勝田 茂 (1987) 加齢にともなうラット骨格筋線維、脊髄内支配運動ニューロンの総数の変化について、体育学研究, 32: 43-48.

和田正信・勝田 茂 (1988) 高強度・持久トレーニングによるラット骨格筋タンパクの変化。体育学研究, 32: 221-229.

大石康晴・勝田 茂 (1989) 高強度インターバルトレーニングによるラット骨格筋タンパクの変化。体育学研究, 33: 301-307.

戸塚 学・安部 孝・広田公一 (1989) 高強度ジャンプ・トレーニングがラット骨格筋線維組成に及ぼす影響。体育学研究, 34: 133-140.

山内秀樹・春日規克 (1992) ジャンプおよびアイソメトリックトレーニングにともなう骨格筋の機能変化: 筋線維組成との関連性。体育学研究, 37: 87-95.

大石康晴・山川 孝・宮本英七 (1993) ラット尾部宙づりによるヒラメ筋線維組成およびミオシン重鎖の変化。体育学研究, 37: 365-374.

この時代はニードル・バイオプシー法が開発され、筋線維組成を直接調べるという研究が国際的に行われるようになったのが研究上での特色であるが、わが国ではこのことに関する報告はそれほど多くはない。この理由については石河 (1986) が次のように述べている。

「ニードル・バイオプシー法が開発され、ヒトから直接筋標本を採取することができるようになると、世界的には一流選手の筋線維組成を調べるような研究が多数行われるようになった。1980年代前半頃までは、現在のように厳密なインフォームド・コンセントを取り交わす習慣がなかったので、実施が比較的容易であった。しかし身体を傷つけることに神経質である日本では臨床医学に

おける臨床検査の目的は別として、健康人に対する筋バイオプシーの適用はあまり普及しなかった。」(石河利寛 (1984) 筋線維組成とトレーニング。体育の科学, 34: 162-163.)

体育学研究に掲載された筋バイオプシーを使った論文は5件である

琉子友男・福永哲夫・近藤正勝・塩野 潔・森本哲郎 (1982) Isokinetic 作業時の peak torque に及ぼす筋線維比率および筋断面積の影響。体育学研究, 27: 135-142.

勝田 茂・高松 薫・田中 守・小泉順子・久野譜也・田渕健一 (1989) 50m 走と12分間走の成績による外側広筋の筋線維組成の推定。体育学研究, 34: 141-149.

麻場一徳・勝田 茂・高松 薫・宮下 憲 (1990) スプリンターの疾走能力と外側広筋の筋線維組成および筋毛細血管分布との関係。体育学研究, 35: 253-260.

満園良一・勝田 茂・金尾洋治・宮田浩文・麻場一徳・右田孝志 (1991) 長距離ランナーにおける酸素負債能と骨格筋線維の諸特性との関係。体育学研究, 36: 177-183.

秋間 広・久野譜也・高橋英幸・下條仁士・勝田茂 (1995) 異なる部位における大腿四頭筋の各筋頭の筋断面積と筋線維組成が等速性膝伸展力に及ぼす影響。体育学研究, 39: 426-436.

5. 冬季競技に関する研究

1970年代に入ると、1972年に開催される冬季オリンピック札幌大会に向けて、冬季種目の選手たちの測定が多く行われるようになった。しかし、体育学研究には該当する論文は見あたらない。

6. 体育指導への運動生理学的アプローチ

1970年代は、子どもたちの体力低下が広く指摘された時代でもある。このような時代背景のもとで、体育授業に運動生理学の知見や分析方法を利用するような研究も行われるようになった。

勝部篤美・原田碩三・後藤サヨ子 (1970) 幼児体育に関する実験的研究— (1) 幼児の運動負荷と脈拍

数一. 体育学研究, 14: 193-200.

舟橋明男 (1970) 高校正課体育内に採り入れたサーキット・トレーニングの効果に関する研究. 体育学研究, 14: 239-246.

長沢 弘・石樽清司・井口義雄・木田真理 (1976) 正課体育の授業における運動量と質について. 体育学研究, 20: 293-301.

7. 等速性運動に関する研究

等速性筋力は1960年代に Assmussen, Carlson によって測定され, 後に Moffroid たちによって isokinetic exercise と呼称されるようになった (渡辺ほか, 1978). 当時は等速性筋力測定器といえば Cybex machine のことを意味していた. もともとは, 主として整形外科の分野で利用されていた.

1970年代の日本では, 測定器の台数が少なく, 等速性運動を用いた研究報告は少ない. その後, いくつかのメーカーから測定器が発売され, 等速性運動を行うことはそれほど特別なことではなくなり, 研究報告も増えてきた.

この当時, 測定結果 (トルク曲線) は感熱紙に記録されたので, 測定後はノギスでピークを読んでいた. 角速度が遅いときには, きれいな曲線が描かれるので簡単にピークの高さを測ることができたが, 角速度が速くなると振動によるノイズが大きくなり, どこがピークなのかよくわからないことがあった. 現在のように, デジタル処理でノイズ除去や平滑化をすることなど考えられもしなかった.

また, 測定を行ったときに困難だったのはキャリブレーションであった. 複数の被検者を対象としたときには, いろいろなアーム長で測定を行うので, それぞれのアーム長および各速度について, バーベルのプレートを4種類程度重さを変えてキャリブレーションを行った. 重いプレートを持ち上げるときは, ウェイトトレーニングをやっているようなものだった. 夏の測定では, 測定後には検者は被検者よりも汗をかいていた.

渡辺慶寿・大井淑雄・阿部徳之助・谷岡 淳・竹内

正雄・山本恵三・御巫清允 (1978) Cybex Machine を用いた Isokinetic Exercise による筋力の測定. 体育学研究, 23: 281-285.

琉子友男・福永哲夫・近藤正勝・塩野 潔・森本哲郎 (1982) Isokinetic 作業時の peak torque に及ぼす筋線維比率および筋断面積の影響. 体育学研究, 27: 135-142.

村松 茂 (1985) 同一トレーニング量におけるアイソキネティックおよびアイソトニックトレーニングの比較. 体育学研究, 30: 221-229.

尾県 貢・生田香明・猪熊 真・関岡康雄・大山良徳・近藤 潤 (1988) スキッピングトレーニングが体力, 疾走能力, 疾走動作に与える効果. 体育学研究, 33: 69-78.

秋間 広・久野譜也・高橋英幸・下條仁士・勝田茂 (1995) 異なる部位における大腿四頭筋の角筋頭の筋断面積と筋線維組成が等速性膝伸展力に及ぼす影響. 体育学研究, 39: 426-436.

狩野 豊・高橋英幸・森丘保典・秋間 広・宮下憲・久野譜也・勝田 茂 (1997) スプリンターにおける内転筋群の形態的特性とスプリント能力の関係. 体育学研究, 41: 352-359.

渡邊信晃・榎本好孝・大山卞圭悟・狩野 豊・安井年文・宮下 憲・久野譜也・勝田 茂 (2000) スプリンターの股関節筋力とスプリント走パフォーマンスとの関係. 体育学研究, 45: 520-529.

稲葉恭子・加藤謙一・宮丸凱史・久野譜也・尾県貢・狩野 豊 (2002) 女子スプリンターにおける疾走能力の向上に関する事例研究. 体育学研究, 47: 463-472.

渡邊信晃・榎本靖士・大山卞圭悟・宮下 憲・尾県貢・勝田 茂 (2003) スプリント走時の疾走動作および関節トルクと等速性最大筋力との関係. 体育学研究, 48: 405-419.

新井宏昌・渡邊信晃・高本恵美・真鍋芳明・前村公彦・岩井浩一・宮下 憲・尾県 貢 (2004) 国内一流女子スプリンターにおけるトレーニング経過にともなう形態的・体力的要因と疾走動作の変化. 体育学研究, 49: 335-346.

8. 呼気ガス分析器の開発による呼吸循環系の研究の発展

呼吸循環系の研究に必要な呼気ガス分析には,

当初、労研式ガス分析器が使用され、やがて、ショランダー式ガス分析器が普及していったが、いずれも時間のかかる器機であった。労研式ガス分析器についていえば、筆者（加賀谷）の場合、1 サンプルの分析に約 10 分間を要した。1980 年前後と記憶しているが、この頃、電氣的に呼気ガスを分析する装置が開発された。それまで、労研式やショランダーの分析器で長い時間をかけて、化学的に酸素と二酸化炭素を分析していたのが、電氣的に短時間で呼気ガスを分析できるようになった。これにより、呼吸循環系についての研究は飛躍的に発展していく。いまの若い研究者は労研式ガス分析器、ショランダー式ガス分析器を知らない人が多いと思われるが、この使用には熟練が必要で、いわゆる職人技が求められたのである。なお、これらの分析器では水銀の使用があったため、当時でも検者ののに与える有害性は懸念されていた。この点でも電気式分析器の開発は歓迎されるものであった。

電気式呼気ガス分析器の開発により、呼吸循環系についての研究は質量ともに飛躍的に進歩していくことになる。以下に、旧分析器の使用による報告と、新しい分析器の使用による報告を年次順に示した

長沢 弘 (1968) 中学、高校生の最大作業能の発達について—第 1 報 最大酸素摂取量、最大炭酸ガス排出量および最大酸素負債量の追跡研究—。体育学研究, 13 : 92-100.

長沢 弘 (1969) 中学高校生の最大作業能の発達について—第 2 報 最大酸素摂取量、および最大酸素負債量測定時の心肺機能の変化と生活様式との関係—。体育学研究, 13 : 195-204.

猪飼道夫・宮村実晴 (1970) 最大毎分心拍出量の性・年齢別比較。体育学研究, 14 : 175-183.

勝田 茂・今野道勝・今野和子 (1971) 児童の身体作業能力に関する研究—第 1 報 自転車エルゴメーターによる児童の有酸素的作業能力について—。体育学研究, 16 : 17-23.

堀居 昭・猪飼道夫 (1971) 人体総ヘモグロビン量からみた全身持久性の研究。体育学研究, 16 : 215-222.

宮下充正・袖山 紘 (1972) 日本人水泳選手の最大酸素摂取量。体育学研究, 16 : 253-257.

Ikai, M., Shindo, M., and Miyamura, M. (1970) Aerobic work capacity of Japanese people. Res. J. Phys. Edu., 14: 137-142.

吉沢茂弘 (1971) 農村青少年の作業能に関する研究 (I)。体育学研究, 15 : 21-32.

Miura, M., Matsui, H., Miyashita, M., Kobayashi, K., Hoshikawa, T., and Sodeyama, H. (1971) A study on the relationship between physical performance and physical resources. Res. J. Phys. Edu., 15: 231-235.

朝比奈一男・浅野勝己・草野勝彦・中川功哉・道明博・砂本秀義 (1972) 都市青少年の有酸素的作業能力に関する研究。体育学研究, 16 : 197-213.

山地啓司・猪飼道夫 (1972) 有酸素的作業能の一因子としての肺拡散容量。体育学研究, 17 : 7-16.

北川 薫・猪飼道夫 (1972) 青少年期に於る最大酸素摂取量と形態との関連性。体育学研究, 17 : 159-166.

吉沢茂弘 (1973) 都市と農村青少年の有酸素的作業能に関する比較的研究。体育学研究, 17 : 185-203.

村瀬 豊・小林寛道・宮下充正 (1973) 発育期にある陸上競技中・長距離優秀選手の有酸素的作業能、および長距離走行中の酸素摂取水準。体育学研究, 17 : 269-275.

跡見順子・伊藤克子・宮下充正 (1974) 中高年女子にみられる有酸素的作業能のトレーニング効果。体育学研究, 18 : 253-260.

山地啓司 (1974) 最大作業時の日本人一般成人と中・長距離選手の呼吸・循環機能—心臓容積を中心として—。体育学研究, 18 : 277-286.

Taguchi, S., Raven, P.B., and Horvath, S.M. (1974) Effect of work duration on the measured maximal oxygen uptake during bicycle exercise. Res. J. Phys. Edu., 18: 345-350.

中嶋英昭・永井信雄・小川新吉 (1974) 女子学生の持久性トレーニング。体育学研究, 19 : 107-115.

小林寛道・黒田十三・松井秀治 (1974) 勤労青少年 (某電力会社研修生) に対する体力づくりプログラムの実施とその効果に関する研究。体育学研究, 19 : 189-200.

Kobayashi, Y. (1975) High doses of vitamin E to aid

aerobic work performance at altitude. Res. J. Phys. Edu., 20: 31-44.

Taguchi, S., Ueda, K., Hata, Y., Yamaji, K., and Miyahita, M. (1976) Maximal oxygen uptake and its relationship to body composition of non-athletes and athletes (swimmers), with special reference to total body potassium. Res. J. Phys. Edu., 21: 19-26.

山地啓司・宮下充正 (1976) 3年間の全身持久性トレーニングが陸上中・長距離選手の呼吸・循環機能に及ぼす影響. 体育学研究, 21: 181-189.

吉田敬義・石河利寛 (1977) 少年の運動に対する循環反応の特徴と持久性評価に関する生理学的研究. 体育学研究, 21: 255-263.

Kitagawa, K., Miyashita, M., and Yamamoto, K. (1977) Maximal oxygen uptake, body composition, and running performance in young Japanese adults of both sexes. Jap. J. Phys. Educ., 21: 335-340.

山地啓司・宮下充正 (1977) 最大自転車駆動と走運動にみられる呼吸・循環機能の反応の違いに関する研究. 体育学研究, 22: 179-187.

Nomura, T. (1978) Maximal oxygen uptake of age group swimmers. Jap. J. Phys. Educ., 22: 301-309.

吉田敬義・石河利寛 (1978) 呼吸循環機能からみた幼児の持久走について. 体育学研究, 23: 59-65.

Tanaka, K. (1978) Cardiorespiratory responses of three different categories of cross-country runners with running scores higher than 847. Jap. J. Phys. Educ., 23: 81-90.

跡見順子・宮下充正 (1979) Vo₂max に対するトレーニング強度の影響. 体育学研究, 24: 137-148.

小林寛道・北村潔和・大田順子・早水サヨ子・松井秀治 (1979) 縦断的測定からみた女子生徒の Aerobic Power の発達と、トレーニングの影響. 体育学研究, 24: 149-158.

小林寛道・北村潔和・豊島進太郎・水野義雄, 長沢弘・松井秀治 (1979) 健康成人女子および女子スポーツ選手の Aerobic Power. 体育学研究, 24: 237-246.

9. AT についての研究

1980年代に入ると、「無酸素性作業閾値 (AT)」に関連する研究が増えてきた. もともと AT は 1960年代に考案された概念であるが, 1980年代

に議論が盛んになっていく. AT に関する研究が増えた背景には, ガス分析器の性能が向上したことや血中乳酸濃度の測定が容易になったことがあると思われる. 現在では, 全身持久力を考える上で欠かせない概念の一つになっている. しかし, 体育学研究に 1980年代に掲載された AT に関する研究は意外に少なく, 次の2点のみである.

泉 一郎・石河利寛 (1984) 思春期少年の乳酸性閾値. 体育学研究, 28: 309-314.

平川和文・植野早苗・家治川豊 (1984) 女子学生に関する 12 分間走テストの低位者と高位者の体組成・有酸素および無酸素的能力の検討. 体育学研究, 29: 237-244.

この分野の研究はその後盛んになり, AT をトレーニング強度や持久力の指標として用いた報告が多く見られるようになった.

田中喜代次・松浦義行・中塘二三生・中村栄太郎 (1990) 主成分分析による成人女性の活力年齢の推定. 体育学研究, 35: 121-131.

鍋倉憲治・曾根涼子・藤井宣晴・池上晴夫 (1991) 長時間運動中の心周期分画の変動と有酸素能力との関係. 体育学研究, 36: 53-62.

中垣内真樹・熊谷もりえ・鍋倉賢治・佐伯徹郎・三本木温・田中喜代次 (1996) 全身持久性体力の評価法としての主観的運動強度を用いた最大下 12 分間走テストの提案. 体育学研究, 41: 173-180.

大蔵倫博・上野 M. リンダ・田中喜代次 (1998) 最大下多段階漸増負荷法による自動車運転中の自覚的運動強度を利用した全身持久性体力推定法: 一般若年男性の検討. 体育学研究, 43: 102-116.

中垣内真樹・中村容一・田中喜代次 (1999) “RPE13 によって速度を調節する歩行テスト” の有用性について: エクササイズトレーニングによる全身持久性体力の改善を妥当に評価できるか. 体育学研究, 44: 434-444.

山地啓司・橋本一隆・橋爪和夫 (2000) トレッドミル走における持続時間と生理学的応答の変動. 体育学研究, 45: 15-23.

中垣内真樹・鍋倉賢治・三本木温・佐伯徹郎・山本泰明・岡崎和伸・田中喜代次 (2000) “自覚的運動

強度を用いた最大下12分間走テスト”の妥当性：若年男性を対象とした総合的検討。体育学研究，45：65-76.

大蔵倫博・林 容市・和田実千・田中喜代次（2000）自己選択した運動強度に対応する呼吸循環器系反応および心理的反応に与える運動習慣の影響。体育学研究，45：201-212.

菅原 順・湯川英昭・白井克佳・斉藤 実・鍋倉賢治・松田光生（2000）アスリートにおける運動負荷後の心臓副交感神経系活動回復応答を用いた体調評価の有用性。体育学研究，45：611-618.

林 容市・大蔵倫博・中垣内真樹・田中喜代次（2003）中・高強度運動が強度を自己選択した有酸素性運動中の強度認知および生理学的指標に及ぼす影響。体育学研究，48：299-312.

林 容市・沼尾成晴・李 東俊・田中喜代次（2004）腹腔内脂肪面積の差異が換気性代謝閾値強度での長時間運動中の脂質代謝に及ぼす影響。体育学研究，49：245-255.

また，ATと関連が深い血中カテコラミン濃度を扱った研究が2件見られる。

山本隆宣・長尾憲樹・小野三嗣（1981）健康成年男子における血漿中と尿中の遊離方および抱合型カテコラミン代謝に及ぼす持続的運動の影響。体育学研究，26：207-218.

佐々木弘志・石河利寛（1984）同一相対強度で行った長時間運動に対する鍛練者と非鍛練者の血漿カテコールアミン応答の比較。体育学研究，29：43-51.

10. 成人病予防と運動との関連についての研究

1980年代は，成人病予防と運動との関連についての研究が大きく取り上げられるようになってきた時期であった。運動による成人病の予防や治療についての報告が多く見られる。

広田公一・東 恵彦・新木敏正・北 博正・井川正治（1980）コレステロール代謝に及ぼす身体運動のトレーニング効果。体育学研究，24：325-332.

国井修一・福田芳郎・若林一雄・文野裕之・広田公一・北 博正（1982）運動が脳卒中易発症性高血圧自然発症ラット（SHRSP）の血圧及び脳血管系

疾患発症に及ぼす影響。体育学研究，27：35-46.
春日規克（1984）トレーニングが血中及び脂肪組織の脂肪酸構成比にあたえる影響。体育学研究，29：245-249.

Ebisu, T. (1985) Splitting the distance of endurance running: on cardiovascular endurance and blood lipids. Jap. J. Phys. Educ., 30: 37-43.

早水サヨ子・山本 親・大桑哲男・勝亦紘一・佐藤祐造（1985）外因性インスリンの感受性からみた鍛練者と非鍛練者の比較。体育学研究，30：137-144.

広田公一・坂元晃史・武井信子・東 恵彦（1986）コレステロール代謝に及ぼすトレーニング期間の影響。体育学研究，30：273-279.

川初清典・伊藤 稔・斉田ゆかり・浜崎 博・青戸公一・綾井弘文・野原隆司・橋本友久・呉 得進・神原啓文・河合忠一（1986）虚血性心臓病患者運動療法への水泳の適用—監督下プログラムにおける実験的所見—。体育学研究，30：303-315.

藤田幸雄・直原 幹・藤田紀盛（1987）自然発症高血圧ラット（SHR）の大動脈脈波伝播速度に対する自発走運動の影響。体育学研究，32：77-89.

安部 孝・坂元晃史・浅見俊雄・東 恵彦・広田公一（1987）動脈壁コレステロール代謝に及ぼす運動トレーニングの影響。体育学研究，32：181-185.

1950年代イギリスのMorrisたちによる疫学的研究やアメリカのCooperによる実験的研究から始まった一連の研究結果から，この頃，成人病（特に虚血性心疾患）予防のための運動の重要性が認識されるようになってきた。日本では1970年代に「健康のためにあえて運動をする」ということが一般的になり始め，それまで運動習慣を持たなかった人が運動をするようになった。中でも「ジョギング」は一大ブームとなった。

健康のための運動をどのように行えばいいのか，どのようなことに注意すべきなのか，ということについては，まだ，一般の人々には浸透していない時代であったので，各人がそれぞれのやり方でジョギングを楽しんでいた。しばらくすると，足首，膝，腰などを痛めて，ジョギングを継続することが困難な人が多数出現した。これは日本人

の国民性と言えるのかもしれないが、健康に対する効果があるのでジョギングを行うのだからということ、やるからにはできるだけ長い距離を、と頑張り過ぎてしまった結果であると思われる。ほとんどの人がアスファルトの道路を走っており、道路の傾斜や着地の衝撃を緩衝するシューズについての知識が乏しかったのもあろう。

また、1984年にジョギングの教祖といわれていたJim Fixが、ジョギングの最中に心筋梗塞で死亡したという事件もあり、ジョギングのブームは、一時下火になった。後に、より安全なウォーキングが脚光を浴びることになる。そして、都道府県や市町村単位でウォーキング・コースを作ったり、ウォーキング講習会を開くようになった。

それまでは、運動生理学の研究者の大部分は、ジョギング程度は軽い運動なので危険なことはないと考えていたと思われるが、一般人に対する運動処方難しさを始めて知った時代であった。しかし、現在ではジョギングも改良された方法で盛んに行われている。

一方、この頃から、いわゆる「スポーツ・クラブ」が企業として成り立つようになった。運動の処方ができる専門のスタッフを配置して客のニーズに対応するという体制で発展した。また、公営のトレーニング施設も現れ始めた。運動のやり方をまったく知らない人でも、安心して健康のための運動に取り組めるようになった。

11. パーソナル・コンピュータの普及と研究の発展

1980年代最大の画期的な出来事はパーソナル・コンピュータ（以下パソコン）の普及である。コンピュータ（大型など）は以前からあったが、研究室の机の上に置くことができるパソコンはこの時代に初めて出現した。この当時、市販のソフトウェアなどほとんどなかったので、行いたいデータ処理がある場合、自分でプログラムを組むしかなかった。必要に迫られて、乏しい知識でプログラムを作成し、なんとかデータ処理をしたものだが、電卓とは比較にならないほど早く結果が出たのが感動であった。

当時の電卓でもプログラミング可能なものがあり、一次回帰分析やt-検定などはとりあえず電卓でもできた。しかし、例数が多いときに、最後のところでキーを打ち間違えてやり直しとなったことは数知れず、多くの時間を無駄にした。その点パソコンでは、「フロッピー・ディスク」（当時唯一の外部記憶媒体）にデータを一時保存しておいて、後で計算することができたので効率的だった。さらに、重回帰分析が必要なときにはパソコンが不可欠であった。それまでは、電卓でこつこつと計算していたのだが、パソコンによって短時間の分析が可能になった。

当時のパソコンのCPUは8ビットであり、その後16ビットとなり、そして現在主流の32ビットへと進化してきた。その度に、同じ計算をしても時間が短縮していくので、そのことも感動であった。同時に市販のソフトウェアも充実してきたので、自分でプログラムを作成する必要性がほとんどなくなってきた。

ところで話は遡るが、電卓が発売されたことも画期的な出来事であった。電卓は電子式卓上計算機の略で、1960年代に第1号機が発売された。当時の計算機は確かに「卓上」で現在のパソコンくらいの大きさであった。その後改良が重ねられ、1970年代にはポケットに入る計算機が発売された。現在はこれを「電卓」と呼んでいる。電卓が発売されたことで、それ以前よりもデータ処理速度が格段に速くなった。

なお、電卓の前にあった計算機は、タイガー計算器という手動式計算機であった。若い研究者にはこれも理解できない器機であろう。この計算機では付置されたハンドルをいかに速く回転させるかという職人技が求められたものである。

パソコンの普及により、酸素摂取量の測定方法も劇的に変化した。それまでは、酸素摂取量の測定にダグラスバッグを使うのが一般的で、通常1分間の呼気ガスを採取して、後で呼気量をガスメーターで測定し、続いて呼気の酸素および二酸化炭素濃度を分析するというスタイルであった。それが、新しい方法では、呼気ガスを直接分析器に通し、パソコンが酸素摂取量を計算するというス

タイルとなった。現在では当たり前の方法であるが、当初は正しく酸素摂取量が測定できているかどうか不安であったものである。

佐竹昌之・池上晴夫（1985）長距離走におけるピッチとストライドの変化が走効率に及ぼす影響。体育学研究, 30 : 231-239.

山本久徳・堀田 昇・青木純一郎（1988）食事提供方式による肥満成人の減量に及ぼす運動の効果。体育学研究, 33 : 193-199.

松井 健・青木純一郎・石河利寛（1990）低水温下での水泳がその後の自転車運動に及ぼす影響。体育学研究, 35 : 271-279.

高倉 実（1992）ラグビーレフェリーのゲーム中における呼吸循環系反応及び移動パターンの分析：B級レフェリーの場合。体育学研究, 36 : 349-357.

現在では、ダグラスバッグを使って酸素摂取量を測定したことがないという若い研究者もいるかもしれないが、筆者にとっては非常に懐かしい測定器具の1つである。初めはゴム製のダグラスバッグで破れることが多く、その修理が大変であったがやがて丈夫な新しい製品が現れ、「これはパラシュートと同じ材質でできているんですよ」と業者に説明されたことを今でも覚えている。

研究室で酸素摂取量の測定を行うとき、下級生がまず覚えなければならないのがバッグ絞りであった。できるだけ早く絞ることは一種の職人技で、これができて初めて直接的に実験に参加することができた。もっとも、それほど難しいことではないので誰でもすぐに職人になれた。実験前日にはバッグをいっぱい膨らまし、穴があいていないかをチェックした。穴があいている場合は、自転車のタイヤのパンクを直すように、バッグの穴を塞いだ。実験中には、バッグが小さくて1分間の採気ができるかどうか微妙なときに、無理やり採気を強行したため、被検者が息を吐けなくて苦しい思いをさせたこともあった。1日に何人もの測定をしたときには、途中から握力がなくなり、バッグを絞るのが辛かったという思い出もある。このような困難さも、現在使用されている各種の新しい装置で解決されたことになる。

筋電図に関しても、パソコンの普及でデータ解析が大幅に楽になった。それまでの典型的な方法は、筋電図を紙に記録して、ある動作を行ったときに、どこの筋がどのような順で使われるのかというような定性的な解析をすることであった。一歩進んで、筋電図の積分値やスペクトル解析をするためには、高価な信号処理専用機や大型のコンピュータに頼らなければならなかった。それがパソコンの登場で、専用器よりもはるかに安価に筋電図のデジタル処理ができるようになった。そして、パソコンの性能が向上するにしたがって、以前の信号処理専用機よりも高度なデータ解析が可能になったのである。

以下にこの領域における報告を列举した。

浅井英典・石河利寛（1984）幼児の短時間および持続的等尺性収縮における表面筋電図の周波数および振幅の分析。体育学研究, 29 : 115-123.

岡田修一・生田香明・黒田英三・栗原崇志・猪熊真・川合 悟（1986）筋力とEMG解析からみた屈筋と伸筋の特性の比較。体育学研究, 31 : 227-234.

岡田修一・生田香明・川合 悟・木下 博・黒田英三（1987）筋力とEMG解析からみた発育期における瘦身児の筋収縮特性。体育学研究, 32 : 187-197.

岡田修一・平川和文・生田香明・木下 博・黒田英三・川合 悟（1992）EMG解析からみた発育発達および加齢による四肢筋の筋力発揮特性。体育学研究, 37 : 135-143.

松本珠希・伊藤一生・伊藤 稔・森谷敏夫（1991）疲労筋電図解析による身体作業能力評価の可能性。体育学研究, 36 : 245-253.

渡辺一志・辻 幸治・米山富士子（1993）アーチェリーのエイミングからフォロースルーにおける筋活動とパフォーマンス。体育学研究, 37 : 405-411.

半導体技術の進歩は、自転車エルゴメータも変えた。これまでは、モナーク社に代表される機械的な摩擦抵抗で負荷をかけていたものが一般的であったが、電氣的にペダルに負荷をかけるタイプが出てきた。

- 加藤謙一・山中任広・宮丸凱史・阿江通良 (1992) 男子高校生の疾走能力および最大無酸素パワーの発達. 体育学研究, 37 : 291-304.
- 松本珠希・篠原 稔・柴田真志・森谷敏夫 (1993) 非観血的な心筋酸素消費・供給の相対的評価法. 体育学研究, 38 : 257-264.
- 加藤謙一・宮丸凱史・阿江通良 (1994) 女子高校生の疾走能力および最大無酸素パワーの発達. 体育学研究, 39 : 13-27.

電気式の自転車エルゴメータは、負荷の設定を記憶させることができるものもあるので、負荷の調節係りが必要なくなった。しかしその反面、キャリブレーションができなかったり、故障したときに自分で修理できないなど不便な点もある。

このようにみても、1980年代は社会一般もそうであったが、運動生理学の研究分野でも、測定機器がアナログからデジタルへ大きく変化した時代であったといえる。データ処理も含めて、測定にかかる時間が大幅に短縮したことにより、その他のことに時間をかけられるようになった。

1990年代になると、核磁気共鳴という新しい方法で身体内部を検査する方法が使われ始めた。収縮時の筋の動きや、筋や脂肪の厚さなどがヴィジュアルで観察可能になった。また、活動筋レベルでの酸素摂取量の測定も可能になった。

- 稲木光晴・高橋英幸・久野譜也・西嶋尚彦・勝田茂 (1995) 生体内で評価された筋の有酸素能力と全身性の有酸素能力との関係. 体育学研究, 39 : 417-425.
- 秋間 広・久野譜也・高橋英幸・下條仁士・勝田茂 (1995) 異なる部位における大腿四頭筋の各筋頭の筋断面積と筋線維組成が等速性膝伸展力に及ぼす影響. 体育学研究, 39 : 426-436.
- 狩野 豊・高橋英幸・森丘保典・秋間 広・宮下憲・久野譜也・勝田 茂 (1997) スプリンターにおける内転筋群の形態的特性とスプリント能力の関係. 体育学研究, 41 : 352-359.
- 鈴木健司・中川武夫・田中豊穂 (1998) 女子スポーツ選手における腰痛とMRI所見：腰椎間板変性と

椎間板ヘルニア. 体育学研究, 42 : 363-369.

- 松尾清孝・成澤三雄・村永信吾・関 和彦 (1998) 剣道の素振りにおける筋活動様式の左右差. 体育学研究, 43 : 176-184.
- 渡邊信晃・榎本好孝・大山下圭悟・狩野 豊・安井年文・宮下 憲・久野譜也・勝田 茂 (2000) スプリンターの股関節筋力とスプリント走パフォーマンスとの関係. 体育学研究, 45 : 520-529.
- 稲葉恭子・加藤謙一・宮丸凱史・久野譜也・尾縣貢・狩野 豊 (2002) 女子スプリンターにおける疾走能力の向上に関する事例研究. 体育学研究, 47 : 463-472.
- 新井宏昌・渡邊信晃・高本恵美・真鍋芳明・前村公彦・岩井浩一・宮下 憲・尾縣 貢 (2004) 国内一流女子スプリンターにおけるトレーニング経過にともなう形態的・体力的要因と疾走動作の変化. 体育学研究, 49 : 335-346.

12. 伸張—短縮サイクル運動のについての研究

1990年以降は、伸張—短縮サイクル運動に関する研究が多く見られるようになった。

反動動作は、それ以外の動作と比較して主働筋にかかる力が極めて大きく、これが反動動作を論じる視点にもなっている。したがって、ダイナミックな身体運動を考察するためには、筋線維のもつ収縮要素としての機能（収縮特性）とともに、弾性要素の働きを考慮する必要がある。このような観点から、主に反動を伴うダイナミックな身体運動の動力源として、筋と腱を合わせた筋—腱複合体について、その動態と身体運動との関係を対象とした研究が多くなされてきた（深代, 2000）。伸張—短縮サイクル運動に関する研究は、運動生理学よりもバイオメカニクスの内容が強いものが多いが、それらも含めると14件の報告がみられる。

- 高松 薫・会田 宏・図子浩二 (1991) Isometric および eccentric な予備緊張が肘屈曲速度に及ぼす影響—Concentric な収縮中の負荷重量および動作範囲に着目して—。体育学研究, 36 : 127-139.
- 図子浩二・高松 薫・古藤高良 (1993) 各種スポーツ選手における下肢の筋力およびパワー発揮に関

- する特性. 体育学研究, 38 : 265-278.
- 図子浩二・高松 薫 (1995) リバウンドドロップジャンプにおける踏切時間を短縮する要因: 下肢の各関節の仕事と着地に対する予測に着目して. 体育学研究, 40 : 29-39.
- 尹 聖鎮・大山卞圭吾・岡田英孝・高松 薫 (1999) 傾斜面でのリバウンドジャンプにおける腓腹筋の stiffness がアキレス腱張力に及ぼす影響. 体育学研究, 44 : 510-521.
- 馬場崇豪・和田幸洋・伊藤 章 (2000) 短距離走の筋活動様式. 体育学研究, 45 : 186-200.
- 深代千之 (2000) 反応動作のバイオメカニクス: 伸張—短縮サイクルにおける筋—腱複合体の動態. 体育学研究, 45 : 457-471.
- Nagano, A., Takeshita, D., and Fukashiro, S. (2001) An estimation of the stiffness of mm. triceps surae in human hopping by the mass—spring model. Japan J. Phys. Educ. Hlth. Sport Sci., 46: 195-205.
- 三浦 健・図子浩二・鈴木章介・松田三笠・清水信行 (2002) バスケットボールにおけるチェストパス能力を高める上肢のプライオメトリックス手段に関する研究. 体育学研究, 47 : 141-154.
- 岩竹 淳・鈴木朋美・中村夏実・小田宏行・永澤健・岩壁達男 (2002) 陸上競技選手のリバウンドジャンプにおける発揮パワーとスプリントパフォーマンスとの関係. 体育学研究, 47 : 253-261.
- 田内健二・尹 聖鎮・高松 薫 (2002) 同一個人の上肢と下肢の SSC 運動における力発揮特性の相違. 体育学研究, 47 : 533-546.
- 田内健二・尹 聖鎮・栗山佳也・高松 薫 (2002) 下肢のバリスティックな伸張—短縮サイクル運動の遂行能力からみた槍投げ競技者の体力特性. 体育学研究, 47 : 569-577.
- 尹 聖鎮・田内健二・高松 薫 (2003) 傾斜面でのリバウンドドロップジャンプにおける腓腹筋—アキレス腱複合体の神経筋活動: 跳躍トレーニング経験の相違に着目して. 体育学研究, 48 : 15-25.
- 田内健二・尹 聖鎮・山田 哲・高松 薫 (2003) 投動作における上肢の伸張—短縮サイクル運動の有効性: 伸張局面におけるみかけ上の stiffness 特性に着目して. 体育学研究, 48 : 137-151.
- 田内健二・尹 聖鎮・高松 薫 (2003) 同一個人の上肢および下肢の伸張—短縮サイクル運動におけるパワー発揮特性: 投擲競技者と跳躍競技者との

比較. 体育学研究, 48 : 313-325.

- 木越清信・岩井浩一・島田一志・尾縣 貢 (2004) ドロップジャンプにおける姿勢が下肢関節 Kinetics およびジャンプパフォーマンスに及ぼす影響. 体育学研究, 49 : 435-445.

13. 無線式酸素摂取量の測定

この頃, 酸素摂取量を無線式で測定できるようになったが, 体育学研究にはこの装置を用いた報告は見当たらない.

14. 高齢者の健康についての研究

高齢化社会の出現も 1980 年代以降の時代の特徴である. およそ 50 年前の 1950 年に男性 57.48 歳, 女性 60.73 歳だった平均寿命が, 1990 年には男性 76.04 歳, 女性 82.07 歳となり, 高齢者が自立した生活を営めることが各家庭にとっても社会全体にとっても非常に重要となった. 高齢者が自立した生活をするためには身体的にはどんなことが必要かといった内容の研究が多く見られるようになった.

- 金 禧植・松浦義行・田中喜代次・稲垣 敦 (1993) 高齢者の日常生活における活動能力の因子構造と評価のための組テスト作成. 体育学研究, 38 : 187-200.
- 久島公夫・和泉堯己・坂井 学・佐藤広徳・高木登 (1996) 勤労中年男性の体力及び血圧と喫煙習慣の関連. 体育学研究, 40 : 304-315.
- 出村慎一・中比呂志・春日晃章・松沢甚三郎 (1996) 女性高齢者における体力因子構造と基礎体力評価のための組テストの作成. 体育学研究, 41 : 115-127.
- 久島公夫・和泉堯己・坂井 学・佐藤広徳・高本登 (1997) 勤労中年男性の血清脂質に及ぼす喫煙習慣の影響. 体育学研究, 41 : 463-473.
- 中比呂志・出村慎一・松沢甚三郎 (1997) 高齢者における体格・体力の加齢に伴う変化及びその性差. 体育学研究, 42 : 84-96.
- 金 憲経・田中喜代次・重松良祐・張 美蘭・上野正子リンダ・河合彰子 (1997) 高齢女性の日常生活における身体活動能力の日韓比較. 体育学研究,

42：233-245.

高本 登・坂井 学・佐藤広徳・和泉堯己・久島公夫（1997）日常の身体活動の特性の違いが勤労中年男性の体力に及ぼす影響．体育学研究，42：261-269.

佐藤 進・出村慎一・松沢甚三郎・小林秀紹・豊島慶男（1999）要介助高齢者の日常生活動作能力の検討：加齢，自覚的健康感・体力感，疾病との関係から．体育学研究，44：13-24.

出村慎一・松沢甚三郎・野田洋平・南 雅樹・郷司文男・佐藤 進・小林秀紹・西嶋尚彦（1999）在宅高齢者の日常生活動作の特徴．体育学研究，44：112-127.

重松良祐・金 憲経・田中喜代次（1999）余裕のある日常生活を営むために必要な高齢女性の身体機能水準．体育学研究，44：334-344.

宮元章次・石河利寛・北村虎雄・押川紘一郎（1999）ゲートボールの実施が高齢女性の骨密度に及ぼす影響．体育学研究，44：493-499.

重松良祐・中村容一・中垣内真樹・金 憲経・田中喜代次（2000）高齢男性の日常生活に必要な身体機能を評価するテストバッテリーの作成．体育学研究，45：225-238.

佐藤 進・出村慎一・松沢甚三郎・野田洋平・宮口尚義・多田信彦・小林秀紹・郷司文男・南 雅樹・菅野紀昭（2000）在宅高齢者のためのADL調査票の作成：有効な調査項目および評価尺度の提案．体育学研究，45：472-488.

浅井英典・新開省二・井門恵理子（2001）衰弱高齢者のQOLに対する短期間の定期的な運動指導の有効性．体育学研究，46：269-279.

渡辺英児・竹島伸生・長ヶ原誠・山田忠樹・猪俣公宏（2001）高齢者を対象とした12週間にわたる水中運動による心理的・身体的効果：量的・質的アプローチを用いた多面的分析．体育学研究，46：

353-364.

梅田典子・重松良祐・中垣内真樹・田中喜代次（2002）Body mass index からみた高齢者における体力の検討．体育学研究，47：439-450.

中谷敏昭・灘本雅一・三村寛一・伊藤 稔（2002）日本人高齢者の下肢筋力を簡便に評価する30秒椅子立ち上がりテストの妥当性．体育学研究，47：451-461.

中田由夫・田中喜代次・金 憲経・天貝 均・重松良祐・中塘二三生（2003）減量に伴う四肢・体幹別にみた身体組成の変化：中年肥満女性の骨量に着目して．体育学研究，48：27-35.

田路秀樹・金子公宥（2004）高齢者の肘屈筋における力—速度関係とパワー．体育学研究，49：19-27.

田辺 匠・前田清司・菅原 順・大槻 毅・柿山哲治・横山典子・宮内 卓・久野譜也・鯨坂隆一・松田光生（2004）中高齢者における身体活動が動脈系コンプライアンスおよび収縮期血圧に及ぼす影響．体育学研究，49：135-146.

浅井英典・大柿哲朗・小宮秀一（2004）中高齢女性の転倒経験の有無による体力および動的平衡性の相違について．体育学研究，49：447-456.

III ま と め

以上，体育学研究に掲載された報告を資料に運動生理学研究の50年の足跡を概説した．資料が膨大なので見落とした報告もあるかもしれないし，概説も筆者の理解の範囲の下に述べたものでもあるので十分な内容になっていないことをお許し願いたい．

（平成17年3月22日受付）
（平成17年3月22日受理）