

目次

博士学位論文

水泳における運動強度の指標としての 主観的運動強度（RPE）の有用性

上田 毅

目次

緒言	…	1
第1章 主観的運動強度 (RPE) に関する研究と本研究の目的	…	5
第1節 RPE尺度の理論的背景	…	6
第2節 RPEの妥当性と再現性	…	8
第3節 RPEと環境温	…	11
第4節 全身のRPEと部分RPE	…	13
第5節 設定RPE値による運動強度の調節	…	19
第6節 RPEに及ぼすトレーニングの影響	…	21
第7節 水泳におけるRPE	…	23
第8節 本研究の目的	…	24
第2章 水泳中のRPEの妥当性に関連する基礎的要因	…	28
第1節 水泳における運動強度の指標としてのRPEの妥当性	…	29
第2節 異なる水温下での水泳におけるRPE	…	39
第3節 水泳における全身のRPEに対する部分RPEの寄与率	…	46
第3章 水泳指導へのRPEの適用	…	54
第1節 時間泳における設定RPE値による運動強度の調節	…	55
第2節 設定RPE値による運動強度の調節に及ぼす水泳練習の効果	…	59
第3節 間欠的水泳運動におけるRPE	…	65
第4章 総合考察	…	76
第1節 本研究の成果と意義	…	77
第2節 総括と今後の課題	…	81
引用文献	…	85
謝辞	…	97
図表	…	98

緒言

水泳指導の身体的側面のねらいとして、水泳技術の習得とともに適切な運動量の確保が掲げられている（文部省，1989a, b, c）。本研究は後者のねらいと関連して、水泳指導における運動強度の指標としての主観的運動強度（Ratings of Perceived Exertion : RPE）の有用性について検討しようとするものである。

健康を増進し、体力の向上を図るためには適切な運動量の確保が必要である。運動量は運動強度と運動時間の積で表わされる。特に、運動強度の高低は運動の質を決定するので、運動強度の把握は水泳指導において適切な運動量を確保するための重要な課題となる。

水泳指導における運動強度の設定と評価は、これまで泳速あるいは指導者の経験に頼ってきた。しかし、泳速は泳法や水泳の技能水準に強く影響されるため、技能水準の異なる泳者に対してこれを運動強度の指標として用いると、泳者の生体負担度にきわめて大きな個人差が生じることになる。

水泳も含めた身体運動における運動強度の指標として、厳密には酸素摂取量（ $\dot{V}O_2$ ）が用いられる。水泳中の $\dot{V}O_2$ の測定は実験装置が十分に整った実験室において可能であるが、通常の水泳指導の現場で $\dot{V}O_2$ を測定するには現在のところ技術的、経済的に多くの困難をともなう。このため、水泳指導の現場ではより簡便で実際的な指標が求められている。

運動強度を示す簡便な指標の一つに心拍数（HR）がある。水泳中のHRは成人と児童の

いずれを対象としても $\dot{V}O_2$ との間に直線関係を示すことから、HRは水泳中の運動強度の指標として妥当であると認められている。しかし、水泳指導の現場でHRを用いるには、次のような限界がある。第一に、HRは水温などの環境の変化や泳者の年齢に影響される。このため、HRによる運動強度の設定と評価には水温や年齢に応じた補正が必要である。第二に、水泳中の泳者のHRは心拍数記憶装置やテレメーター等の機器により正確に記録できるが、これらの手法は経済性や簡便性に劣る。また心拍数記憶装置ではリアルタイムにHRを知ることができない。第三に、HRは触診法や電極把握法で簡便に測定できるが、これらの手法は運動の中断を余儀なくさせる。また触診法では130拍/分以上のHRで測定誤差が増すことも知られている。

水泳中の運動強度を簡便に、しかも運動を中断することなくリアルタイムに知るものとしてBorgの考案（1970）によるRPEがある。これは運動中に知覚される運動強度を15段階のカテゴリー尺度により数量化する指標である。しかし、水泳におけるRPEの有用性はほとんど研究されていない。

本論文では、研究課題として水泳におけるRPEを取り上げ、実験室的研究として運動強度の指標としての妥当性と関連するいくつかの研究課題を、実践的研究として水泳指導への適用性を検討した。前者の実験は実験条件を厳密に規定できる実験室で実施し、その内容を第2章に示した。後者の実験は屋外プールで水泳指導中に実施し、その内容は第3章に示した。

本研究では以下の略語と記号を用いた。

略語ないし記号：用語（単位）。

AT	: anaerobic threshold, 無酸素性作業閾値.
f	: frequency of breathing, 呼吸数 (回/分) .
HLa	: blood lactate concentration, 血中乳酸濃度 (mmol/l) .
HR	: heart rate, 心拍数 (拍/分) .
LT	: lactate threshold, 乳酸性作業閾値.
pH	: potential of hydrogen, 水素イオン濃度.
PWC ₁₃₀	: physical working capacity at 130 beats/min of heart rate, 130拍/分の心拍数における身体作業容量 (W) .
PWC ₁₇₀	: physical working capacity at 170 beats/min of heart rate, 170拍/分の心拍数における身体作業容量 (W) .
PWC _{R13}	: physical working capacity at 13 of RPE, 13の主観的運動強度 における身体作業容量 (W) .
PWC _{R17}	: physical working capacity at 17 of RPE, 17の主観的運動強度 における身体作業容量 (W) .
\dot{Q}	: cardiac output, 心拍出量 (ml/分) .
RPE	: ratings of perceived exertion, 主観的運動強度.
RPE ₀	: overall ratings of perceived exertion, 全身の主観的運動強度.
RPE _{arm}	: arm ratings of perceived exertion, 腕の痛みやきつさ.
RPE _c	: cardiac ratings of perceived exertion, 心臓のきつさ.
RPE _{leg}	: leg ratings of perceived exertion, 脚の痛みやきつさ.
RPE _R	: respiratory ratings of perceived exertion, 呼吸の苦しさ.
SV	: stroke volume, 心臓の一回拍出量 (ml) .
\dot{V}_E	: minute ventilation, 換気量 (l/分) .
\dot{V}_{O_2}	: oxygen uptake, 酸素摂取量 (l/分) . 人体で消費される1分間当

	<p>たりの酸素量を示し、運動強度の指標として用いられる。</p>
$\dot{V}O_{2max}$	<p>: maximal oxygen uptake, 最大酸素摂取量 (l/分)。人体で消費される1分間当たりの酸素摂取量の最大値。</p>
$\dot{V}O_{2max}/WT$	<p>: maximal oxygen uptake per 1 kg of weight, 体重1kg当りの最大酸素摂取量 (ml/kg/分)。最大酸素摂取量に影響する体重の個人差を除去するために用いられる。</p>
$\% \dot{V}O_{2max}$	<p>: percentage of maximal oxygen uptake, 最大酸素摂取量の相対値 (%)。最大酸素摂取量の個人差を除去し、相対的に同一強度で比較するために用いられる。</p>
VT	<p>: ventilatory threshold, 換気性作業閾値。</p>
V_T	<p>: tidal volume, 一回換気量 (l)。</p>

第1章 主観的運動強度（RPE）に関する研究と本研究の目的

Borg (1962) により提案された主観的運動強度 (Ratings of Perceived Exertion : RPE) は、運動中に知覚される運動強度を数量化する指標の一つであり、スポーツ科学の領域においてその有用性が検討されてきた。またRPEに関する研究は、運動中のエネルギー代謝、呼吸循環器系、ホルモンなどの生理的応答との関連から検討されてきた。本章では、研究課題との関連から特に、RPE尺度の理論的背景、RPEの妥当性と再現性、RPEと環境温、全身のRPEと部分RPE、設定RPE値による運動強度の調節、RPEに及ぼすトレーニングの影響、水泳におけるRPE、の各節に区分してRPEに関する研究を概説し、その問題点を指摘することにより、本研究の目的を導く。

第1節 RPE尺度の理論的背景

RPEに関する最初の研究は、自転車エルゴメーター作業中、一定時間内（30～60秒）に被検者が標準刺激の半分と知覚するまでスロットルハンドルを操作して運動強度を調節する手法（比率表出法：ratio production）を用いるものであった（Borg and Dahlstrom 1960）。その後、これと類似する手法、すなわち被検者に異なる運動強度を負荷して、それらがどのくらいの強さに感じられるかを数字によって評価する手法（マグニチュード推定法：magnitude estimation）や、標準刺激の何倍に感じられるかといった手法（比率推定法：ratio estimation）が用いられてきた（Borg 1962）。しかし、これらの手法には被検者の身体作業容量の個人差を考慮していないことや、運動強度を評価する数字の大きさに制限がないという欠点があった。

そこで身体作業容量の個人差を除去する手法の一つとして、条件付きの評価尺度がBorg（1961, 1962）によって考案された。この条件は、図1-1に示したBorg（1961, 1962）のレンジ理論（the range theory）に依存している。この理論では、最大強度の運動における知覚量は全ての人で同等であり、非常に低い運動強度でも相対的運動強度が同一であれば全ての人で同等に知覚すると仮定する。すなわち、レンジ理論に従うと、たとえ身体作業容量が異なっていたとしても全ての人で知覚の範囲は等しくなる。

以上のような理論的背景をもとにBorg（1962）は、運動中の知覚量から運動強度を評価するため、尺度の数値を21段階に固定したカテゴリー尺度（category scale）を作成

した。これは運動強度を主観的に表現する言語を等間隔に配列した尺度である。この尺度の数値は、後に、6~20の15段階に修正された（表1-1）（Borg 1970, 1973）。この理由は、（1）自転車エルゴメーター作業やトレッドミル走において、RPEはHRや物理的運動強度に対して直線関係を示す、（2）RPEを10倍するとHR値と等しくなる、という二つの意図に基づいている。スポーツ科学の領域では、運動中に知覚される運動強度の評価方法として、この尺度が最も一般的に使用されている。本研究でも小野寺と宮下（1976）の日本語訳によるこの尺度を用いた。

前述のようにRPEはHRや物理的運動強度に対して直線関係を示すことから、RPE尺度は実質的には間隔尺度（interval scale）として利用できる。すなわち、110~130拍/分のHRの間の距離と150~170拍/分のHRの間の距離がほぼ等しいのと同様、11~13のRPEの間の距離と15~17のRPEの間の距離は心理的にもほぼ等しいと考えることができる。したがって、研究目的が身体運動において知覚される運動強度の監視であればRPE尺度に問題はない。しかし、比率表出法やマグニチュード推定法の手法によって得られる運動中の知覚量は、HRや物理的運動強度に対して直線関係を示していない。これはBorg and Dahlstrom（1960）、Borg（1961, 1962）、Noble, et al.（1983）が報告したように指数関数的増加を示す。

第2節 RPEの妥当性と再現性

BorgのRPE尺度の妥当性は、運動強度の指標であるHRや $\dot{V}O_2$ との相関分析により検討されてきた。

HRとの関係では、これまでRPEは、性 (Skinner, et al. 1969, 1973a, Stamford 1976), 身体作業容量 (Bar-Or, et al. 1972, Hassmen 1990, Michael and Eckhardt 1972, Skinner, et al. 1973a), 運動様式 (Gamberale 1972, Hassmen 1990, Skinner, et al. 1973a), 負荷方法 (Edwards, et al. 1972, Skinner, et al. 1973b) および作業部位 (Sargeant and Davis 1973) の相違にもかかわらず直線関係を示すと報告されてきた。

しかし、身体作業容量 (Winborn, et al. 1988), 運動単位の動員様式 (Lollgen, et al. 1975, 1977, 1980, Pandolf and Noble 1973, Robertson, et al. 1979b, Stamford and Noble 1974) および負荷方法 (Glass, et al. 1991) が異なる場合には、RPEとHRの間に直線関係が認められないことからRPEの妥当性を疑問視する研究者もいる。

したがって、運動強度の指標としてのRPEの妥当性をHRとの関係だけで結論付けるには限界がある。これは、副交感神経や交感神経をブロックしたり (Davis and Sargeant 1979, Ekblom and Goldbarg 1971), 暑熱環境に曝露して (Kamon, et al. 1974, Noble, et al. 1973, Pandolf, et al. 1972) HRを操作した場合には、RPEはHRに必ずしも依存しないからである。さらに年齢の増加にたがって最大下および最大作業時の

HRは減少するため、任意のHRに対するRPEが相対的に高くなること (Artsila, et al. 1977, Bar-Or 1977, Borg and Linderholm 1967) も考慮する必要がある。

$\dot{V}O_2$ との関係では、RPEは自転車エルゴメーター作業やトレッドミル走で $r=0.76\sim 0.97$ の直線関係を示すと報告されてきた (Borg and Noble 1974, Edwards, et al. 1972, Sargeant and Davis 1973, Skinner, et al. 1973a, 1973b, Smutok, et al. 1980)。

しかし、 $\dot{V}O_2$ との関係でもHRと同様の問題が認められる。例えば、同一 $\dot{V}O_2$ でのRPEはペダリングの回転数に依存する (Cafarelli 1977, Lollgen, et al. 1980, Pandolf and Noble 1973, Robertson, et al. 1979b, Stanford and Noble 1974)、伸長性運動のRPEは同一 $\dot{V}O_2$ の短縮性運動より高い (Henriksson, et al. 1972, Pandolf, et al. 1978) など、任意の $\dot{V}O_2$ におけるRPEは運動単位の動員様式によって異なる。さらに催眠によりRPEは上昇したが、 $\dot{V}O_2$ は不変であったとする報告もある (Morgan, et al. 1973)。

このようにRPEは必ずしも $\dot{V}O_2$ に依存しないとする報告も認められるが、 $\dot{V}O_{2max}$ の差を除去した相対値 ($\% \dot{V}O_{2max}$) では、RPEに及ぼす性、身体作業容量、身体組成、運動様式、環境条件、負荷方法、作業部位の影響が除去されると指摘されてきた (Edwards, et al. 1972, Ekblom and Goldbarg 1971, Mihevic, et al. 1982, Noble, et al. 1981, Sargeant and Davis 1973, Skinner, et al. 1969, 1973b)。これらの報告によればRPEは $\dot{V}O_{2max}$ に依存すると考えられるが、運動中に被検者が $\% \dot{V}O_{2max}$ を知覚するとは考えにくい。 $\% \dot{V}O_{2max}$ に対する乳酸産生、過換気、カテコールアミンの増加などの生理的応答は被検者の身体作業容量やトレーニングの状態で異なり、一定でないことが知られている

(Astrand and Rodahl 1986) からである。以上のことから、RPEはHRや $\dot{V}O_2$ (もしくは $\% \dot{V}O_{2max}$) などの単独の運動強度の指標に依存するのではなく、これらを含む総合的な運動強度を反映すると考えるのが妥当であろう。

RPEの再現性はテスト—再テスト法を用いて検討されてきた。Borg and Linderholm (1970) は、循環系の患者と健康な成人男女を対象に自転車エルゴメーター作業においてRPEにより決定した運動強度 (PWC_{R13} , PWC_{R17}) の再現性 ($r=0.80\sim0.94$) が、HRにより決定した運動強度 (PWC_{130} , PWC_{170}) のもの ($r=0.88\sim0.98$) と同等であったと報告した。

RPEの再現性は、運動単位の動員様式が異なる場合でも $r=0.71\sim0.92$ と高かった (Cooper, et al. 1979, Lollgen, et al. 1975, Stamford 1976) 。また男女の高齢者 (男性: 70.3 ± 2.5 歳, 女性: 65.4 ± 1.7 歳) を対象にした Takeshima, et al. の報告 (1988) や 8~12 歳の児童を対象にした Mahon and Marsh (1992) の報告でも RPE の再現性は高く ($r=0.76\sim0.90$) , 年齢の影響は認められなかった。

以上のように陸上の運動では、RPEは総合的な運動強度を反映する指標として妥当であり、再現性も高いと考えられる。

第3節 RPEと環境温

運動中の生体は、作業筋へのエネルギー源の供給と O_2 の運搬を調節する他に、体温も調節する。すなわち、エネルギー代謝が亢進して深部体温が上昇すれば発汗の増加や、皮膚静脈の拡張および皮膚血流量の増加によって体熱を放散させる。逆に、深部体温が低下すれば皮膚静脈の収縮によって皮膚血流量を減少させて断熱を行う。環境温の変化は、このメカニズムを亢進、もしくは抑制させる。

RPEと環境温の関係について、これまで暑熱環境下（44℃、54℃）でのRPEは、24℃のそれと変わらない（Kamon, et al. 1974, Noble, et al. 1973, Pandolf, et al. 1972）が、寒冷環境下（5℃）では、25℃のそれより有意に減少する（Horstman 1977）と報告されてきた。

しかし、被検者の身体組成を考慮した場合には、先述の暑熱環境下の報告と異なり、痩身者（体脂肪率=7.6%）では32℃のRPEが24℃のそれより有意に高かったが、肥満者（体脂肪率=28.2%）では同等であった（Skinner, et al. 1973a）。この理由について Skinner, et al. は言及していないが、痩身者の体重当たりの体表面積（ $277.4\text{cm}^2/\text{kg}$ ）は、肥満者（ $209.9\text{cm}^2/\text{kg}$ ）より32%大きいことから、痩身者では環境温の変化に影響され易いことが原因していると考えられる。

運動環境が水の場合には、水の熱伝導率は空気の約25倍、比熱は約1000倍であるため、水温の変化は気温の変化より体温調節に強く影響する。しかし、水泳中のRPEに及ぼす

水温の影響については報告されていない。

第4節 全身のRPEと部分RPE

RPEのメカニズムを明らかにするために、RPE研究の関心は運動に伴う全身のRPE (RPE_0)^{注1}と生理的応答の関係および RPE_0 と部分RPEの関係にも向けられてきた (Cafarelli 1982, Carton and Rhodes 1985, Kinsman and Weiser 1976, Mihevic 1981, Pandolf 1977, 1978, 1982, Pandolf, et al. 1975, Robertson 1982, Robertson, et al. 1979b, 1986, 1992) .

Borg (1962) は、 RPE_0 をHR, 物理的運動強度 (もしくは $\dot{V}O_2$), 換気量 (\dot{V}_E), β エンドルフィン, カテコールアミン, 血中乳酸濃度 (HLA) および被検者のトレーニング状態などの多くの入力からなる形態 (Gestalt) として考えるべきだと提案した. Ekblom and Goldbarg (1971) は、これらを (1) 呼吸循環器系の応答に対応して認識される知覚 (中枢性要因) と, (2) 活動筋や関節の応答に対応して認識される知覚 (末梢性要因) の二つの要因に大別し, これら二つの要因の適度な重み付けによって RPE_0 は統合されると考えた. その後, Kinsman and Weiser (1976), Pandolf (1977, 1978, 1982), Pandolf, et al. (1975) がこれらの考えをさらに発展させてきた.

1. 全身のRPEと中枢性要因の関係

RPE_0 と中枢性の生理的応答との関係については、第2節で述べたように、HRは RPE_0 との

注1：本節以降、「全身のRPE (RPE_0)」という表現を使用している。これは前出までの「RPE」と同義であるが、「部分RPE」との関連で全身のRPEを区別する必要がある場合に使用する。

間に直線関係を示すが、人為的なHRの操作に対するRPE₀の依存度は低かった。

\dot{V}_E と呼吸数 (f) は、RPE₀との間に $r=0.52\sim 0.94$ の相関関係を示すと報告されてきた (Edwards, et al. 1972, Kamon, et al. 1974, Morgan and Pollock 1977, Noble, et al. 1973, Pandolf, et al. 1972, Sargeant and Davis 1973, Skinner, et al. 1969, Smutok, et al. 1980) . 催眠 (Morgan, et al. 1976) や高O₂分圧 (50%O₂) への暴露 (Pederson and Welch 1977) による人為的な \dot{V}_E の操作にもRPE₀は連動した。このように、RPE₀は換気系応答に依存すると考えられる。

しかも、その依存度は運動強度と関係する。呼気CO₂濃度の増加 (Cafarelli and Noble 1976) , 赤血球の注入による動脈中のO₂濃度の増加 (Robertson, et al. 1979c) , およびアシドーシスを緩衝するNaHCO₃の注入による血液pHの上昇 (Robertson, et al. 1986) などの換気系応答の人為的操作に対して、RPE₀は71% $\dot{V}O_{2max}$ 以上の運動強度において連動した。このようにアシドーシスが生じるような高強度の運動では、これを緩衝するために換気系応答が亢進し、これが呼吸の苦しさとなって知覚されるため、RPE₀の換気系応答への依存度が高くなると考えられる。

どの換気系指標がRPE₀との間に強い関係を示すかについては、Campbell (1966) や Edwards, et al. (1972) は \dot{V}_E , Robertson, et al. (1979b) は f , Wolkove, et al. (1981) は V_T を指摘しており、統一見解は認められていない。しかし、Robertson, et al. (1986) によれば、80% $\dot{V}O_{2max}$ の運動中 f と \dot{V}_E はNaHCO₃の注入によって有意に減少したが、 V_T は不変であったように、アシドーシスが生じるような高い運動強度で f と \dot{V}_E

は増加し続けるが、 V_T はプラトーとなる。しかも運動中は f の増加にともない呼吸の深さや速さの変化を知覚する神経信号が感覚中枢へ送られる (Burdon, et al. 1982, Killian, et al. 1982) ことから、 RPE_0 は f に最も強く依存するようである。

2. 全身のRPEと末梢性要因の関係

RPE_0 と末梢性の生理的応答の関係については、これまで RPE_0 は、運動様式 (Ekblom and Goldbarg 1971, Gamberale 1972, Horstman, et al. 1979a), 環境条件 (Allen and Pandolf 1977, Horstman 1977, Kostka and Cafarelli 1982, Robertson, et al. 1986, Young, et al. 1982), 身体作業容量 (Ekblom and Goldbarg 1971) および負荷方法 (Edwards, et al. 1972) の相違にもかかわらず、HLaに強く依存すると報告されてきた。

しかも、その依存度には運動強度が関係する。Kostka and Cafarelli (1982) は、アシドーシスを促進する NH_4Cl と緩衝する $NaHCO_3$ の注入により運動中の血液pHを変化させた。その結果、 $80\%V_{O_{2max}}$ の運動強度では、 RPE_0 とHLaは NH_4Cl の注入によってコントロールより有意に増加し、 $NaHCO_3$ の注入によって減少した。このように高強度の運動で生じるHLaの急激な上昇はアシドーシスを引き起こし、これが遊離神経終末を刺激して作業筋の痛みやきつさを知覚させると考えられる。

その他の末梢性の生理的応答との関係については、運動単位の動員様式を操作することによって検討されてきた (Cafarelli 1977, Lollgen, et al. 1975, 1977, 1980, Pandolf and Noble 1973, Robertson, et al. 1979b, Stamford and Noble 1974)。そ

の結果、 RPE_0 は筋中乳酸濃度、NAD、グリコーゲン、ATP、CP、筋線維タイプ (Lollgen, et al. 1980) , 血液pH, pCO_2 (Robertson, et al. 1979b) と強い関連を示さなかったが、ペダリングの回転数や負荷量 (Lollgen, et al. 1975, 1977) , 積分筋電図 (Cafarelli 1977) , 筋温, 筋中乳酸濃度, 筋電図, 固有受容器の活動, ゴルジ腱器官活動 (Stanford and Noble 1974) などとは強く関連したと報告されている。

3. 全身のRPEに対する中枢性要因と末梢性要因の寄与率

以上の先行研究を検討した結果、図1-2に身体刺激、生理的応答および知覚的応答の関係を模式的に示した。負荷強度、速度、時間、環境条件によって規定される身体刺激は、 $\dot{V}O_2$ を独立変数においた中枢性と末梢性の生理的応答を引き起こす。中枢性の生理的応答には、循環器系のHR、呼吸系の \dot{V}_E 、 f 、 V_T が挙げられ、末梢性のものには筋温、筋中乳酸濃度、HLA、固有受容器の活動、ゴルジ腱器官活動などが挙げられる。そして、これらの生理的応答は対応する知覚的応答 (部分RPE) を引き起こす。すなわち、HRは「心臓のきつさ」を引き起こし、 \dot{V}_E 、 f 、 V_T は「呼吸の苦しさ」を引き起こす。同様に、末梢性の生理的応答は「腕や脚の痛みやきつさ」を引き起こすことになる。そして、これらの部分RPEが適度に重み付けされて RPE_0 は統合されると考えられる。

また RPE_0 には人的特性である性、年齢、健康状態、身体組成、身体作業容量およびトレーニング状態が影響する。例えば、同一作業強度で比較すると、女性の RPE_0 は男性のそれより高く (Rejeski 1981) , 痩身者の RPE_0 は肥満者のそれより高い (Skinner, et al. 1973a) 。身体作業容量の違いでも、身体作業容量の低い者の RPE_0 は、高い者

のそれより高くなる傾向がある (Mihevic 1983) . トレーニングの状態については, コンタクトスポーツ選手が非コンタクトスポーツ選手より, 非コンタクトスポーツ選手が一般人より痛みに対する耐性が高く (Ryan and Foister 1967) , 同一作業強度に対する国際クラスのエリートランナーのRPE₀は大学レベルのランナーのそれより有意に低い (Morgan and Pollock 1977) ように, トレーニングの質や量の相違がRPE₀に影響する. 年齢との関係でも, 30歳前後までは年齢の増加にしたがってRPE₀は低下する傾向にあるが, それ以上の年齢では緩やかな増加に転じるようである (Bar-Or 1977, 1982, 1986, Sidney and Shephard 1977) .

さらに心理的要因である人格構造, 感情状態および作業に対する動機づけや嫌悪感などもRPE₀に影響する. 例えば, Morgan (1973, 1994) は, 外向的な者のRPE₀は内向的な者のそれより低いと報告し, Morgan and Costill (1972) は長時間の作業を前提に運動強度を選択させて外向的な者は内向的な者より高強度の運動を好む傾向を示した. 不安や神経症的な傾向の強い者でも, RPE₀は低くなる傾向が示された (Morgan 1981) . その他, 筋運動感覚を強く知覚しがちな者のRPE₀は弱く知覚しがちな者のそれより高いこと (Robertson, et al. 1977) や, 攻撃的, 高い競争心, 慢性的時間切迫感覚, 短気, 敵意などの心理的傾向の強いタイプのRPE₀は, これらをわずかしめ示さないタイプのそれより低いことも知られている (Carver, et al. 1976, Hassmen, et al. 1993) .

RPE₀に対する部分RPEの寄与率は, 運動単位の動員量を操作することによって検討されてきた (Cafarelli, et al. 1977, Henriksson, et al. 1972, Pandolf and Noble

1973, Robertson, et al. 1979a, Shephard, et al. 1992, Stamford and Noble 1974, Young, et al. 1982) . その結果, 運動単位の動員量にかかわらず中枢性要因は末梢性要因以上にRPE₀に対して寄与することがなく, その大きさは末梢性要因の30~40%であった. しかし動員される運動単位が相対的に大きな運動では, 中枢性要因の寄与率は小さな運動におけるものより大きかった (Pandolf, et al. 1975, Shephard, et al. 1992) .

これらの寄与率は運動強度によっても変動し, Horstman, et al. (1979b) によれば, 高強度に至るまでの運動では, 末梢性要因の寄与率が大きく, 中枢性要因は非常に低い. 運動強度が増大して作業筋にHLAが蓄積しアシドーシスが生じると, 作業筋の収縮は妨げられて末梢性要因の寄与率はさらに上昇する. 末梢の化学受容器はこれを感知し, 換気系応答を増大させてこれを緩衝するために中枢性要因の寄与率が増大するが, 末梢性要因を凌駕することはない. 末梢性要因の増幅器や調整器としての役割を果たすと考えられる. しかし, これまでの知見は陸上の運動におけるものであり, 水泳ではこのような報告は認められていない.

第5節 設定RPE値による運動強度の調節

前節までのRPEの研究は運動中の運動強度を運動後に評価する手法を用いていた。しかし、RPEを実際の運動場面に適用するには、運動者自身の運動中の知覚に基づく運動強度の調節が可能であるか否かが問題になる。この観点から、運動前に運動者にあらかじめRPEを提示しておき（以下、設定RPE値と略す）、これを用いて運動強度の調節が可能であるかどうかを検討されてきた（Birk and Birk 1987, Burke and Collins 1984, Noble 1982）。

自転車エルゴメーター作業やトレッドミル走では、RPEと生理的応答の関係は、運動負荷試験におけるもの（漸増負荷法、無作為提示法）と設定RPE値によって運動強度を調節させたときのものとで、設定RPE10より低い設定RPE値を除き（Smutok, et al. 1980）、同等であった（Dunbar, et al. 1992, Eston, et al. 1987, Smutok, et al. 1980）。したがって実験室では、低強度の場合を除き設定RPE値による運動強度の調節は可能であると考えられる。

しかし、フィールドで実施される実際の運動場面では物理的運動量は変動する場合が多い。この点を考慮して、Ceci and Hassmen (1991) は、実験室でのトレッドミル走とフィールド走の両方で設定RPE値（11, 13, 15）による運動強度の調節が可能であるかを検討した。その結果、トレッドミル走とフィールド走でともに設定RPE値の増加にしたがって速度、HR、HLaが有意に増加し、一定期間（3～5週間）経過した後でもこれら

の関係は変化せず、信頼性も高かった。したがって設定RPE値による運動強度の調節はフィールド運動でも可能であると考えられる。ただし、彼らの報告ではフィールド走での速度、HR、HLaはトレッドミル走より有意に高かったので、実際の運動処方ではこの点に注意する必要性が示唆された。

一方、水泳では、設定RPE値による運動強度の調節に関する検討は報告されていない。

第6節 RPEに及ぼすトレーニングの影響

本節ではRPEに及ぼすトレーニングの影響を検討する。

トレーニングはその種類、運動強度、運動時間の組み合わせによって内容が規定され、この内容と頻度、および継続期間によって効果が異なる。RPEに及ぼすトレーニングの影響を検討した報告を年代順に表1-2に示した。これらの報告には持続トレーニングを用いたものが多いので、第一に、被検者の $\dot{V}O_{2max}$ を考慮してRPEに及ぼす持続トレーニングの影響を検討する。また、インターバルトレーニングの影響についても検討する。第二に、RPEのトレーニング効果の種目特異性について検討する。

Docktor and Sharky (1971) は、競技者でない大学生を対象にHRが180拍/分に到達するまでのトレッドミル歩行による持続トレーニングを実施した。その結果、目標HR (150, 180拍/分) に至るまでの運動時間と運動強度は増大したが、RPEは変化しなかった。ただし、これは同一作業強度でRPEを比較したものではない。

トレーニングの前後で同一作業強度のRPEを比較した報告をみると、野外走や自転車エルゴメーター作業による持続トレーニングは、多くの場合 $\dot{V}O_{2max}$ を増加させ、同一作業強度における $\dot{V}O_2$, HR, HLa, RPEを低下させた (Ekblom and Goldbarg 1971, Kilbom 1971, 宮下ら 1977, Patton, et al. 1977, Skrinar, et al. 1983)。RPEの低下は特に、高い運動強度で顕著であった (宮下ら 1977)。

被検者の $\dot{V}O_{2max}$ を考慮すると、軽い喘息、甲状腺機能低下症、高血圧をもち $\dot{V}O_{2max}$ の低い

患者でも、 $\dot{V}O_{2max}$ の高い軍人でも、持続トレーニングは $\dot{V}O_{2max}$ を増加させ、同一作業強度におけるHRとRPEを低下させた (Kilbom 1971) .

インターバルトレーニングについても、被検者の $\dot{V}O_{2max}$ の大小にかかわらず、トレーニングは $\dot{V}O_{2max}$ を増加させ、同一作業強度における $\dot{V}O_2$, HR, RPEを低下させた (Ekblom, et al. 1975, Knuttgen, et al. 1973) .

この他、足首にアンクルスパッツを装着して生活する非常に低いトレーニング負荷でも、同一作業強度におけるRPEが低下した (Pandolf, et al. 1975) .

以上のように持続トレーニングばかりでなくインターバルトレーニングや特殊トレーニングにおいても、トレーニングは $\dot{V}O_{2max}$ を増加させ、同一作業強度におけるHRやRPEを低下させている.

第二の、RPEに及ぼすトレーニングの種目特異性については、Lewis, et al. (1980) が、座業男性を腕エルゴメーター作業による腕トレーニング群と自転車エルゴメーター作業による脚トレーニング群の二群に分けたところ、RPEはいずれの群でもトレーニングした四肢においてのみ低下した. Burkhardt, et al. (1982) も同様の結果を報告した. Knuttgen, et al. (1982) は、伸張性運動トレーニングが短縮性運動ではなく伸張性運動でのRPEを有意に低下させたと報告した. このようにRPEに及ぼすトレーニングの効果には種目特異性が認められる. しかし、これらの報告は全て陸上の運動におけるものであり、水泳についての報告はされていない.

第7節 水泳におけるRPE

水中では、被検者の生理的応答の測定が陸上の運動より困難である。そのためか水泳中のRPEを検討した報告は少ない。

宮下と小野寺（1978）は、水泳中（自由型、平泳ぎ）のRPEがHRとの間に有意な直線関係（ $r=0.816$ ）を示したと報告した。水泳の熟練者と未熟練者を対象にした涌井らの報告（1987）でも、未熟練者の水中歩行を除いて、水泳と水中歩行中のRPEはHRとの間に有意な直線関係を示した。Koltyn, et al.（1991）は、ベスト記録の90%の速度で200ヤード泳がせたところ女子選手のHRは男子選手より有意に高く、RPEは有意に低いことを認めたが、泳速が一種類であったため、RPEとHRの間に有意な相関関係は生じていない（ $r=0.04\sim 0.11$ ）。以上のように水泳におけるRPEに関して若干の知見は認められるが、いずれの報告でもRPEはHRとの関係だけで検討されており、しかも運動強度の範囲も狭く、測定点も少ないという問題点が認められる。

第8節 本研究の目的

以上の先行研究の検討により，本研究では，水泳におけるRPEの有用性を明らかにするために，実験室的研究課題として次の1～3の研究課題を設定し，実際の水泳指導を想定した実践的研究課題として次の4～6の研究課題を設定した。

1. 第1の研究課題

緒言で述べたように水泳指導のねらいの一つに体力の改善が掲げられている。体力の改善には至適な運動量の確保が必要であり，時間に制限のある水泳指導では運動強度の把握が重要な課題となる。しかし，水泳中の運動強度の指標として従来用いられてきた泳速， $\dot{V}O_2$ ，HRには妥当性，簡便性，経済性のいずれかに欠点があった。そこで簡便性，経済性に優れているRPEの利用が考えられた。陸上の運動では，RPEの妥当性は確かめられているが，水泳では十分に検討されていない。呼吸の困難度，体位，上肢と下肢の運動量など，水泳は陸上の運動と異なる多くの運動特性をもつことから，RPEも水泳と陸上の運動とで異なる可能性が考えられる。

水泳は学校体育では小学校から導入されるが，この時期の児童は発育，発達の途上にある。このため運動に対する生理，心理的機序は成人と異なり，この点がRPEに反映される可能性がある。しかし，先行研究では対象の全てが成人であった。したがって，本研究では，第1の研究課題として，児童と成人を対象に水泳中のRPEを運動強度の全範囲にわたって検討することにより，水泳における運動強度の指標としてのRPEの妥当性を

明らかにした。

2. 第2の研究課題

近年、屋内プールが建設されるようになってはきたが、学校体育における水泳指導の多くは屋外プールで実施されている。このため水泳指導の期間は水温や気温の関係から6~9月に限定されている。この期間中、プールの水温は20~32℃の範囲で大きく変動する。陸上の運動では、RPEは暑熱環境下で不変か上昇し、寒冷環境下で低下すると報告されているように、RPEは環境温の影響を受ける。水は空気の1000倍の比熱をもつので水温の変化は気温の変化に比べて体温調節に強く影響し、この影響は成人よりも体重当たりの体表面積の広い児童の方が受け易いと考えられる。しかし、水泳における水温の変化とRPEの関係は明らかでない。以上の点を考慮して、第2の研究課題として、児童を対象に水泳中のRPEに及ぼす水温の影響を検討した。

3. 第3の研究課題

水泳中には心臓のきつさ、呼吸の苦しき、腕や脚の痛みやきつさ等の身体局所の知覚的応答（部分RPE）が生じる。これらの部分RPEが適度に重み付けされて全身のRPE（ RPE_0 ）は統合されると考えられるが、それぞれの寄与率は明らかでない。水泳中の運動強度を変化させて部分RPEの寄与率を検討することは、 RPE_0 の決定要因を明らかにするための基礎的知見を提供する。水泳指導に関連する応用的側面についても、感覚に依存して水泳中の運動強度を調節する上で有用な知見を提供すると考えられる。また推進力の多くを上肢の運動に依存する水泳において、腕と脚の生理的応答と知覚的応答の関

係を運動強度別に知ることは、負荷量の配分を考慮した水泳の運動プログラムを作成する上で有用であろう。したがって、第3の研究課題では、体育専攻学生を対象に、水泳中のRPE₀に対する四つの部分RPEの寄与率を重回帰分析の方法を用いて検討した。

4. 第4の研究課題

水泳指導の現場では、水泳中に泳者自身が運動強度を調節する必要がある。本課題では、運動強度を調節するための指標としてRPEを利用することを考えた。陸上の運動では、設定RPE値による運動強度の調節は可能であると報告されてきたが、水泳では検討されていない。水泳は歩行、走行、自転車エルゴメーター作業のような運動様式に比べてパフォーマンスに及ぼす技能の影響が大きく、上肢と下肢の運動量の配分、呼吸の困難度、体位のとり方に技能差が大きい。このためRPEは泳者の技能水準に影響されると考えられる。そこで第4の研究課題として、水泳の技能水準の異なる泳者を対象に、生理的応答の定常状態が得られる時間泳を用いて設定RPE値による運動強度の調節が可能であるか否かを検討した。

5. 第5の研究課題

陸上でのトレーニングにより同一作業強度におけるRPEは低下するが、これは $\dot{V}O_{2max}$ の増加によるものとされている。しかし、水泳の特に技能水準の低い泳者では、水泳練習の初期効果は特に技術的側面に顕著に現われるという水泳に特徴的な現象がある。一方、設定RPE値による運動強度の調節を反復すると、体力や技能の改善に拠らない、単なる練習効果が設定RPE値による運動強度の調節に認められる可能性もある。したがって、

第5の研究課題として、水泳の技能水準の低い泳者を対象に、設定RPE値による運動強度の調節に及ぼす水泳練習の効果と、設定RPE値による運動強度の調節の反復効果を検討した。

6. 第6の研究課題

水泳指導は持続的水泳運動ばかりでなく間欠的水泳運動によって構成されることも多い。間欠的水泳運動では生理的応答の定常状態が得られにくく、RPEも判断しにくい可能性がある。また学校体育における水泳指導では、泳者の技能水準はさまざまである。しかし、運動の質や泳者の技能水準を考慮して水泳指導におけるRPEについて検討した報告は認められない。したがって、第6の研究課題として、技能水準の異なる小学生と大学体育専攻学生の水泳指導を対象に、間欠的水泳運動におけるRPEとHRの対応について検討した。

第2章 水泳中のRPEの妥当性に関連する基礎的要因

本章では、実験室的研究として、水泳における運動強度の指標としてのRPEの妥当性
と関連する研究課題を検討する。

第1節 水泳における運動強度の指標としてのRPEの妥当性

本節では、水泳における運動強度の指標としてのRPEの妥当性をHRとの比較を通して検討する。

1. 研究方法

1) 被検者

被検者は健康な男子児童6名（以下、男子児童群と略す）、男子体育専攻学生6名（以下、男子体育専攻学生群と略す）および女子体育専攻学生9名（以下、女子体育専攻学生群と略す）の三群とした。男子児童群はエージグループの水泳選手として平均的な能力の水準にあり、1回1～1.5時間の水泳練習を週に1～2回、4～6年間実施していた。男女の体育専攻学生群は、全て大学の体育専門実技の水泳指導を受講していた。したがって、全ての被検者が、本節で使用した牽引水泳用水槽において、重量の異なる錘を牽引しながら一定位置で泳ぐことができた。表2-1に男子児童群の年齢、身長、体重、 $\dot{V}O_{2max}$ および水泳記録を示し、表2-2に男子体育専攻学生群、表2-3に女子体育専攻学生群のものを示した。

2) 実験手順

運動負荷装置として水温を30～32℃に設定した牽引水泳用水槽（丸島製作所，SKP-12000）を用い、泳法は平泳ぎとした。実験プロトコールとして間欠的多段階負荷法を採用した。水中における安静時の測定は、第1胸椎までの水中浸漬位で35分間実施

した。男子児童と女子体育専攻学生の水泳では、負荷量（鍾）は1.0kgから始めて1.0kgずつ増していき、男子体育専攻学生の水泳では、1.5kgから始めて1.5kgずつ増加した。各負荷量で5分間泳がせ、各試行間にはHRがほぼ安静状態に戻るまで休息をはさんだ。最大負荷量は、被検者が5分間泳げなくても2分間以上泳げ、なおかつ $\dot{V}O_2$ のレベルオフが確認できた場合とした。

3) 測定項目と測定方法

被検者は頭部にベルトで固定されたシュノーケルタイプの採気装置を通して呼吸し、呼気をダグラスバッグに採集した。 O_2 と CO_2 の濃度は呼気ガス用質量分析計（Perkin Elmer MGA1100）で分析し、 \dot{V}_E は乾式ガスメーター（品川製作所、DS-15A-T）で測定した。 $\dot{V}O_{2max}$ の決定には、 $\dot{V}O_2$ のレベルオフを確認した。HRは胸部双極誘導法による心電図から求め、安静時では安静終了前5分間のR波を、運動時では運動終了前30秒間のR波を数えて、それぞれ1分間値に換算した。

RPEは、Borgの尺度（1970）に基づく小野寺と宮下の日本語表示（1976）をあらかじめ被検者に十分理解させておき、各試行の終了直後に尺度を被検者に直接見せて該当する数字を答えさせた。

4) 統計処理

各被検者の20, 40, 60, 80, 100% $\dot{V}O_{2max}$ に相当するHRとRPEは次のように求めた。各被検者のHRとRPEを従属変数に% $\dot{V}O_{2max}$ を独立変数にとり、上記の% $\dot{V}O_{2max}$ をはさむ2点を用いて各被検者の一次関数を求めた。次に、上記の% $\dot{V}O_{2max}$ をこの一次関数に代入して各被検者

のHRとRPEを算出した。このようにして得られた全被検者のHRとRPEを用いて、 $\dot{V}O_{2max}$ との直線回帰式を最小2乗法により求めた。被検者と運動強度の違いによる有意差の検定には、繰り返しのある2要因の分散分析を用い、有意水準は危険率5%未満とした。

2. 実験結果

1) $\dot{V}O_2$ とHRの関係

図2-1に男子児童群、図2-2に男子体育専攻学生群、図2-3に女子体育専攻学生群における各被検者の $\dot{V}O_2$ とHRの関係を示した。全被検者で $\dot{V}O_2$ の増加とともにHRは直線的に増加し、高い個人内相関が認められた（男子児童群： $r=0.962\sim0.996$ ，男子体育専攻学生群： $r=0.957\sim0.997$ ，女子体育専攻学生群： $r=0.965\sim0.999$ ）。

図2-4に各群の $\dot{V}O_2$ とHRの関係を示した。各群とも $\dot{V}O_2$ とHRの間には高い相関係数（男子児童群： $r=0.948$ ，男子体育専攻学生群： $r=0.915$ ，女子体育専攻学生群： $r=0.905$ ）をもつ直線関係が認められた。任意の $\dot{V}O_2$ に対するHRは男子児童群，女子体育専攻学生群，男子体育専攻学生群の順で高い傾向が認められたが、有意差は認められなかった。また被検者と運動強度の交互作用は有意でなかった。各群のHR (y) と $\dot{V}O_2$ (x) の間に次の直線回帰式が得られた。

$$\text{男子児童群：} \quad y = 58.9 x + 70.2$$

$$\text{男子体育専攻学生群：} \quad y = 38.9 x + 56.8$$

$$\text{女子体育専攻学生群：} \quad y = 55.0 x + 63.8$$

2) $\% \dot{V}O_{2max}$ とHRの関係

図2-5に男子児童群，図2-6に男子体育専攻学生群，図2-7に女子体育専攻学生群における各被検者の $\% \dot{V}O_{2max}$ とHRの関係を示した。 $\% \dot{V}O_{2max}$ とHRの関係でも， $\dot{V}O_2$ とHRの関係と同様の結果が得られた。

図2-8に各群の $\% \dot{V}O_{2max}$ とHRの関係を示した。各群とも $\% \dot{V}O_{2max}$ とHRの間には高い相関係数（男子児童群： $r=0.955$ ，男子体育専攻学生群： $r=0.960$ ，女子体育専攻学生群： $r=0.961$ ）をもつ直線関係が認められた。任意の $\% \dot{V}O_{2max}$ に対するHRは，最大下作業では男子児童群，女子体育専攻学生群，男子体育専攻学生群の順で高い傾向が認められたが，最大作業では全ての群でほぼ等しかった。また被検者と運動強度の交互作用は有意でなかった。各群のHR (y) と $\% \dot{V}O_{2max}$ (x) の間に以下の直線回帰式が得られた。

$$\text{男子児童群：} \quad y = 1.2 x + 65.8$$

$$\text{男子体育専攻学生群：} \quad y = 1.3 x + 50.3$$

$$\text{女子体育専攻学生群：} \quad y = 1.3 x + 56.1$$

3) $\dot{V}O_2$ とRPEの関係

図2-9に男子児童群，図2-10に男子体育専攻学生群，図2-11に女子体育専攻学生群における各被検者の $\dot{V}O_2$ とRPEの関係を示した。 $\dot{V}O_2$ の増加に対するRPEは，多くの被検者でほぼ直線的に増加した（男子児童群： $r=0.943 \sim 0.997$ ，男子体育専攻学生群： $r=0.953 \sim 0.996$ ，女子体育専攻学生群： $r=0.942 \sim 0.989$ ）が，男子児童群の3名（被検者4，5，6）では，RPEは変換点をもち，変換点に至るまでは緩やかな傾きで直線的に増加したが，変換点以上では急激に増加した。

図2-12に各群の $\dot{V}O_2$ とRPEの関係を示した。男女の体育専攻学生群では、 $\dot{V}O_2$ の増加に対してRPEはほぼ直線的に増大した（男子体育専攻学生群： $r=0.924$ ，女子体育専攻学生群： $r=0.887$ ）。男女の体育専攻学生群に比べると直線性は若干低いが，男子児童群でもほぼ直線に増大した（ $r=0.869$ ）。任意の $\dot{V}O_2$ に対するRPEは男子体育専攻学生群で最も低かったが，有意差は認められなかった。また被検者と運動強度の交互作用は有意でなかった。各群のRPE（ y ）と $\dot{V}O_2$ （ x ）の間には次の直線回帰式が得られた。

$$\text{男子児童群：} \quad y = 6.0 x + 4.3$$

$$\text{男子体育専攻学生群：} \quad y = 3.9 x + 5.3$$

$$\text{女子体育専攻学生群：} \quad y = 5.5 x + 5.8$$

4) $\% \dot{V}O_{2\max}$ とRPEの関係

図2-13に男子児童群，図2-14に男子体育専攻学生群，図2-15に女子体育専攻学生群における各被検者の $\% \dot{V}O_{2\max}$ とRPEの関係を示した。 $\% \dot{V}O_{2\max}$ とRPEの関係でも， $\dot{V}O_2$ とRPEの関係と同様の結果が得られた。

図2-16に各群の $\% \dot{V}O_{2\max}$ とRPEの関係を示した。男女の体育専攻学生群では， $\% \dot{V}O_{2\max}$ の増加に対するRPEはほぼ直線的に増大した（男子体育専攻学生群： $r=0.954$ ，女子体育専攻学生群： $r=0.923$ ）。男女の体育専攻学生群に比べると直線性は若干低いが，男子児童群でもほぼ直線に増大した（ $r=0.891$ ）。任意の $\% \dot{V}O_{2\max}$ に対するRPEには各群間で有意な差は認められなかった。また被検者と運動強度の交互作用は有意でなかった。各群のRPE（ y ）と $\% \dot{V}O_{2\max}$ （ x ）の間に次の直線回帰式が得られた。

男子児童群： $y = 0.13 x + 3.7$

男子体育専攻学生群： $y = 0.13 x + 4.8$

女子体育専攻学生群： $y = 0.13 x + 5.1$

3. 考察

1) 運動強度の指標としてのHRの妥当性

全ての群で水泳中のHRは、 $\dot{V}O_2$ や $\% \dot{V}O_{2max}$ との間に密接な直線関係を示し、先行研究と一致した (Holmer 1974, Holmer, et al. 1974, 石原と宮下 1982, 黒川ら 1984, 黒川と上田 1986, McArdle, et al. 1971) . このように水泳中のHRはエネルギー代謝を正確に反映し、運動強度の指標として妥当であると考えられる. しかし、触診法によるHRの測定には130拍/分以上で測定誤差が増すこと (山地ら 1984) や、測定中は運動の継続が不可能であるなどの欠点がある.

また $\% \dot{V}O_{2max}$ とHRの直線回帰式では、傾きが全ての群でほぼ等しく、切片が男子体育専攻学生群、女子体育専攻学生群、男子児童群の順で低い傾向が認められた. Sady, et al. (1983) は、児童と成人のトレッドミル走で本節と同様の結果を得ている. この理由として、安静時HRは男子児童群で男女の体育専攻学生群より高く、体重当たりの $\dot{V}O_{2max}$ は男子児童群、男子体育専攻学生群、女子体育専攻学生群の順で高かったことが考えられる.

2) 運動強度の指標としてのRPEの妥当性

男女の体育専攻学生群では、RPEは $\dot{V}O_2$ や $\% \dot{V}O_{2max}$ の増加に対してほぼ直線的に増大し、男

女の体育専攻学生群より直線性は若干低い、男子児童群でもほぼ直線的に増大した。

これらの傾向を個々の事例の寄与という点からみると、RPEが変換点をともなって増加する3名の男子児童により男女の体育専攻学生群と男子児童群に多少の結果の違いが現われたと考えられる。

このように $\dot{V}O_2$ や $\% \dot{V}O_{2max}$ の増加に対してRPEが変換点をともなう増加パターンを示したことには、次の三つの要因が作用したと考えられる。第一は、被検者の筋線維組成である。本節の男子児童群の年齢（10～12歳）は筋線維組成や筋代謝に関して成人への移行期にあり（Eriksson, 1972）、最大下作業におけるHLaや酸素負債量が成人より低い。したがって、これらの年齢の男子児童群では、HLaの上昇にともなう作業筋での痛みやきつさの感覚が、成人より相対的に高い運動強度で急激に発現する可能性がある。この解釈の妥当性は、児童の無酸素性作業閾値（AT）が成人の値より高いとするAtomi, et al. (1986)（ $71\% \dot{V}O_{2max}$ ）、Gaisal and Buchberger (1980)（ $84\% \dot{V}O_{2max}$ ）、泉と石河 (1984)（ $73\% \dot{V}O_{2max}$ ）および田中ら (1981)（ $90\% \dot{V}O_{2max}$ ）の実験結果によって支持される。さらに、AT時のRPEが13.6であったとするPurvis and Cureton (1981)の結果を基に本節の男子児童群のATをRPEから逆算してみると $87\% \dot{V}O_{2max}$ となり、これはRPEの変換点の値（ $78.8\% \dot{V}O_{2max}$ ）と近似する。

変換点をともなう増加パターンに影響した第二の要因として、カテゴリー尺度の理解力が考えられる。Miyashita, et al. (1985)は、陸上の運動時のRPEとHRの関係からカテゴリー尺度を理解できる年齢の閾値を9歳と報告している。この閾値年齢に近い本

節の男子児童群にとってカテゴリー尺度を区分している「数字」が感覚的にも等間隔に区分されているのを理解するのは容易でなかったかもしれない。そして日本語表示を判断基準にRPEが「楽である」か「非常にきつい」に分布しがちであったとすれば、このことも変換点をともなう増加パターンをもたらす原因となる。

変換点をともなう増加パターンに影響した第三の要因として、RPE尺度作成上の問題が考えられる。RPE尺度はRPEとHR、物理的運動強度との間に直線関係を得る意図で作成された (Borg 1962, 1970)。したがって、原理的には、 $\dot{V}O_2$ や $\% \dot{V}O_{2max}$ の増加に対してRPEは直線的に増加するはずである。しかし、運動中の知覚を表現する言語を等間隔に配列しているカテゴリー尺度であるRPE尺度は、運動強度の全範囲にわたる知覚、特に高い運動強度の知覚を必ずしも正確に定量化していない可能性がある (Borg 1982)。この可能性は、RPEがHLAの上昇にともなうアシドーシスの影響を強く受けるという報告 (Kay and Shephard 1969, Pandolf 1978, Stamford and Noble 1974) から推測される。この場合、 $\dot{V}O_2$ や $\% \dot{V}O_{2max}$ の増加に対してRPEはカテゴリー尺度の意図通りに直線的に増大するのではなく、より高い運動強度でのアシドーシスに強く影響され急激に増大する可能性がある。

このように本節の3名の男子児童においてRPEが変換点をともなう増加パターンを示したことには、被検者の年齢が低いことに由来する未発達な筋線維組成や筋代謝、カテゴリー尺度の理解力不足、さらにRPE尺度の問題などの要因が単独ないしは複合して作用した可能性が考えられる。

以上のように、RPEが変換点をともなう増加パターンを示した男子児童でも、 $\dot{V}O_2$ とRPEの相関係数が $r=0.816\sim0.938$ であり、残りの男子児童と男女の体育専攻学生群における $\dot{V}O_2$ とRPEの相関係数は $r=0.942\sim0.997$ であったことから、RPEは運動強度の指標として妥当であると考えられる。ただし、この相関係数は $\dot{V}O_2$ とHRのもの（ $r=0.957\sim0.999$ ）より若干低いので、RPEの精度はHRより若干低くなる。

4. 第1節の小括

本節では、男子児童群と男女の体育専攻学生群を対象に、運動強度の指標としてのRPEの妥当性をHRとの比較を通して検討した。その結果、全ての群で $\dot{V}O_2$ とHRの間には密接な直線関係が認められた（男子児童群： $r=0.962\sim0.996$ ，男子体育専攻学生群： $r=0.957\sim0.997$ ，女子体育専攻学生群： $r=0.965\sim0.999$ ）。 $\% \dot{V}O_{2max}$ とHRの関係でも同様であった。したがって、水泳における運動強度の指標として、HRは妥当であると考えられる。

男女の体育専攻学生群では、RPEは $\dot{V}O_2$ の増加に対してほぼ直線的に増大した（男子体育専攻学生群： $r=0.953\sim0.996$ ，女子体育専攻学生群： $r=0.942\sim0.989$ ）。男女の体育専攻学生群に比べると直線性は若干低いですが、男子児童群でもほぼ直線に増大した。 $\% \dot{V}O_{2max}$ とRPEの関係でも同様であった。これらの傾向を個々の事例の寄与という点から見ると、RPEが変換点をともなって増加する3名の男子児童により男女の体育専攻学生群と男子児童群に多少の結果の違いが現われたと考えられる。RPEが変換点をともなって増加する例外を示した男子児童では年齢が低いことによる未発達な筋線維組成や筋代謝、

カテゴリ尺度の理解力不足，さらにRPE尺度の問題などの要因が単独ないしは複合して作用した可能性が考えられる．しかし， $\dot{V}O_2$ や $\% \dot{V}O_{2max}$ に対するRPEの直線性はHRのものより若干低いため，RPEの精度はHRのそれより若干低くなるが，運動強度の指標としては妥当であると考えられる．

2.2 実験者

本研究は10〜12歳の健康な男子小学生を対象とした。彼らはエネルギーメータを用いた運動強度の測定にあり、120〜150時間の水泳練習を週に1〜2回、4〜6年程度かけて行うことで本水泳種に習熟していた。ただし、最近の水泳練習は20分前後の室内温水プールで行われていたため本水泳種には習熟してはいなかった。彼らに彼らの年齢、身長、体重、最大酸素摂取量 $\dot{V}O_{2max}$ を測定した。

2.3 実験手順

本研究は4回の実験セッションを用いた。ただし、ここでは本論文では、2回、20分の3分間を測定した。水泳種の実験は水泳池での心臓モニタリングによる実験も実施した。

2.4 測定項目と測定方法

本研究は2回測定項目と測定方法を用いた。ただし、2回測定項目に加えて、2回測定項目は水泳池での心臓モニタリングによる実験でも実施した。測定項目は心臓モニタリングによる実験でも実施した。測定項目は心臓モニタリングによる実験でも実施した。

測定項目と測定方法は心臓モニタリングによる実験でも実施した。測定項目は心臓モニタリングによる実験でも実施した。測定項目は心臓モニタリングによる実験でも実施した。

第2節 児童の異なる水温下での水泳におけるRPE

本節では、水泳中のRPEに及ぼす水温の影響をHRとの比較を通して検討した。

1. 研究方法

1) 被検者

被検者は10~12歳の健康な男子児童5名とした。彼らはエージグループの選手として平均的な能力の水準にあり、1回1~1.5時間の水泳練習を週に1~2回、4~6年間続けてきたので水泳運動に習熟していた。ただし、日常の水泳練習は29℃前後の室内温水プールで行われていたため寒冷刺激には馴化していなかった。表2-4に彼らの年齢、身長、体重、身体組成および $\dot{V}O_{2max}$ を示した。

2) 実験手順

第1節と同じ実験手順を用いた。ただし、ここでは水温32℃、25℃、20℃の三条件を与え、水泳との比較のため気温25℃の自転車エルゴメーター作業による実験も実施した。

3) 測定項目と測定方法

第1節と同じ測定項目と測定方法を用いた。ただし、第1節の項目に加えて、被検者の体脂肪率と除脂肪体重を上腕背部と肩甲骨下部の皮下脂肪厚より算出した（長嶺ら、1974）。

測定項目と測定方法は自転車エルゴメーター作業における実験でも同様であった。自転車エルゴメーター作業では、ペダリング回転数は60回転/分とし、0.5kpmから始めて

0.5kpmずつ負荷量を増大した。そして被検者が5分間ペダリング回転数を維持できなくとも2分間以上維持でき、なおかつ $\dot{V}O_2$ のレベルオフが確認できた場合にはその負荷量を最大負荷量とした。

4) 統計処理

各被検者の20, 40, 60, 80, 100% $\dot{V}O_{2max}$ に相当するHRとRPEは第1節と同様に求めた。そして得られた各温度条件下における全被検者のHRとRPEを用いて、% $\dot{V}O_{2max}$ に対する直線回帰式を最小2乗法により求めた。各温度条件間の有意差検定は1要因の分散分析を用い、有意水準は危険率5%未満とした。

2. 実験結果

1) % $\dot{V}O_{2max}$ とHRの関係

図2-17に% $\dot{V}O_{2max}$ とHRの関係を示した。いずれの温度条件下でも両変数間には密接な直線関係が認められたが、任意の% $\dot{V}O_{2max}$ に対するHRは自転車エルゴメーター作業、水温32℃、水温25℃、水温20℃の順で高かった。自転車エルゴメーター作業と水温32℃のHRは、水温20℃や水温25℃のそれよりそれぞれ15~31拍/分および10~26拍/分高く、特に40~80% $\dot{V}O_{2max}$ では有意に高かった。

各温度条件下におけるHR (y) と% $\dot{V}O_{2max}$ (x) の間には次の直線回帰式が得られた。

水泳：

$$20^{\circ}\text{C} \quad y = 1.3 x + 46.3 \quad (r=0.997)$$

$$25^{\circ}\text{C} \quad y = 1.3 x + 48.1 \quad (r=0.998)$$

$$32^{\circ}\text{C} \quad y = 1.3 x + 65.3 \quad (r=0.995)$$

自転車エルゴメーター作業：

$$25^{\circ}\text{C} \quad y = 1.2 x + 74.0 \quad (r=0.997)$$

2) $\dot{V}O_{2\max}$ と RPE の関係

図2-18に $\dot{V}O_{2\max}$ とRPEの関係を示した。いずれの温度条件下でも、 $\dot{V}O_{2\max}$ の増加に対してRPEは直線に近い指数関数的増大を示した。また最大下作業における水温25°CのRPEは、他の三つの温度条件下より1.2~1.9低かったが、有意差は認められなかった。

各温度条件下におけるRPE (y) と $\dot{V}O_{2\max}$ (x) の間には次の直線回帰式が得られた。

水泳：

$$20^{\circ}\text{C} \quad y = 0.18 x - 0.67 \quad (r=0.984)$$

$$25^{\circ}\text{C} \quad y = 0.19 x - 1.52 \quad (r=0.938)$$

$$32^{\circ}\text{C} \quad y = 0.14 x + 2.76 \quad (r=0.964)$$

自転車エルゴメーター作業：

$$25^{\circ}\text{C} \quad y = 0.15 x + 2.53 \quad (r=0.974)$$

3) HR と RPE の関係

図2-19にHRとRPEの関係を示した。図中には、HRを10分の1にしてRPEとの関係が等価となる値（以下、等価線と略す）も示した。いずれの温度条件下でも、HRの増加に対してRPEはほぼ直線的に増大した。任意のHRに対するRPEは、水温20°Cで他の三つの温度条件下より高かったが、有意ではなかった。また全ての温度条件下で最大下作業中のRPE

は等価線より低かったが、最大作業では同等であった。

4) $\% \dot{V}O_{2max}$ と RPE/HR の関係

図2-20に $\% \dot{V}O_{2max}$ と RPE/HR の関係を示した。RPE/HRは、右上がりに増加した水温20℃を除いて、 $\% \dot{V}O_{2max}$ の増加に対して極小値の両側にゆるやかな増大を示した。水温20℃の RPE/HRは最大作業を除いて他の三つの温度条件下より高かったが、有意ではなかった。

3. 考察

1) HRに及ぼす温度条件の影響

本節の男子児童の皮下脂肪厚は同年齢の標準値（東京都立大学身体適性学研究室 1980：上腕背部11.1mm，肩甲骨下8.7mm）より若干低かったが、特別に痩せたり肥満した被検者は認められなかった。したがって、本節の被検者に対する水温の影響は日本の平均的な児童が受ける影響と比べて大差ないと考えられる。

いずれの温度条件下でも $\% \dot{V}O_{2max}$ とHRの間には密接な直線関係が認められ、先行研究（Holmer 1974, Holmer, et al. 1974, 石原と宮下 1982, 黒川ら 1984, 黒川と上田 1986, McArdle, et al. 1971, 涌井ら 1987）と一致した。任意の $\% \dot{V}O_{2max}$ に対するHRは自転車エルゴメーター作業より水泳で低かった。水泳では自転車エルゴメーター作業と異なり、陰圧呼吸、水平姿勢および水圧により末梢血管への血液貯留が減少し、中心血液量が増大する（Shilling, et al. 1976）。また身体と外部環境との間で熱交換のない中性温以下では、水の高い熱伝導率により、皮膚血管が収縮して皮膚血流量が減少する（Hong, et al. 1969）。さらに神経性の要因として潜水性徐脈の影響も加わり心臓の

一回拍出量 (SV) が増大する (Scholander 1961/1962) . これらの要因が複合して, 任意の $\dot{V}O_{2max}$ に対するHRを水泳で低下させたものと考えられる.

水温の影響については, Holmer (1974) , Holmer and Bergh (1974) , 黒川 (1988) , 黒川と上田 (1986) , McArdle, et al. (1976) , Nadel, et al. (1974) の研究と同様, 32℃から25℃への水温の低下によりHRが顕著に減少したことから, この水温低下は皮膚血流量をさらに減少させたものと考えられる. しかし, 25℃から20℃への水温の低下はHRをほとんど変化させなかったことから, この水温間では循環器系の生理的応答について顕著な違いがなかったものと考えられる.

2) RPEに及ぼす温度条件の影響

最大下作業におけるRPEは水温25℃で最も低くなる傾向を示した. したがって, 同一作業強度の水泳を実施した場合, 水温が25℃より高くなっても低くなっても水泳中の苦しさの感じはよりきつくなるのがわかる.

松井ら (1990) は, 平均体脂肪率が12.2%の成人を対象に, 水温27℃と水温20℃の二条件下で60% $\dot{V}O_{2max}$ の水泳を実施した. その結果, 水温27℃で直腸温が上昇し, 水温20℃では逆に低下した. 本節の児童は体重当たりの体表面積 ($337.69 \pm 6.79 \text{cm}^2/\text{kg}$) が彼らの被検者 ($267.90 \pm 8.94 \text{cm}^2/\text{kg}$) より26%広く, 水温の影響を受け易い. しかも, 水温32~36℃で安静時の $\dot{V}O_2$ が最小値を示すこと (Craig and Dvorak 1966) や本節の児童の体脂肪率 (15.8%) が彼らの被検者より3.6%高いことから判断すると, 水温32℃の水泳では60% $\dot{V}O_{2max}$ 以下の運動強度でも深部体温が上昇すると予測できる. Skinner, et al.

(1973a) は、高温暴露でのRPEが「暑さ」のために高かったと報告している。このように水温32℃における水泳中のRPEは深部体温の上昇により「暑さ」が余分に加わったために水温25℃より高くなったと考えられる。

一方、水温20℃では、水温25℃と比較して「寒さ」による筋緊張や震えが引き起こされ、HLaが増加する（松井ら 1990, Nadel, et al. 1974）。HLaの増加は作業筋の疲労感を高く評価させるため、RPE/HRが高くなったと考えられる。

以上のように、水温条件の変化に対してRPEはHRと異なる応答を示した。水温の低下は任意の $\dot{V}O_{2max}$ に対するHRを減少させるが、SVの増大による補償効果のために心拍出量(Q)は全ての水温条件下ではほぼ一定である（黒川 1984, McArdle, et al. 1976）。また交感神経や副交感神経のブロックによりHRを操作しても、これに依存したRPEの変動が認められない（Davies and Sargeant 1979, Ekblom and Goldbarg 1971）ことなどから判断して、RPEは循環器系負担よりエネルギー代謝や体温調節などの影響をより顕著に反映すると考えられる。

4. 第2節の小括

本節では、10～12歳の男子児童5名を対象に、水泳中のRPEに及ぼす水温の影響をHRとの比較を通して検討した。全ての温度条件下において $\dot{V}O_{2max}$ とHRの間には極めて高い相関係数を持つ直線関係が認められた（ $r=0.995\sim 0.998$ ）が、任意の $\dot{V}O_{2max}$ に対するHRは自転車エルゴメーター作業より水泳で低かった。

一方、RPEは $\dot{V}O_{2max}$ の増加に対して直線に近い指数関数的増大を示した。そして60～

80% $\dot{V}O_{2max}$ の運動強度では、水温25℃のRPEが他の三つの温度条件下より1.2~1.9低い傾向にあり、主観的に「楽な」ことが示された。

本研究では、水温25℃のRPEが他の三つの温度条件下より1.2~1.9低い傾向にあり、主観的に「楽な」ことが示された。

3. 研究方法

3.1 被験者

本研究は、女子学生を対象としたランニング試験を行った。被験者は、ランニングが得意な女子学生を募集し、ランニングが得意な女子学生を選定した。被験者は、ランニングが得意な女子学生を選定し、ランニングが得意な女子学生を選定した。被験者は、ランニングが得意な女子学生を選定し、ランニングが得意な女子学生を選定した。

3.2 実験手順

ランニング試験は、ランニングが得意な女子学生を対象とした。

3.3 測定項目と測定方法

本研究では、ランニング試験の結果を測定した。測定項目は、ランニングが得意な女子学生を対象とした。測定項目は、ランニングが得意な女子学生を対象とした。測定項目は、ランニングが得意な女子学生を対象とした。

第3節 水泳における全身のRPEに対する部分RPEの寄与率

本節では、水泳における全身のRPE (RPE_0) に対する四つの部分RPE (心臓のきつさ： RPE_C , 呼吸の苦しきさ： RPE_R , 腕の痛みやきつさ： RPE_{arm} , 脚の痛みやきつさ： RPE_{leg}) の寄与率を検討した。

1. 研究方法

1) 被検者

被検者は種々のスポーツ種目を専門とする健康な女子体育専攻学生10名とした。このうち2名 (被検者2と3) は大学の水泳部に所属する熟練者であった。全ての被検者は大学の体育専門実技の水泳指導を受講していたため、本節で使用した牽引水泳用水槽において、重量の異なる錘を牽引しながら一定位置で泳ぐことができた。表2-5に女子体育専攻学生の年齢、身長、体重、 $\dot{V}O_{2max}$ および水泳記録を示した。

2) 実験手順

第1節と同じ実験手順を用いた。

3) 測定項目と測定方法

第1節と同じ測定項目と測定方法を用いた。ただし、ここでは水泳直後に指先から血液サンプルを採集し、HLaを測定した (YSI model 23L)。同時に、RPE尺度を直接見せて、四つの部分RPE (心臓のきつさ： RPE_C , 呼吸の苦しきさ： RPE_R , 腕の痛みやきつさ： RPE_{arm} , 脚の痛みやきつさ： RPE_{leg}) と全身のRPE (RPE_0) を答えさせた。

4) 統計処理

統計処理には重回帰分析を用いた。重回帰分析における標準偏回帰係数の絶対値は従属変数に対する独立変数の相対的な重要度とみなすことができる (Snedecor and Cochran 1989) ことから、 RPE_0 を従属変数に、四つの部分RPEを独立変数において重回帰分析を実施し、得られた四つの部分RPEの標準偏回帰係数の絶対値を RPE_0 に対する相対的な寄与率として解釈した。

重回帰分析を実施するための前段階として、任意の $\dot{V}O_{2max}$ における各被検者の生理的応答 (HR, \dot{V}_E , f, V_T , HLa) と知覚的応答 (RPE_0 , RPE_C , RPE_R , RPE_{arm} , RPE_{leg}) を以下の手順で算出した。

最初に、 $\dot{V}O_{2max}$ を独立変数に各被検者の粗値をプロットし、各被検者の増大関数

$$R = a + c (S - b)^n$$

を算出した。

この増大関数はBorg (1961, 1962) によって提案され、運動強度 (S) とその応答 (R) の関係を記述するものである。増大関数のcは測定定数、nは指数を示す。定数aはy軸における増大関数の開始点で基本的なノイズ定数あるいは生理的安静値を示し、bはx軸における増大関数の開始点を示す。

次に、各被検者の増大関数を用いて20% $\dot{V}O_{2max}$ から20% $\dot{V}O_{2max}$ 毎の生理的応答と知覚的応答の値を算出した。重回帰分析はこれらの値を用いて実施し、図表は平均値を用いて作成した。

2. 実験結果

1) 水泳中の生理的応答

図2-21に $\% \dot{V}O_{2max}$ とHRの関係、図2-22に $\% \dot{V}O_{2max}$ と \dot{V}_E の関係、図2-23に $\% \dot{V}O_{2max}$ とHLAの関係を示した。 $\% \dot{V}O_{2max}$ の増加に対してHRは直線的に増大し、 \dot{V}_E とHLAは指数関数的に増大した。

2) 水泳中の知覚的応答

表2-6に $20\% \dot{V}O_{2max}$ から $20\% \dot{V}O_{2max}$ 毎の RPE_0 と四つの部分RPEの値を示した。 $\% \dot{V}O_{2max}$ の増加に対して RPE_0 と四つの部分RPEは直線に近い指数関数的増大を示し、それぞれ1.5 ($r=0.999$, RPE_0) , 1.5 ($r=0.999$, RPE_C) , 1.4 ($r=0.999$, RPE_R) , 1.5 ($r=0.997$, RPE_{arm}) , 1.6 ($r=0.999$, RPE_{leg}) の指数が得られた。同じ関係を直線回帰でみると、指数の場合より若干低いが、それぞれ高い相関係数 (RPE_0 : $r=0.993$, RPE_C : $r=0.995$, RPE_R : $r=0.996$, RPE_{arm} : $r=0.989$, RPE_{leg} : $r=0.992$) が得られた。

表2-7に生理的応答とこれに対応する四つの部分RPEの相関関係、および四つの部分RPEと RPE_0 の相関関係を示した。それぞれの相関係数は高く、有意であった。

3) 全身のRPEに対する部分RPEの寄与率

表2-8に重回帰分析の結果を示した。 $20\% \dot{V}O_{2max}$ から $20\% \dot{V}O_{2max}$ 毎の重相関係数 (R) は高く、標準誤差 (SE) は0.262~0.441であった。図2-24に $\% \dot{V}O_{2max}$ と四つの部分RPEの標準偏回帰係数の絶対値の関係を示した。

$20\% \dot{V}O_{2max}$ の運動強度では、 RPE_0 に対する寄与率は RPE_{leg} を除いてほぼ等しかった。 $40\% \dot{V}O_{2max}$ と $60\% \dot{V}O_{2max}$ では RPE_C と RPE_{arm} の寄与率が高かった。 $80\% \dot{V}O_{2max}$ では RPE_{arm} の寄与率が最

も高く、次に RPE_R が高かった。100% $\dot{V}O_{2max}$ では RPE_{arn} の寄与率が最も高く、他の部分RPEの寄与率は低くなる傾向が認められた。

3. 考察

1) 水泳中の生理的応答

$\% \dot{V}O_{2max}$ の増加に対してHRは直線的に増大し、 \dot{V}_E とHLAは指数関数的に増大したことから、先行研究 (Holmer 1974, Holmer, et al. 1974, 黒川ら 1984, McArdle, et al. 1971, Nadel, et al. 1974) と一致した。また本節におけるHLAの指数 ($n=3.3$) は, Borg, et al. の報告 (1985, 1987a, b) やNoble, et al. (1983) の報告における自転車エルゴメーター作業の値 ($n=2.2\sim 3.5$) , トレッドミル走の値 ($n=3.2$) , トレッドミル歩行の値 ($n=5.0$) , 腕エルゴメーター作業の値 ($n=2.5$) と類似した値であった。

2) 水泳中の知覚的応答

RPE_0 は $\% \dot{V}O_{2max}$ の増加に対して直線に近い指数関数的増大を示した。これまで自転車エルゴメーター作業やトレッドミル走では、 RPE_0 はHR、パワー出力、速度との間に直線関係を示すが、トレッドミル歩行では、指数関数的増大を示す ($n=1.9$) と報告されてきた (Borg, et al. 1987a) 。その理由として、歩行には至適速度があり、それを超えると機械的効率が低下して $\dot{V}O_2$ の指数関数的増大を引き起こし、これに対応して RPE_0 も指数関数的に増大すると考えられている。本節の水泳が自由水泳であれば、速度の増大は水中での身体抵抗を指数関数的に増大させ、機械的効率が低下し、結果として RPE_0 が指数関数的に増大したと解釈できる。しかし本節で実施した牽引水泳では被検者は一定の位置

で泳ぐため、泳速は0であり、身体抵抗や機械的効率は評価できない。しかも水泳中の負荷量と $\dot{V}O_2$ の間には直線関係が認められた。このため、本節におけるRPE₀の指数関数的増大は機械的効率の低下に拠るものでなく、第1節で指摘した三つの要因のうち、被検者の年齢と関わりのないRPE尺度の問題が作用したと考えられる。しかし、直線回帰でみた $\% \dot{V}O_{2max}$ とRPE₀の相関係数 ($r=0.989\sim 0.996$) は、増大関数のもの ($r=0.997\sim 0.999$) より若干低かっただけなので、その影響は大きなものではない。

生理的応答とこれに対応する四つの部分RPEおよび四つの部分RPEとRPE₀の相関関係はそれぞれ高く、有意であった。RPE_Rと換気系応答との相関は f ($r=0.85$) が最も高く、次いで \dot{V}_E ($r=0.67$) , V_T ($r=0.45$) の順であった。運動中、RPE_Rに対して優位に働く換気系応答についてCampbell (1966) , Edwards, et al. (1972) は、 \dot{V}_E が高い運動強度で意識しうる換気中枢への信号であると報告した。一方、Robertson, et al. (1979b) は f , Wolkove, et al. (1981) は V_T が換気中枢へ優位に働く信号であると報告している。このように運動中のRPE_Rと換気系応答の関係には統一見解が認められていない。しかし、アシドーシスが生じるような高強度の運動では、 f と \dot{V}_E は増加し続けるが、 V_T はプラトーとなることから、RPE_Rは V_T よりも f や \dot{V}_E に依存する可能性が高い。さらに、平泳ぎでは f が腕や脚の運動と連動することと、運動中の f の増加にともない呼吸の深さや速さの変化を知覚する神経信号が感覚中枢へ送られる (Burdon, et al. 1982, Killian, et al. 1982) ために、RPE_Rは f や \dot{V}_E と高い相関を示したが、 V_T と低い相関を示したものと考えられる。

水泳中のHLAは RPE_{arm} ($r=0.73$) と RPE_{leg} ($r=0.78$) との間に高い相関関係を示した。これらの結果は、腕エルゴメーター作業や自転車エルゴメーター作業において末梢性の部分RPEが血液pHの変動に依存することを報告したRobertson, et al. (1986)の結果と一致した。

3) 全身のRPEに対する部分RPEの寄与率

RPE_0 に対する RPE_c の寄与率は、 $20\% \dot{V}O_{2max}$ と $40\% \dot{V}O_{2max}$ の運動強度で最も高かった。これらの運動強度では水中での浮力が作用して体重による負荷が軽減され、作業筋の努力感はずかであると考えられる。このため、 RPE_0 が主に RPE_c に影響されたと考えられる。

$60\% \dot{V}O_{2max}$ 以上の運動強度では、 RPE_{arm} の寄与率が最も高かった。Cafarelli, et al. (1977) およびRobertson, et al. (1982a) も高い運動強度では RPE_0 は中枢性の部分RPEより末梢性の部分RPEに強く影響されることを示した。Cafarelli, et al. (1977)の報告では、中枢性要因は末梢性要因の30~40%程度であった。これらの結果は、末梢性要因が主な感覚信号を供給し、中枢性要因は末梢性要因の増幅器や調整器としての役割を果たすことを示唆するものと考えられる (Cafarelli 1977)。

しかし、もう一つの末梢性の部分RPEである RPE_{leg} の寄与率は全ての運動強度で低かった。水泳は全身運動であるが、推進力の多くを上肢の運動に依存している。上肢の運動単位は下肢より少ないことから、腕の知覚的負担度が脚より大きくなったものと考えられた。しかも本節の10名の被検者のうち、2名が水泳を専門種目としていただけで、他は継続的な腕のトレーニングを実施していなかったことから、被検者全体では腕のコン

ディションが脚より低かったと考えられる。Klausen, et al. (1972), Ridge, et al.

(1976) は、運動中のHLAがトレーニングされた四肢で低く、トレーニングされていない四肢で高いと報告している。RPE₀に対するRPE_{arm}とRPE_{leg}の寄与率が異なった理由として、このような腕と脚のコンディションの相違も影響したと考えられる。

80% $\dot{V}O_{2max}$ の運動強度でRPE_Rは二番目に大きな寄与率を示した。高い運動強度ではアシドーシスが生じ、これを緩衝するために呼吸性緩衝作用が起こることが知られている(Wasserman 1978)。また、この呼吸性緩衝作用とRPE_Rの強い関係も報告されている(Robertson 1982, Robertson, et al. 1986)。この理由から、80% $\dot{V}O_{2max}$ の運動強度においてRPE_Rも大きな寄与率を示したが、中枢性要因は末梢性要因の増幅器あるいは調整器として働く(Cafarelli 1977)ため、その寄与率は末梢性要因であるRPE_{arm}を超えなかったと考えられる。100% $\dot{V}O_{2max}$ では、全ての部分RPEが最大に知覚されるが、コンディションの低い腕の部分RPEが最も強く知覚されるため、他の部分RPEの寄与率が相対的に低くなったと考えられる。

4. 第3節の小括

本節では、健康な女子体育専攻学生10名を対象に、水泳中のRPE₀に対する四つの部分RPEの寄与率を重回帰分析の方法を用いて検討した。最大下および最大水泳中の生理的応答(HR, \dot{V}_D , f, TV, HLa)と知覚的応答(RPE₀, RPE₀, RPE_R, RPE_{arm}, RPE_{leg})を測定し、% $\dot{V}O_{2max}$ を独立変数においた増大関数によって記述した。水泳中の生理的応答とこれに対応する四つの部分RPEの関係、および四つの部分RPEとRPE₀の関係には高い相関関係が認

められた。重回帰分析の標準偏回帰係数の絶対値によって記述したRPE₀に対する四つの部分RPEの寄与率は $\dot{V}O_{2max}$ の増加に応じて変化した。20% $\dot{V}O_{2max}$ の運動強度では、RPE₀に対する寄与率はRPE_{leg}を除いてほぼ等しかった。40% $\dot{V}O_{2max}$ と60% $\dot{V}O_{2max}$ ではRPE_CとRPE_{arm}の寄与率が高かった。80% $\dot{V}O_{2max}$ ではRPE_{arm}の寄与率が最も高く、次にRPE_Rが高かった。100% $\dot{V}O_{2max}$ ではRPE_{arm}の寄与率が最も高く、他の部分RPEの寄与率は低くなる傾向が認められた。

第3章 水泳指導へのRPEの適用

本章では、実践的研究として、水泳指導へのRPEの適用に関連する研究課題を検討する。

1. 研究方法

(1) 被験者

被験者は水泳の経験豊富な大学生の男子3名と女子2名（以下、男子3名、女子2名）と、水泳の経験が浅い大学生の男子2名と女子2名（以下、男子2名、女子2名）の合計7名（男子5名、女子2名）を被験者とした。

被験者の年齢、身長、体重、BMI、水泳の経験年数は、それぞれ19.5歳、1.75m、65kg、22.7、水泳の経験年数は10年、5年、3年、2年、1年、1年、1年であった。

実験手順として、被験者はまず水泳の経験豊富な男子3名と女子2名（以下、男子3名、女子2名）のグループと、水泳の経験が浅い男子2名と女子2名（以下、男子2名、女子2名）のグループに分かれた。この2つのグループはそれぞれ水泳の経験豊富な男子3名と女子2名のグループと、水泳の経験が浅い男子2名と女子2名のグループとで比較した。この2つのグループはそれぞれ水泳の経験豊富な男子3名と女子2名のグループと、水泳の経験が浅い男子2名と女子2名のグループとで比較した。

(2) 測定項目と測定方法

第1節 時間泳における設定RPE値による運動強度の調節

本節では、生理的応答の定常状態が得られる5分間泳を実施して、設定RPE値による運動強度の調節が可能であるか否かを検討した。

1. 研究方法

1) 被検者

被検者は水泳の技能水準が異なる次の三群とした。被検者の中で技能水準の最も高い大学水泳部員男子3名と女子4名（以下、水泳部員群と略す）、水泳部員群の次に技能水準の高い男子体育専攻学生8名（以下、体育専攻学生I群と略す）および技能水準の低い体育専攻学生男子5名と女子2名（以下、体育専攻学生IIa群と略す）であった。表3-1に各群の性、人数、年齢、身長、体重および水泳記録を示した。

2) 実験手順

実験手順として、あらかじめ被検者にRPE尺度を十分理解させ、尺度の中の9「かなり楽である」、13「ややきつい」および17「かなりきつい」の三つの異なるRPE値を指定した。これらのRPE値は、アメリカスポーツ医学協会（1986）が呼吸循環器系と体組成の改善と維持のために推奨する運動強度（60～90%HRmax, 50～85% $\dot{V}O_{2max}$ ）にはほぼ相当する（Eston, et al. 1987）ことから選択された。被検者には、指定されたそれぞれの設定RPE値の「感じ」で5分間泳ぐように指示した。

3) 測定項目と測定方法

実験の全過程をVTR撮影し、泳者の泳いだ距離、時間および速度をVTRから算出した。

HRは携帯用心拍数記憶装置（Vine Co., Model VHM-016）を被検者に装着して10秒毎の心電信号（R波）を胸部双極誘導法で導出することによって測定した。

4) 統計処理

各群間の設定RPE値の違いによる有意差の検定は1要因の分散分析を用い、有意水準は危険率5%未満とした。

2. 実験結果

1) 設定RPE値と%HRmaxの関係

図3-1に水泳部員群、体育専攻学生I群、体育専攻学生IIa群の5分間泳における設定RPE値と%HRmaxの関係を示した。図中には、RPEとHRの対応をみるために、設定RPE値の10倍に相当するHR値に年齢の補正を加えて算出した%HRmax値も示した（以下、等価線と略す）。設定RPE9では、全ての群で%HRmaxは等価線より高かった。設定RPE値が増加するにしたがって、水泳部員群では設定RPE13と設定RPE17の%HRmaxは設定RPE9のそれより有意に増加し、体育専攻学生I群では設定RPE17の%HRmaxが設定RPE9と設定RPE13のそれより有意に増加した。しかし、体育専攻学生IIa群では%HRmaxの有意な増加は認められなかった。

2) 設定RPE値と相対泳速の関係

図3-2に水泳部員群、体育専攻学生I群、体育専攻学生IIa群の設定RPE値と相対泳速の関係を示した。相対泳速は100mの最高記録に対する実験時の泳速の相対値で示した。水

泳部員群では、設定RPE13と設定RPE17の相対泳速は設定RPE9のそれより有意に増加し、体育専攻学生I群でも設定RPE値の増加にしたがって有意に増加した。しかし、体育専攻学生IIa群の相対泳速は、設定RPE17で設定RPE9のそれより有意に増加したのみであった。

3. 考察

技能水準の差は、設定RPE値の増加にともなう相対泳速や%HRmaxの差となって現われた。すなわち、水泳部員群と体育専攻学生I群では、設定RPE値の増加にともない%HRmaxと相対泳速が増加し、%HRmaxは設定RPE17で等価線とほぼ一致した。しかし、体育専攻学生IIa群では、設定RPE値が増加しても相対泳速の増加はわずかであり、%HRmaxもほぼ一定であった。これは、水泳技能の比較的高い泳者では調節可能な泳速の幅が広いために設定RPE値による運動強度の調節は可能であるが、技能水準の低い泳者では泳速の幅が狭いために運動強度の調節ができなかったことによると考えられる。このように技能水準の低い泳者ではRPEの妥当性は低いことから、技能水準の低い泳者が設定RPE値により運動強度を調節するには技術の習得が不可欠であり、調節可能な泳速の幅を拡大するように技術指導がなされることが望まれる。

水泳部員群の%HRmaxと相対泳速が体育専攻学生I群より高かったのは鍛練度の差によるものと推察される。RPEに及ぼすトレーニングの影響を検討した報告によれば、任意の $\dot{V}O_2$, HR, 物理的運動強度におけるRPEが有意に減少し (Ekblom and Goldbarg 1971, Ekblom, et al. 1975, Kilbom 1971, Knuttgen, et al. 1973, Lewis, et al. 1980, Linderholm 1967, 宮下ら 1977, Pandolf, et al. 1975, Patton, et al. 1977), ま

た運動中のHLaはトレーニングされた四肢で低い (Klausen, et al. 1972, Ridge, et al. 1976) . したがって, 水泳トレーニングを長期間積んでいる本節の水泳部員群は体育専攻学生I群より同一最大下強度の水泳中のHLaが低いと推測される. このため, 水泳部員群では設定RPE9, 13がもたらす生体負担度を体育専攻学生I群より低く見積もり, 体育専攻学生I群より相対的に高い泳速になったと考えられる. ただし, 高い運動強度 (80% $\dot{V}O_{2max}$) では末梢性要因の部分RPEはHLaや血液pHに強く依存するために (Robertson, et al. 1982b) , 設定RPE17において両群間の泳速に差が生じなかったものと考えられる.

4. 第1節の小括

本節では, 水泳部員群, 体育専攻学生I群, 体育専攻学生IIa群の三群を対象に生理的応答の定常状態が得られる5分間泳を実施し, 設定RPE値による運動強度の調節が可能であるか否かを検討した. 水泳部員群と体育専攻学生I群では, 設定RPE値の増加にともなって%HRmaxと相対泳速が増加したが, 体育専攻学生IIa群では, 設定RPE値の増加にもかかわらず%HRmaxと相対泳速の有意な増加が認められなかった. このように技能水準の比較的高い泳者では, 設定RPE値による運動強度の調節が可能であったが, 技能水準の低い泳者では困難であった. 技能水準の低い泳者において設定RPE値により運動強度を調節するには技術の習得が不可欠であり, 泳速の幅を拡大する技術指導が望まれる.

第2節 設定RPE値による運動強度の調節に及ぼす水泳練習の効果

本節では、設定RPE値による運動強度の調節に及ぼす水泳練習の効果と、設定RPE値による運動強度の調節の反復効果を検討した。

1. 研究方法

1) 被検者

水泳練習の効果をみるための被検者として技能水準の低い体育専攻学生男子2名と女子6名（以下、体育専攻学生IIb群と略す）を用いた（表3-2）。彼らは水泳の技能水準と体力の改善を目指した二つの一連の水泳練習に参加した。一つは1日に2.0～2.5時間、週6日、2週間の屋外プールでの実習であった。その2週間後、別の水泳練習が臨海実習として海洋で実施された。これは1日に午前2時間、午後2時間の合計4時間で6日間続いた。

反復効果の被検者として、技能水準の低い中高年者男子2名と女子3名（以下、中高年者群と略す）を用いた（表3-3）。彼らは1週間に1回合計5回、設定RPE値による運動強度の調節の反復練習を実施し、これ以外には特別な水泳練習は実施しなかった。

2) 実験手順

第1節と同じ実験手順を用いた。ただし、設定RPE値による運動強度の調節は、体育専攻学生IIb群ではプール実習前、プール実習と臨海実習の間、臨海実習後の3回試行し、中高年者群では2週間おきに3回試行した。

3) 測定項目と測定方法

第1節と同じ測定項目と測定方法を用いた。ただし、設定RPE値と運動直後に答えさせるRPE値は異なることも考えられるため、設定RPE値による運動強度の調節を試行した直後にも尺度を被検者に直接見せて該当するRPEを数字で答えさせた（これは通常のRPEであるが、以下、設定RPE値と区別するために特に評価RPE値と略す）。

4) 統計処理

水泳練習の効果では、1要因の分散分析を用いて、設定RPE値の違いによる有意差および水泳練習前、中、後による有意差を検定した。反復効果では、1要因の分散分析を用いて、1回目、2回目、3回目のテストによる有意差を検定した。有意水準はいずれも危険率5%未満とした。

2. 実験結果

1) 設定RPE値による運動強度の調節に及ぼす水泳練習の効果

(1) 設定RPE値とHRの関係

図3-3に、水泳練習前、中、後における設定RPE値とHRの関係を示した。図中には設定RPE値の10倍に相当するHR値（以下、等価線と略す）も示した。水泳練習前では、HRは設定RPE9と設定RPE13で等価線より24～48拍/分高く、逆に設定RPE17では11拍/分低かった。水泳練習が進むにしたがってHRは等価線に近づき、水泳練習中と後では、設定RPE9のHRは水泳練習前のそれより有意に減少した。

(2) 評価RPE値とHRの関係

水泳練習前，設定RPE値と評価RPE値の差は設定RPE9で最も大きかった（設定RPE9－評価RPE9＝ -4.0 ± 2.3 ）が，設定RPE値が高くなるにしたがって小さくなった（設定RPE13＝ -2.5 ± 1.7 ，設定RPE17＝ -0.4 ± 1.7 ）．また，この差は水泳練習が進むにしたがって小さくなった（水泳練習中：設定RPE9＝ -1.9 ± 1.2 ，設定RPE13＝ -0.5 ± 1.6 ，設定RPE17＝ -0.1 ± 1.4 ，水泳練習後：設定RPE9＝ -1.5 ± 1.9 ，設定RPE13＝ -0.2 ± 1.5 ，設定RPE17＝ -0.5 ± 1.4 ）．

図3-4に評価RPE値とHRの関係を示した．図中には水泳練習前，中，後で得られたHR (y) と評価RPE値 (x) の直線回帰式もそれぞれ示した．ここにおいても，水泳練習が進むにしたがって直線回帰式の傾きの増加，切片の減少，相関係数の増加が生じ，設定RPE値とHRの関係と同様の傾向が認められた．

(3) 設定RPE値と泳速の関係

図3-5に水泳練習前，中，後における設定RPE値と泳速の関係を示した．水泳練習前では，設定RPE値の増大にもかかわらず泳速はほとんど増加しなかった．しかし，水泳練習中では，設定RPE17の泳速は設定RPE9のそれより有意に増加し，水泳練習後では，設定RPE17の泳速が設定RPE9と設定RPE13のそれより有意に増加した．

(4) 設定RPE値と1ストローク当たりの水泳距離の関係

水泳の技能水準を評価する指標である1ストローク当たりの水泳距離を算出し，図3-6に設定RPE値との関係を示した．全ての設定RPE値で水泳練習後の1ストローク当たりの水泳距離は水泳練習前より有意に増大した．

2) 設定RPE値による運動強度の調節の反復効果

(1) 設定RPE値とHRの関係

中高年者群を対象に3回試行した設定RPE値とHRの関係を図3-7に示した。図中には設定RPE値の10倍に相当するHR値に年齢の補正を加えて算出した等価線も示した。全ての試行においてHRは設定RPE9で等価線より48～52拍/分も高かったが、設定RPE値が高くなるにしたがって8～14拍/分の差まで等価線に近づいた。しかし、3回の反復試行にもかかわらず設定RPE値とHRの関係はほとんど変化しなかった。

(2) 設定RPE値と泳速の関係

図3-8に設定RPE値と泳速の関係を示した。3回の反復試行にもかかわらず、設定RPE値と泳速の関係は変化しなかった。

3. 考察

1) 設定RPE値による運動強度の調節に及ぼす水泳練習の効果

体育専攻学生IIb群の水泳記録は2回の水泳練習により向上した(表3-2)。水泳記録には体力と技術が影響する。体力の改善について鈴木(1973)は、 $\dot{V}O_{2max}$ に改善が認められる最低のトレーニング条件として強度70%、時間5分以上、頻度3回/週、期間5週以上と指摘している。体育専攻学生IIb群の水泳練習はプール実習が2週間、臨海実習が6日間で両方合わせても約3週間であったことから体力の大きな改善は期待できない。しかし、1ストローク当たりの水泳距離は水泳練習により有意に増加したことから、技術面の改善は明らかに認められた。したがって、本節の水泳記録に及ぼす水泳練習の効果は

体力の改善より技能の改善に対して優位に働いたと考えられる。

設定RPE値と泳速の関係については、水泳練習中と後の設定RPE17の泳速は設定RPE9や設定RPE13のそれより有意に増大した。このことは水泳練習による泳速の幅の拡大を示す。また、HRも水泳練習が進むにしたがって等価線に近づき、水泳練習中と後の設定RPE9のHRは水泳練習前のそれより有意に減少した。このような結果が生じたのは、技能水準の向上により泳速の幅が拡大して泳速の調節が可能になり、設定RPE値による運動強度の調節能力が改善したことによると考えられる。

2) 設定RPE値による運動強度の調節の反復効果

中高年者群では、各試行において前回の結果をフィードバックしたにもかかわらず、3回の試行における設定RPE値とHRの関係、設定RPE値と泳速の関係はほとんど変化しなかった。4週間の試行期間中、特別な水泳練習は実施しなかったため、彼らの技能水準は低い状態のまま推移したと考えられる。このように技能が向上しない場合には、たとえば設定RPE値による運動強度の調節を反復試行したとしてもその効果は生じないことが示された。本節の結果をみても技能水準の低い泳者では、技術の習得が不可欠であり、調節可能な泳速の幅を拡大するように技術指導がなされることが望まれる。

4. 第2節の小括

本節では、設定RPE値による運動強度の調節に及ぼす水泳練習の効果と、設定RPE値による運動強度の調節の反復効果について検討した。水泳の技能水準の低い体育専攻学生I1b群では、水泳練習が進むにしたがって設定RPE値による運動強度の調節能力が改善し

た。しかも、1ストローク当たりの水泳距離が水泳練習により有意に増大したことから、これは技能水準の改善によると推察された。しかし、技能水準の低い中高年者群を対象に、設定RPE値による運動強度の調節を繰り返し試行した場合には、その反復効果は生じなかった。したがって、技能水準の低い泳者において設定RPE値により運動強度を調節するには泳速の幅を拡大する技術の習得が望まれた。

第3節 間欠的水泳運動におけるRPE

本節では、間欠的水泳運動におけるRPEとHRの対応について検討する。

1. 研究方法

1) 水泳指導

表3-4に示すように分析対象とした小学生の水泳指導は、水泳の技能水準を基準に編成された次の三群であった。第一は指導のねらいが水慣れから背泳、クロールまでの技術練習であり、25m単位を二人組で補助しあってできるだけ長く泳ぐ初級、第二は指導のねらいが初級の技術練習に加えて、運動強度を高く負荷する中級、第三は競泳4泳法の技術とスピードの向上をねらいとした上級であった。表3-4には、これらの三群の水泳指導における1回当たりの指導時間と指導日数も示した。

大学生の水泳指導のねらいは、4泳法の技術練習に加えて、スピード、スピード持久力および持久力を高めることにおかれていた。表3-5にこの水泳指導の内容を示した。

水泳指導は25mの屋外プールの一つのコースを使用して行われ、一名の指導者が指導に当たった。

2) 被検者

小学生の水泳指導における被検者は、受講生の中から任意に数名ずつ抽出し、初級は男子4名と女子2名、中級は男子6名、上級は男子9名と女子3名であった。表3-6に各群の性、人数、年齢、身長、体重および水泳記録の平均値を示した。

大学生の水泳指導では、技能水準の高い男子体育専攻学生2名と、彼等より技能水準の高い水泳部員男女各1名を被検者とした。これらの被検者4名を含む9名で一つの水泳指導班が編成された。表3-7に各被検者の性、年齢、身長、体重および水泳記録を示した。

2) 測定項目と測定方法

第1節と同じ測定項目と測定方法を用いた。ただし、RPEは各指導内容終了直後に尺度を直接見せて該当する数字を答えさせた。

3) 統計処理

小学生の水泳指導における各群間の有意差検定は1要因の分散分析を用い、大学の専門実技の水泳指導における水泳部員と体育専攻学生の有意差検定はt検定を用い、有意水準は危険率5%未満とした。

2. 実験結果

1) 小学生の水泳指導におけるHRとRPEの対応

(1) 水泳指導中の泳速

休息時間も含めた1時間当たりの水泳距離は、初級で $423 \pm 22\text{m}$ 、中級で $409 \pm 65\text{m}$ 、上級で $589 \pm 243\text{m}$ であった。図3-9に各群の泳速を示した。泳速は、中級(0.60m/秒)、上級(0.57m/秒)、初級(0.40m/秒)の順で速く、中級と上級は初級より有意に速かった。

(2) 水泳指導中のHR

図3-10に各群のHRを示した。HRは、中級(121.3拍/分)、上級(120.5拍/分)、初級

(110.9拍/分)の順で高かった。

(3) 水泳指導中のRPE

図3-11に各群のRPEを示した。RPEは、上級(12.4)、中級(10.4)、初級(8.0)の順で高く、これらのRPEは初級で「かなり楽である」、中級で「楽である」、上級で「ややきつい」にそれぞれ対応するものであった。

(4) 水泳指導中のHRとRPEの対応

HRとRPEの対応関係を検討するため、表3-8に各学習内容における最高HR、最頻HR、平均HRの三種類のHRとRPEの相関関係を示した。RPEは最高HRに対して最も高い相関係数を示した。

図3-12に初級、図3-13に中級、図3-14に上級におけるHRとRPEの関係を示した。HRとRPEの相関関係は上級($r=0.647$, $p<0.001$)、中級($r=0.393$)、初級($r=0.159$)の順で高かった。上級におけるRPE(y)とHR(x)の間の直線回帰式は

$$y = 0.08x + 1.0$$

であった。

2) 大学生の水泳指導におけるHRとRPEの対応

(1) 水泳指導の時間配分

図3-15に1時間46分の水泳指導の時間配分を示した。これを泳法別に分類すると、バタフライの練習(3, 4, 5, 6, 11)が最も多く、全体の33.0%に相当した。次いで背泳の練習(7, 8, 11)の32.5%、クロールの練習(9, 11)の18.8%、平泳ぎの練習(10,

11) の15.7%の順であった。

部分練習（キックとプル）と総合練習（コンビ）の観点からの分類では、コンビ（1, 2, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11）が全体の73.8%で最も多く、次いでキック（3, 4, 5, 7）の22.5%、プル（7）の3.7%の順であった。

練習の質からの分類では、インターバル形式の技術練習（3, 4, 5, 7）の36.5%、レペティション形式のスピード練習（9, 10, 11）の33.1%、インターバル形式のスピード練習（6, 8）の20.3%、ウォーミングアップ（1, 2）の10.1%の順が多かった。

(2) 水泳指導中の泳速

水泳指導で被検者が泳いだ水泳距離は合計2450mであり、これに要した時間が休憩時間も含めて1時間46分であったことから、休憩時間も含めた1時間当りの水泳距離は1394mであった。図3-16に指導内容毎の泳速を示した。泳速はバタフライのキック練習で最も遅く、クロールのダッシュで最も速かった。また同一泳法内では、泳速はレペティション形式のスピード練習、インターバル形式のスピード練習、インターバル形式の技術練習の順で速かった。水泳指導全体では、水泳部員の泳速（平均1.16m/秒）は体育専攻学生のそれ（平均0.92m/秒）より0.24m/秒速かった。

図3-17に指導内容毎の泳速を各被検者の同一泳法の最高記録に対する相対値として示した（以下、相対泳速と略す）。水泳部員の相対泳速はウォーミングアップ、バタフライの全種目およびクロールのダッシュで体育専攻学生より0.4~21.0%（平均6.8%）低かったが、背泳、クロール、平泳ぎおよびクロール以外の三種目のダッシュでは2.7~17.8%

(平均6.7%)高かった。水泳指導全体では、水泳部員の相対泳速は体育専攻学生のそれより0.4%高いだけで、両群の相対泳速に大きな差は認められなかった。

(3) 水泳指導中のHR

図3-18に指導内容毎のHRを示した。体育専攻学生のHRは、レペティション形式のスピード練習を除いて水泳部員より平均26拍/分高かった。

図3-19に水泳指導中のHR分布をRPE尺度に対応させて示した。水泳部員では95～114拍/分の「楽である」に最も多く32.3%分布したのに対し、体育専攻学生は115～134拍/分の「ややきつい」に28.2%とこの範囲に最も多く分布した。また、135拍/分の「きつい」以上のHR分布は、水泳部員（15.9%）が体育専攻学生（40.3%）より少なく、技能水準が高くなるにしたがってHR分布は低いHRへ移行する傾向が認められた。

(4) 水泳指導中のRPE

図3-20に指導内容毎のRPEを示した。体育専攻学生、水泳部員ともにRPEは、ウォーミングアップで最も低く、インターバル形式の技術練習、インターバル形式のスピード練習とこの順に高くなった。しかし、水泳部員では、レペティション形式のスピード練習のRPEがインターバル形式のスピード練習のそれと同等であったのに対して、体育専攻学生ではレペティション形式のスピード練習のRPEがインターバル形式のスピード練習のそれよりさらに高くなった。水泳指導全体では、体育専攻学生のRPEは水泳部員のそれより高く、特にレペティション形式のスピード練習でその差が最も大きくなる傾向が認められた。

(5) 水泳指導中のHRとRPEの対応

HRとRPEの対応関係を検討するため、表3-9に各練習内容における最高HR、最小HR、平均HRの三種類のHRとRPEの相関関係を示した。RPEは最高HRとの相関係数が最も高かった。

図3-21にHRとRPEの関係を示した。水泳部員、体育専攻学生ともにHRとRPEの間には直線関係が認められた（水泳部員： $r=0.905$ $p<0.01$ ，体育専攻学生： $r=0.754$ $p<0.01$ ）。直線回帰式の傾きは、水泳部員が体育専攻学生より低く、切片は高かった。その結果、任意のHRに対するRPEは約170拍/分のHRにいたるまでは水泳部員で高く、それ以上では体育専攻学生で高くなる傾向が認められた。

3. 考察

1) 小学生の水泳指導におけるHRとRPEの対応

休憩時間も含めた1時間当たりの水泳距離は運動量を反映する。本節の小学生の水泳距離は、指導のねらいがクロールと平泳ぎの基本技術の習得と長く泳げることにあった小学校3、4年生の水泳指導（低泳力群：494m，高泳力群：626m）（崔，1993）とほぼ等しかった。

水泳指導の運動強度を反映する泳速は、中級、上級、初級の順で高かった。上級より中級の泳速が高かったのは1回に泳ぐ距離が短かったことによると考えられる。つまり、中級ではコース内での回転効率を上げるために12.5～15.0m程度の距離を一方通行方式で泳がせたが、上級では一回に泳ぐ距離が25～50mであった。

HRとの対応関係について、HRの代表値として各学習内容の最高HRを用いると、RPEは

最頻HRや平均HRより高い相関を示した。したがって、RPEとの対応関係をみるためにはHRの代表値として最高HRを用いることが最も妥当であると考えられる。

技能水準別にHRとRPEの対応関係をみた場合、両変数間の相関係数は上級、中級、初級の順に高かった。HRとRPEの平均値を対応させても、初級と中級ではRPEはHRの1/10より低く、対応関係が認められたのは上級のみであった。このことから初級と中級では、低い技能水準が阻害因子となりRPEを正確に判断していないことが示唆される。

多くの報告をまとめたMorgan¹⁾(1973)によると、自転車エルゴメーター作業におけるHRとRPEの相関係数の平均値は0.82であることから、HRとRPEの対応関係は約33% ($1-r^2$)説明できないとしている。同様のことを本節のHRとRPEの相関係数で算出すると上級で約58.1%、中級で約84.6%、初級で約97.5%となる。ここで、本節の上級の結果と、熟練度に影響されない自転車エルゴメーター作業を用いたMorganの値の差引分が動作様式や環境条件の差異による影響であったと仮定すると、技能水準の低さは初級で39.4%、中級で26.5%の割合でRPEの判断を阻害する因子となっていたと推察される。

以上のことより、技能水準の低い泳者を対象にする水泳指導において、RPEを用いて運動強度を設定するのは不適切であると考えられ、指導者はまず水泳技術の習得を優先させる必要があると考えられる。

また、本節の初級や中級では、HRに対してRPEを低めに評価する傾向が認められた。これは、本節の被検者が積極的に水泳指導に参加していたことを考慮すると、水に対する恐怖心をRPEに置き換えていたのではなく、むしろ短い距離でも完泳したという達成

感をRPEに置き換えていたと推察される。

2) 大学生の水泳指導におけるHRとRPEの対応

休憩時間も含めた1時間当たりの水泳距離は1394mであり、大学一般体育実技における泳法矯正を中心とした技術練習中の水泳距離(524m)(合屋, 1986)より2.7倍長かった。この理由として、本節における水泳指導のねらいが4泳法の技術練習に加えてスピード、スピード持久力、持久力を高めるように設定されたことと、泳者の技能水準が合屋の被検者より高かったことの二つが考えられる。

水泳部員の泳速は体育専攻学生より0.24m/秒速かったが、相対泳速は体育専攻学生と同等で両群とも46.7~139.5%の範囲にあった。したがって、この水泳指導は両群ともに有酸素系に加えて乳酸系およびATP-PC系のエネルギー機構まで動員させるものであったと考えられる。

Burke and Humphreys (1982) は、 $\dot{V}O_{2max}$ を改善するための最低の運動刺激が70%HRmax(140拍/分)であると報告した。これに相応するHR分布は水泳部員(15.9%)より体育専攻学生(40.5%)で高かったことから、体育専攻学生の生理的負担度は水泳部員より高かったと考えられる。ただし、水中運動におけるHRは陸上の運動より10~30拍/分低いこと(Holmer 1974, Holmer, et al. 1974, 石原と宮下 1982, 黒川ら 1984, 黒川と上田 1986, McArdle, et al. 1971, 涌井ら 1987)を考慮すると、この水泳指導の運動強度は両群ともにこれより若干高かったものと推定される。

宮下と小野寺(1978)によれば、泳速は泳法や技能水準の影響を大きく受けることか

ら、泳速を運動強度の指標にすると生体負担度にきわめて大きな個人差が生じる。本節でも体育専攻学生の相対泳速は水泳部員と同等であったが、HRは水泳部員より平均26拍/分高かった。特に、ウォーミングアップ、インターバル形式の技術練習、インターバル形式のスピード練習など休息の短い指導内容において顕著であった。この原因として、体育専攻学生の技能水準は水泳部員より低いため、必要以上に余分なエネルギーを消費したことによると考えられる。したがって、たとえ相対泳速が同じでも、生理的負担度は技能の拙劣な泳者において顕著になることを意識した水泳指導が必要であろう。

しかし、レペティション形式のスピード練習では両群のHRに差がなかった。この理由として、この練習では休息期が長かったために両群とも十分回復し、疲労の影響が生じなかったためであると考えられる。

一方、RPEは体育専攻学生が水泳部員より高く、特にレペティション形式のスピード練習でその差が大きくなった。Klausen, et al. (1972), Ridge, et al. (1976)によれば運動中のHLaはトレーニングされた四肢で低く、トレーニングされていない四肢で高い。競泳に習熟していない体育専攻学生は水泳トレーニングを毎日実施している水泳部員より水泳中のHLaが高く、その結果として高いRPEを示したと推察される。特に全力で泳ぐ場合には、普段トレーニングしていない水泳で使用される筋肉群の疲労を水泳部員以上に強く感じたものと考えられる。

HRとRPEの対応関係は、小学生の場合と同様に、HRの代表値として各学習内容の最高HRを用いた場合にRPEとの間に最も高い相関が認められた。このため、RPEとの関係は最

高HRを用いて検討した。

水泳部員と体育専攻学生におけるHRとRPEの間には直線関係が認められたことから、水泳指導へのRPEの適用は可能であると考えられる。しかし、両群の直線回帰式はHRが170拍/分のところで交叉し、それ以上のHRに対するRPEは体育専攻学生が高い傾向を示した。これはレペティション系の指導内容において、体育専攻学生のHRが水泳部員と等しかったにも関わらず、RPEが高かったことによるものであった。

以上の小学生と大学生の結果から、水泳指導へのRPEの適用が可能な水泳の技能水準は、本節における小学生の上級以上、すなわち、25mのクロールを30秒前後で泳げる以上の泳力を有していることが必要であると推察された。

4. 第3節の小括

本節では、技能水準の異なる小学生と大学生の水泳指導を対象に、間欠的水泳運動におけるHRとRPEの対応について検討した。小学生の水泳指導では、泳速とHRは、中級、上級、初級の順で高かったが、RPEは、上級、中級、初級の順で高かった。これらのRPEは初級では「かなり楽である」、中級では「楽である」、上級では「ややきつい」にそれぞれ対応するものであった。RPEとHRの相関関係は、上級 ($r=0.647$)、中級 ($r=0.393$)、初級 ($r=0.159$) の順で高かった。このように小学生の水泳指導へのRPEの適用は上級において可能であったが、初級と中級では不適切であり、これらの泳者では技術習得の必要性が示唆された。

大学生の水泳指導では、水泳部員の泳速は、体育専攻学生より0.24m/秒速かったが、

相対泳速では同等であった。練習の質でみると、ウォーミングアップ、インターバル形式の技術練習、インターバル形式のスピード練習において、体育専攻学生のHRは水泳部員より約26拍/分高く、RPEも0.5～2.0高かった。しかし、レペティション形式のスピード練習では、体育専攻学生のHRは水泳部員と同等であったが、RPEは2.0～4.0高かった。RPEとHRの相関関係は、水泳部員 ($r=0.905$) と体育専攻学生 ($r=0.754$) でともに高く、大学生の水泳指導へのRPEの適用は可能であった。

第4章 総合考察

本章では、第2章と第3章の研究結果をもとに水泳における運動強度の指標としてのRPEの有用性を総合的に考察する。

第1節 本研究の成果と意義

本研究では、簡便性と経済性に優れた運動強度の指標であるRPEが水泳において有用であるか否かを明らかにすることを目指した。このため、まず実験条件を正確に規定できる実験室において、運動強度の厳密な指標である $\dot{V}O_2$ との対応関係によりRPEの妥当性を検討した。その結果、男女の体育専攻学生群ではRPEはほぼ直線的に増大し、これらの群より直線性は若干低いが、男子児童群でもほぼ直線的に増大した。特に、男子児童群における直線性からの逸脱の程度は顕著ではなく、RPEと $\dot{V}O_2$ との間の相関係数はHRと $\dot{V}O_2$ とのそれより若干低いだけであった。したがって、10~12歳以上の年齢群では、水泳においてRPEを運動強度の指標として用いることは妥当であると言える。

また、陸上の運動と同様に水泳でもRPEが運動強度の指標として妥当であるとはいえず、陸上の運動と異なる水泳の運動形態上の特徴、例えば推進力の多くを上肢の運動に依存すること、体位が水平位であること、呼吸の困難度が高いことなどが認められる。このため、水泳では RPE_0 の決定要因が陸上の運動と異なる可能性がある。この点の解明は、 RPE_0 の決定要因を明らかにするという基礎科学的側面と、水泳指導と関連する応用科学的側面の両面の意義を持つ興味深い事項であった。そこで水泳中の RPE_0 に対する部分RPEの寄与率を検討したところ、寄与率は運動強度とともに変動し、なかでも、低~中強度での「心臓のきつさ」と中強度以上での「腕の痛みやきつさ」の寄与率が高かったのは、陸上の運動と大きく異なる水泳の特徴であった。陸上の運動では RPE_0 は運動強度

の全範囲において主に下肢の知覚的負担度に強く影響されると報告されてきた。しかし、水中での水泳では浮力が作用し、体重による下肢の負担が軽減される。このことが水泳の低～中強度において下肢の知覚的負担度を減少させ、このためRPE₀は主に「心臓のきつさ」に影響されたと考えられる。中強度以上での「腕の痛みやきつさ」についても、水泳では運動単位の少ない上肢の運動に推進力の多くを依存することから、上肢の知覚的負担度を下肢のそれより大きくさせたと考えられる。このようにRPE₀の決定要因は水泳では上肢に多くを依存することから、トレーニング負荷量の配分や知覚に基づくペース配分等でも上肢を中心に配慮することが必要であると考えられる。

決定要因こそ陸上の運動と異なるものの実験室では水泳におけるRPEの妥当性は確かめられた。しかし、水泳の指導現場は実験室と環境条件が異なる。特に温度条件は陸上の運動における先行研究からRPEに影響すると考えられる。そこで実際に水泳が指導される可能性のある20～32℃の間で異なる水温を与え、さらに陸上での運動条件も加えてRPEに及ぼす影響を検討した。その結果、RPEは水温に応じて変化し、水泳に際して主観的に「楽な」水温（25℃）の存在が確認された。ただし水温20℃や水温32℃との差は顕著なものではなく、この範囲内の水温では水泳指導上、水温の影響を特に意識する必要はないことも明らかになった。しかし、水温32℃以上、あるいは水温20℃以下の水温では、水温25℃の温度条件との差が拡大する傾向にあるため、水泳指導上の特別な留意が必要であると考えられる。

以上、水泳中のRPEの適用の妥当性に関連する基礎的要因は明らかにされたが、実験

室的研究で得られた結果を実際の水泳指導へ適用するには解決されなければならない問題が残されていた。この問題は、運動強度が受動的に調節される実験室での水泳と、運動強度を能動的に調節する指導現場での水泳との質的差異から生じるものである。この問題を検討するため、第一に、泳者自身の感覚に基づいて能動的に運動強度を調節し、生理的応答と知覚的応答を対応づける検討を行った。第二に、実験室では定常状態の成立する持続的水泳運動を用いたが、実際の水泳場面では持続的水泳運動だけでなく間欠的水泳運動も多いので、間欠的水泳運動におけるRPE適用の妥当性を検討した。しかも指導現場では技能差の著しい集団を対象にしているが、技能水準の異なる全ての泳者に対してRPEが適用できるとは限らないことから、これらの二点について、技能水準の異なる泳者を対象に検討した。

その結果、水泳の技能水準の高い水泳部員群と体育専攻学生I群では、定常状態の成立する水泳において設定RPE値による運動強度の調節が可能であったが、技能水準の低い体育専攻学生IIa群では困難であった。また、間欠的水泳運動においても技能水準の高い泳者ではRPEとHRの相関係数は高かったが、技能水準の低い泳者では低かった。すなわち、水泳指導へRPEを適用するには、25mのクロールを30秒前後で泳げる以上の泳力を有していることが必要であった。

このように技能水準の低い泳者ではRPEの適用が困難であったことから、技能水準の低い泳者において設定RPE値による運動強度の調節能力を改善するには、水泳練習による技能水準の改善を必要とするか、あるいは単にこの試行を反復練習するだけでよいか

を検討した。その結果、設定RPE値による運動強度の調節能力の改善は、水泳練習によって技能水準が改善した体育専攻学生I1b群において認められたが、この調節試行を反復練習しただけの中高年者群では認められなかった。この学習実験からみても、水泳にRPEを適用するには学習者の技能水準の把握が必要であることを確認した。

最後に、本研究で得られた結果を水泳の指導現場へ適用する意義を考察すると、身体の発育発達の上にある一般の児童・生徒・学生の水泳指導では、RPEは体力を改善するための至適運動強度の適用に利用できる。すなわち、技能水準の異なる多くの泳者を含む水泳指導の現場において、泳速で運動強度を設定すると個人差が大きくなるが、RPEを用いると技能水準の差にかかわらず全ての泳者に同等の運動刺激を与える水泳指導が可能となる。技能水準や指導のねらいが一般生徒以上に高度になる水泳選手では、練習の目的に応じた運動強度を知覚的に知らせることと、泳者自身による運動強度の管理を可能にするために適用できると考えられる。生涯スポーツとしての水泳を安全に継続することが主なねらいとなる中高年者では、オーバートレーニングによる危険性を泳者自身が回避することができる。このように各種水泳指導へのRPEの適用の意義は、学習者一人ひとりを大切にすることを可能にし、技能水準や体力に見合った運動刺激を与えられるという点にあると考えられる。

第2節 総括と今後の課題

1. 総括

本研究では、被検者の年齢、水温条件、水泳の技能水準、水泳練習の影響、運動の質（持続的水泳運動、間欠的水泳運動）などの条件を考慮して、水泳における運動強度の指標としてのRPEの有用性を実験室的側面と実践的側面の両面から検討した。その結果、以下の諸点が明らかになった。

1) 水泳中のRPEの妥当性に関連する基礎的要因

(1) 水泳における運動強度の指標としてのRPEの妥当性

男子児童群、男女の体育専攻学生群ともに水泳中のHRは $\dot{V}O_2$ や $\% \dot{V}O_{2max}$ との間に密接な直線関係を示したことから、HRは運動強度の指標として妥当であった。

男女の体育専攻学生群では、RPEは $\dot{V}O_2$ や $\% \dot{V}O_{2max}$ の増加に対してほぼ直線的に増大した。男女の体育専攻学生群に比べると直線性は若干低い、男子児童群でもほぼ直線に増大した。これらの傾向を個々の事例の寄与という点からみると、変換点をともなうRPEの増加パターンを示す3名の男子児童により男女の体育専攻学生群と男子児童群に多少の違いが現われたと考えられた。しかし、RPEと $\dot{V}O_2$ や $\% \dot{V}O_{2max}$ との間の直線性は、HRと $\dot{V}O_2$ や $\% \dot{V}O_{2max}$ とのものより若干低値にすぎなかったことから、RPEは運動強度の指標として妥当であった。

(2) 異なる水温下での水泳におけるRPE

水温32℃、25℃、20℃および気温25℃の全ての温度条件下において児童のHRは $\% \dot{V}O_{2max}$ の増加に対して直線的に増加した。しかし、任意の $\% \dot{V}O_{2max}$ に対するHRは自転車エルゴメーター作業より水泳で低かった。

一方、 $\% \dot{V}O_{2max}$ の増加に対するRPEは直線に近い指数関数的増大を示した。そしてRPEは水温に応じて変化し、水泳に際して主観的に「楽な」水温（25℃）の存在が確認された。ただし、水温20℃や水温32℃との差は顕著なものでなく、この範囲内の水泳では水泳指導上、水温の影響を特に意識する必要はないことも明らかになった。

(3) 水泳における全身のRPEに対する部分RPEの寄与率

重回帰分析で得られた四つの部分RPEの標準偏回帰係数の絶対値を RPE_0 に対する寄与率を記述するものとして解釈した。水泳中の四つの部分RPEは中枢性および末梢性の生理的応答と対応し、 RPE_0 に対する四つの部分RPEの寄与率は運動強度とともに変動した。すなわち、水泳中のRPEは、低～中強度では心臓のきつさ、中～高強度では腕の痛みやきつさと心臓のきつさ、高い運動強度では腕の痛みやきつさに強く影響されることが示された。

2) 水泳指導へのRPEの適用

(1) 時間泳における設定RPE値による運動強度の調節

水泳の技能水準の高い水泳部員群と体育専攻学生I群では、設定RPE値の増加とともに $\%HR_{max}$ と相対泳速の有意な増加が認められたが、技能水準の低い体育専攻学生IIa群の $\%HR_{max}$ と相対泳速には有意な増加が認められなかった。すなわち、技能水準の高い泳者

では設定RPE値による運動強度の調節が可能であったが、技能水準の低い泳者では困難であり、RPEの適用は適切でないと考えられた。

(2) 設定RPE値による運動強度の調節に及ぼす水泳練習の効果

水泳の技能水準の低い体育専攻学生IIB群では、水泳練習が進むにしたがって設定RPE値による運動強度の調節能力が改善した。しかも、1ストローク当たりの水泳距離が水泳練習により有意に増大したことから、これは技能水準の改善によると推察された。しかし、技能水準の低い中高年者群を対象に、設定RPE値による運動強度の調節を繰り返し試行した場合には、その反復効果は生じなかった。したがって、技能水準の低い泳者において設定RPE値により運動強度を調節するには泳速の幅を拡大する技術の習得が望まれた。

(3) 間欠的水泳運動におけるRPE

間欠的水泳運動においても、水泳の技能水準が高くなるとともにHRとRPEの相関係数は高くなったことから、技能水準の高い泳者では水泳運動へのRPEの適用は可能であるが、技能水準の低い泳者では困難であることが示された。

3) 結論

以上の検討の結果、水泳におけるRPEは主として上肢からの知覚の影響を受け、10～12歳以上の年齢の泳者であれば、20～32℃の水温条件下において妥当であった。また、25mクロールの時間が30秒以下の泳力があれば、持続的水泳運動と間欠的水泳運動のいずれにおいても設定RPE値による運動強度の調節も可能であることから、RPEは水泳にお

ける運動強度の指標として有用であると結論された。

2. 今後の課題

本論文では、上記の知見が得られたが、今後の検討を要するいくつかの研究課題も残されている。

1) 本論文では、特に水泳指導の体力的側面のねらいを考慮して、運動強度の指標としてのRPEの有用性を検討した。その結果、水泳の技能水準の比較的高い泳者では、RPEは有用な指標であることが明かになった。しかし、現実には水泳の技能差の著しい集団を対象に水泳指導が実施されている。したがって、今後、技能水準の低い泳者の水泳指導においてRPEを適用するにはどのような工夫が必要であるかを検討する必要がある。

2) 本論文では、水中運動の中でも特に水泳を研究の対象とした。しかし、水泳は技術を習得しなければ実施することができない。このため、水中歩行や水中エアロビクス等のように、水中運動としての利点を生かし、かつ技術の習得が容易な水泳以外の水中運動への関心も高まってきている。したがって、運動処方観点から、水泳以外の水中運動におけるRPEの有用性の検討もまた今後の残された研究課題である。

引用文献

- American College of Sports Medicine (1986) Guidelines for exercise testing and prescription (3rd ed.) , Lea & Febiger, Philadelphia, pp.1~179.
- Allen, P.D. and Pandolf, K.B. (1977) Perceived exertion associated with breathing hyperoxic mixtures during submaximal work, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 9 (2) , 122~127.
- Arstila, M., Antilla, K., Wendelin, H., Vuori, I. and Valamaki, F. (1977) The effect of age and sex on the perception of effort during an exercise test with linear increase in heart rate, In Borg, G. (Ed.) , *Physical work and effort*, Pergamon Press, Oxford, pp.217~221.
- Astrand, P.O. and Rodahl, K. (1986) Body fluids, blood and circulation (Chapter 4) ~ Respiration (Chapter 5) , *Textbook of work physiology* (3rd ed.) , McGraw Hill, New York, pp.127~272.
- Atomi, Y., Iwaoka, K., Hatta, H., Miyashita, M. and Yamamoto, Y. (1986) Daily physical activity levels in preadolescent boys related to $\dot{V}O_{2max}$ and lactate threshold, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 55, 156~161.
- Bar-Or, O. (1977) Age-related changes in exercise prescription, In Borg, G. (Ed.) , *Physical work and effort*, Pergamon Press, Oxford, pp.255~266.
- Bar-Or, O. (1982) Physiologische Gesetzmässigkeiten sportlicher Aktivität beim Kind, In Howald, H. and Han, E. (Eds.) , *Kinder im Leistungssport*, Birkhauser, Basel, pp.18~30.
- Bar-Or, O. (1986) *Pediatric sports medicine for the practitioner from physiologic principles to clinical applications*, Springer-Verlag, New York, pp.1~376.
- Bar-Or, O., Skinner, J.S., Buskirk, E.R. and Borg, G. (1972) Physiological and perceptual indicators of physical stress in 41- to 60-year-old men who vary in conditioning level and in body fatness, *Med. Sci. Sports*, 4 (2) , 96~100.
- Birk, T.J. and Birk, C.A. (1987) Use of ratings of perceived exertion for exercise prescription, *Sports Med.*, 4, 1~8.
- Borg, G. (1961) Interindividual scaling and perception of muscular force, *Kungliga Fysiologiska Sällskapet i Lunds Förhandlingar*, 32, 117~125.
- Borg, G. (1962) Physical performance and perceived exertion, *Stud. Psychol. Paedagog. Ser. Altera, Investigationes XI*, Lund, Gleerup.
- Borg, G. (1970) Perceived exertion as an indicator of somatic stress, *Scand. J. Rehab. Med.*, 2~3, 92~98.
- Borg, G.A.V. (1973) Perceived exertion: a note on "history" and methods,

- Med. Sci. Sports, 5 (2) , 90~93.
- Borg, G. (1982) A category scale with ratio properties for intermodal and interindividual comparisons, In Geissler, H.G. and Petzold, P. (Eds.) , Psychophysical judgement and the process of perception, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin, pp.25~34.
- Borg, G. and Dahlstrom, H. (1960) The perception of muscular work, Umea Vetenskapliga Biblioteks Skriftserie, No5.
- Borg, G.A.V. and Linderholm, H. (1967) Perceived exertion and pulse rate during graded exercise in various age groups, Acta Med. Scand. Suppl., 472, 194~206.
- Borg, G. and Linderholm, H. (1970) Exercise performance and perceived exertion in patients with coronary insufficiency, arterial hypertension and vasoregulatory asthenia, Acta Med. Scand., 187, 17~26.
- Borg, G. and Noble, B.J. (1974) Perceived exertion, In Wilmore, J.H. (Ed.) , Exercise and sport sciences reviews vol.2, Academic Press, New York, pp.131~153.
- Borg, G., Ljunggren, G. and Ceci, R. (1985) The increase of perceived exertion, aches and pain in the legs heart rate and blood lactate during exercise on a bicycle, Eur. J. Appl. Physiol., 54, 343~349.
- Borg, G., Burg, M.V.D., Hassmen, P. Kaijser, L. and Tanaka, S. (1987a) Relationships between perceived exertion, HR and HLa in cycling, running and walking, Scand. J. Sports Sci., 9 (3) , 69~77.
- Borg, G., Hassmen, P. and Lagerstrom, M. (1987b) Perceived exertion related to heart rate and blood lactate, Eur. J. Appl. Physiol., 65, 679~685.
- Burdon, J.G.W., Killian, K.J. and Campbell, E.J.M. (1982) Effect of ventilatory drive on the perceived magnitude of added loads to breathing, J. Appl. Physiol., 53, 382~389.
- Burke, E.J. and Collins, M.L. (1984) Using perceived exertion for the prescription of exercise in healthy adults, In Cantu, R.C. (Ed.) , Clinical sports medicine, The Collamore Press, Lexington, pp.93~105.
- Burke, E.J. and Humphreys, J.L. (1982) Fit to exercise, Palham Books, London, pp.54~75.
- Burkhardt, J., Wilkinson, C., Butts, N.K., Kirkendall, D. and Seery, A. (1982) Effects of arm/leg training on ratings of perceived exertion, Med. Sci. Sports Exerc., 14, 158.
- Cafarelli, E. (1977) Peripheral and central inputs to the effort sense during cycling exercise, Eur. J. Appl. Physiol., 37, 181~189.
- Cafarelli, E. (1982) Peripheral contributions to the perception of effort, Med. Sci. Sports Exerc., 14 (5) , 382~389.

- Cafarelli, E. and Noble, B.J. (1976) The effect of inspired carbon dioxide on subjective estimates of exertion during exercise, *Ergonomics*, 19 (5), 581~589.
- Cafarelli, E., Cain, W.S. and Stevens, J.C. (1977) Effort of dynamic exercise: Influence of load, duration, and task, *Ergonomics*, 20 (2), 147~158.
- Campbell, E.J.M. (1966) The relationship of the sensation of breathlessness to the act of breathing, In Howell, J.B.L. and Campbell, E.J.M. (Eds.) *Breathlessness*, F.A. Davis Co., Philadelphia, pp.1~243.
- Carton, R.L. and Rhodes, E.C. (1985) A critical review of the literature on ratings scales for perceived exertion, *Sports Med.*, 2, 198~222.
- Carver, C.S., Coleman, A.E. and Glass, D.C. (1976) The coronary-prone behavior pattern and the suppression of fatigue on a treadmill test, *J. Person. Soc. Psychol.*, 4, 460~466.
- Ceci, R. and Hassmen, P. (1991) Self-monitored exercise at three different RPE-intensities in treadmill vs field running, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 23 (6), 732~738.
- Ceci, R. and Ueda, T. (1994) The 1-minute test. A short term ergometer test of aerobic-anaerobic capacity, *Reports from the Institute of Appl. Psychol.*, University of Stockholm, 790, 1~10.
- 崔泰羲 (1993) 運動強度からみた水泳指導法の実証的研究, 広島大学大学院教育学研究科博士学位論文, pp.1~307.
- Cooper, D.F., Grimby, G., Jones, D.A. and Edwards, R.H.T. (1979) Perception of effort in isometric and dynamic muscle contraction, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 41, 173~180.
- Craig, A.B.Jr. and Dvorak, K.M. (1966) Thermal regulation during water immersion, *J. Appl. Physiol.*, 21, 1577~1585.
- Davies, C.T.M. and Sargeant, A.J. (1979) The effects of atropine and practolol on the perception of exertion during treadmill exercise, *Ergonomics*, 22 (10), 1141~1146.
- Docktor, R. and Sharkey, B. (1971) Note on some physiological and subjective reactions to exercise and training, *Perceptual and Motor Skills*, 32, 233~234.
- Dunbar, C.C., Robertson, R.J., Baun, R., Bladin, M.F., Metz, K., Burdett, R. and Goss, F.L. (1992) The validity of regulating exercise intensity by ratings of perceived exertion, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 24 (1), 94~99.
- Edwards, R.H.T., Melcher, A., Hesser, C.M., Wigertz, O. and Ekelund, L.G. (1972) Physiological correlates of perceived exertion in continuous and intermittent exercise with the same average power output, *Eur. J. Clin.*

- Investigation, 2, 108~114.
- Ekblom, B. and Goldbarg, A.N. (1971) The influence of physical training and other factors on the subjective rating of perceived exertion, *Acta Physiol. Scand.*, 83, 399~406.
- Ekblom, B., Lovegren, O., Alderin, M., Fridstrom, M. and Satterstrom, G. (1975) Effect of short-term physical training on patients with rheumatoid arthritis I, *Scand. J. Rheumatology*, 4, 80~86.
- Eriksson, B.O. (1972) Physical training, oxygen supply and muscle metabolism in 11-13 year old boys, *Acta Physiol. Scand. Suppl.*, 384.
- Eston, R.G., Davies, B.L. and Williams, J.G. (1987) Use of perceived effort ratings to control exercise intensity in young healthy adults, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 56, 222~224.
- Gaisal, G. and Buchberger, T. (1980) Determination of the aerobic and anaerobic thresholds of 10-11-year-old boys using blood-gas analysis, In Berg, K. and Eriksson, B.O. (Eds.) *Children and exercise IX*, University Park Press, Baltimore, pp.93~98.
- Gamberale, F. (1972) Perceived exertion, heart rate, oxygen uptake and blood lactate in different work operations, *Ergonomics*, 15 (5), 545~554.
- Glass, S.C., Whaley, M.H. and Wegner, M.S. (1991) Ratings of perceived exertion among standard treadmill protocols and steady state running, *Int. J. Sports Med.*, 12, 77~82.
- 合屋十四秋 (1986) 水泳授業時の心拍数変動と時間泳による運動処方への検討, *デサントスポーツ科学*, 6, 203~213.
- Hassmen, P. (1990) Perceptual and physiological responses to cycling and running in groups of trained and untrained subjects, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 60, 445~451.
- Hassmen, P., Stahl, R. and Borg, G. (1993) Psychophysiological responses to exercise in type A/B men, *Psychosomatic Med.*, 55, 178~184.
- Henriksson, J., Knuttgen, H.G. and Bonde-Petersen, F. (1972) Perceived exertion during with concentric and eccentric muscle contractions, *Ergonomics*, 15 (5), 537~544.
- Holmer, I. (1974) Physiology of swimming man, *Acta Physiol. Scand. Suppl.*, 407.
- Holmer, I. and Bergh, U. (1974) Metabolic and thermal responses to swimming in water at varying temperature, *J. Appl. Physiol.*, 37, 702~705.
- Holmer, I., Stein, E.M., Saltin, B., Ekblom, B. and Astrand, P.-O. (1974) Hemodynamic and respiratory responses compared in swimming and running, *J. Appl. Physiol.*, 37 (1), 49~54.
- Hong, S.K., Lee, C.K., Kim, J.K., Song, S.H. and Rennie, D.W. (1969)

- Peripheral blood flow and heart flux of Korean woman divers, *Fed. Proc.*, 28, 1143~1148.
- Horstman, D.H. (1977) Exercise performance at 5 degree C, *Med. Sci. Sports (Abstract)*, 9, 52.
- Horstman, D.H., Morgan, W.P., Cymerman, A. and Stokes, J. (1979a) Perception of effort during constant work to self-imposed exhaustion, *Perceptual and Motor Skills*, 48, 1111~1126.
- Horstman, D.H., Weiskopf, R. and Robinson, S. (1979b) The nature of the perception of effort at sea level and high altitude, *Med. Sci. Sports*, 11 (2), 150~154.
- 石原俊樹, 宮下充正 (1982) 有酸素性作業能力向上のための水中運動の検討, *J. J. Sports Sci.*, 1 (4), 325~328.
- 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.
- Kamon, E., Pandolf, K. and Cafarelli, E. (1974) The relationship between perceptual information and physiological responses to exercise in the heat, *J. Human Ergol.*, 3, 45~54.
- Kay, C. and Shephard, R.J. (1969) On muscle strength and the threshold of anaerobic work, *International Zeitschrift fur angewandte Physiologie einschliesslich Arbeitsphysiologie*, 27, 311~328.
- Kilbom, A. (1971) Physical training in women, *Scand. J. Clin. Laboratory Investigation*, 28 (Suppl. 119), pp.1~34.
- Killian, K., Bucens, D. and Campbell, E. (1982) Effect of breathing patterns on the perceived magnitude of added loads to breathing, *J. Appl. Physiol.*, 52, 578~584.
- Kinsman, R.A. and Weiser, P.C. (1976) Subjective symptomatology during work and fatigue, In Simonson, E. and Weiser, P.C. (Eds.), *Psychological aspects and physiological correlates of work and fatigue*, C.C.Thomas, Springfield, pp.336~405.
- Klausen, K., Rasmussen, B., Clausen, J.P. and Trap-Jensen, J. (1972) Blood lactate from exercising extremities before and after arm or leg training, *Am. J. Physiol.*, 227, 67~72.
- Knuttgén, H.G., Nordesjö, L.O., Ollander, B. and Saltin, B. (1973) Physical conditioning through interval training with young male adults, *Med. Sci. Sports*, 5, 220~226.
- Knuttgén, H.G., Nadel, E.R., Pandolf, K.B. and Patton, J.F. (1982) Effects of training with eccentric muscle contractions on exercise performance, energy expenditure and body temperature, *Int. J. Sports Med.*, 3, 13~17.
- Koltyn, K.F., O'Connor, P.J. and Mogan, W.P. (1990) Perception of effort in female and male competitive swimmers, *Int. J. Sports Med.*, 12, 427~429.

- Kostka, C.E. and Cafarelli, E. (1982) Effect of pH on sensation and vastus lateralis EMG during cycling exercise, *J. Appl. Physiol.*, 52, 1181~1185.
- 黒川隆志 (1984) 水中運動の循環反応, *体育の科学*, 34, 510~517.
- 黒川隆志 (1988) 児童の水泳時心拍数-酸素摂取量関係に及ぼす水温の影響, *デサントスポーツ科学*, 9, 158~165.
- 黒川隆志, 上田毅 (1986) 水泳時の心拍数-酸素摂取量関係に及ぼす水温の影響, *体力科学*, 35 (6), 304.
- 黒川隆志, 上田毅 (1989) 水泳トレーニング中の心拍数と主観的運動強度に及ぼす泳力の影響, *生涯スポーツに関する総合的研究*, 85~95.
- 黒川隆志, 野村武男, 富樫泰一, 池上晴夫 (1984) 水泳, ランニング, およびペダリングにおける水泳選手の呼吸循環系の反応, *体力科学*, 33, 157~170.
- Kurokawa, T. and Ueda, T. (1992) Validity of ratings of perceived exertion as an index of exercise intensity in swimming training, *Ann. Physiol. Anthropol.*, 11 (3), 277~288.
- Lewis, S., Thompson, P., Areskog, N.H., Vodak, P., Marconyak, M., Debusk, R., Mellen, S. and Haskell, W. (1980) Transfer effects of endurance training to exercise with untrained limbs, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 44, 25~34.
- Linderholm, H. (1967) Experience from training of conscripts, *Forsvars-Medicine*, 3, 188~191.
- Lollgen, H., Ulmer, H., Gross, R., Wilbert, G. and Niedling, G. (1975) Methodological aspects of perceived exertion rating and its relation to pedalling rate and rotating mass, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 34, 205~215.
- Lollgen, H., Ulmer, H.V. and Niedling, G.V. (1977) Heart rate and perceptual responses to exercise with different pedalling speed in normal subjects and patients, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 37, 297~304.
- Lollgen, H., Grahame, T. and Sjogaard, G. (1980) Muscle metabolites, force and perceived exertion bicycling at various pedal rates, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 12, 345~351.
- Mahon, A.D. and Marsh, M.L. (1992) Reliability of the rating of perceived exertion at ventilatory threshold in children, *Int. J. Sports Med.*, 13 (8), 567~571.
- 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.
- McArdle, W.D., Glaser, R.M. and Magel, J.R. (1971) Metabolic and cardiorespiratory responses during free swimming and treadmill walking, *J. Appl. Physiol.*, 30, 85~90.
- McArdle, W.D., Magel, J.R., Lesmes, G.R. and Pechar, G.S. (1976) Metabolic

- and cardiovascular adjustment to work in air and water at 18, 25, and 32 °C, *J. Appl. Physiol.*, 40, 733~738.
- Michael, E.D. and Eckardt, L. (1972) The selection of hard work by trained and non-trained subjects, *Med. Sci. Sports*, 4, 107~110.
- Mihevic, P.M. (1981) Sensory cues for perceived exertion: a review, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 13 (3), 150~163.
- Mihevic, P.M. (1983) Cardiovascular fitness and psychophysics of perceived exertion, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 53 (3), 239~246.
- Mihevic, P.M., Byrnes, W.C. and Horvath, S.M. (1982) Perceived exertion and selected physiological responses during bicycle exercise under hyperoxic conditions (Abstract), *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14, 157.
- 宮下充正, 小野寺孝一 (1978) 水泳におけるRating of perceived exertion, *体育科学*, 6, 96~99.
- 宮下充正, 小野寺孝一, 跡見順子 (1977) 長時間運動におけるRating of perceived exertionと生理的応答との対応関係およびそのトレーニングに伴う変化, *体育科学*, 5, 83~88.
- Miyashita, M., Onodera, K., Tabata, I. (1985) How Borg's RPE-scale has been applied to Japanese, In Borg, G. and Ottoson, D. (Eds.), *The perception of exertion in physical work*, Pergamon Press, Oxford, pp.27~34.
- 文部省 (1989a) 高等学校学習指導要領解説, 東山書房, 東京, 11~12.
- 文部省 (1989b) 小学校指導書, 東洋館出版社, 3版, 東京, 8~11.
- 文部省 (1989c) 中学校指導書, 大日本図書株式会社, 東京, 10~11.
- Morgan, W.P. (1973) Psychological factors influencing perceived exertion, *Med. Sci. Sports*, 5 (2), 97~103.
- Morgan, W.P. (1981) Psychophysiology of self-awareness during vigorous physical activity, *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 52 (3), 385~427.
- Morgan, W.P. (1994) Psychological components of effort sense, *Med. Sci. Sports Exec.*, 26 (9), 1071~1077.
- Morgan, W.P. and Costill, D.L. (1972) Psychological characteristics of the marathon runner, *J. Sports Med. Phy. Fitness*, 12, 42~46.
- Morgan, W.P. and Pollock, M.L. (1977) Psychological characterization of the elite distance runner, *Ann. N. Y. Acad. Sci.*, 301, 382~403.
- Morgan, W.P., Raven, P.B., Drinkwater, B.L. and Horvath, S.M. (1973) Perceptual and metabolic responsivity to standard bicycle ergometry following various hypnotic suggestions, *Int. J. Clin. Experimental Hypn.*, 21, 86~101.
- Morgan, W.P., Hirata, K., Weitz, G.A. and Balke, B. (1976) Hypnotic

- perturbation of perceived exertion: ventilatory consequences, *Am. J. Clin. Hypn.*, 189, 182~190.
- Nadel, E.R., Holmer, I., Bergh, U., Astrand, P.-O. and Stolwijk, J.A.J. (1974) Energy exchanges of swimming man, *J. Appl. Physiol.*, 36, 465~471.
- 長嶺晋吉, 山川喜久江, 磯部しづ子, 一之瀬幸男, 加賀綾子 (1974) 小・中学生の体密度と体構成に関する研究, *栄養誌*, 32, 247~252.
- Noble, B.J. (1982) Clinical applications of perceived exertion, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14 (5), 406~411.
- Noble, B.J., Metz, K.F., Pandolf, K.B. and Cafarelli, E. (1973) Perceptual responses to exercise: a multiple regression study, *Med. Sci. Sports*, 5 (2), 104~109.
- Noble, B.J., Maresh, C.M. and Ritchey, M. (1981) Comparison of exercise sensations between females and males, In Borms, J., Hebbelinck, M. and Venerando, A. (Eds.), *Women and sport*, S. Karger, Basel, pp.175~179.
- Noble, B.J., Borg, G.A.V., Jacobs, I.J., Ceci, R. and Kaiser, P. (1983) A category-ratio perceived exertion scale: relationship blood and muscle lactates and heart rate, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 15 (6), 523~528.
- 小野寺孝一, 宮下充正 (1976) 全身持久性運動における主観的運動強度と客観的運動強度の対応性—Rating of perceived exertionの観点から—, *体育学研究*, 21, 191~203.
- Pandolf, K.B. (1977) Psychological and physiological factors influencing perceived exertion, In Borg, G. (Ed.), *Physical work and effort*, Pergmon Press, Oxford, pp.371~383.
- Pandolf, K.B. (1978) Influence of local and central factors in dominating rated perceived exertion during physical work, *Perceptual and Motor Skills*, 46, 683~698.
- Pandolf, K.B. (1982) Differentiated ratings of perceived exertion during physical exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14 (5), 397~405.
- Pandolf, K.B. and Noble, B.J. (1973) The effect of pedalling speed and resistance changes on perceived exertion for equivalent power outputs on the bicycle ergometer, *Med. Sci. Sports*, 5, 132~136.
- Pandolf, K.B., Cafarelli, E., Noble, B.J. and Metz, K.F. (1972) Perceptual responses during prolonged work, *Perceptual and Motor Skills*, 35, 975~985.
- Pandolf, K.B., Bruse, R.L. and Goldman, R.F. (1975) Differentiated ratings of perceived exertion during physical conditioning of older individuals using leg-weight loading, *Perceptual and Motor Skills*, 40, 563~574.
- Pandolf, K.B., Kamon, E. and Noble, B.J. (1978) Perceived exertion and

- physiological responses during negative and positive work in climbing a laddermill, *J. Sports Med. Physical Fitness*, 18, 227~236.
- Patton, J.F., Morgan, W.P. and Vogel, J.A. (1977) Perceived exertion of absolute work during a military physical training programme, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 36, 107~114.
- Pederson, P.K. and Welch, H.G. (1977) Oxygen breathing, selected physiological variables and perception of effort during sub-maximal exercise, In Borg, G. (Ed.), *Physical work and effort*, Pergmon Press, Oxford, pp.385~399.
- Purvis, J.W. and Cureton, K.J. (1981) Ratings of perceived exertion at the anaerobic threshold, *Ergonomics*, 24 (4) , 295~300.
- Rejeski, W.J. (1981) The perception of effort: A social psychological integration, *J. Sport Psychol.*, 4, 305~320.
- Ridge, B.R., Pykes, F.S., Roberts, A.D. (1976) Responses to kayak ergometer performance after kayak and bicycle ergometer training, *Med. Sci. Sports*, 8, 18~22.
- Robertson, R.J. (1982) Central signals of perceived exertion during dynamic exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14 (5) , 390~396.
- Robertson, R.J., Gillespie, R.L., Hiatt, E.H. and Rose, K.D. (1977) Perceived exertion and stimulus intensity modulation, *Perceptual and Motor Skills*, 45, 211~218.
- Robertson, R.J., Gillespie, R.L., McCarthy, J. and Rose, K.D. (1979a) Differentiated perceptions of exertion: Part I. Mode of integration of regional signals, *Perceptual and Motor Skills*, 49, 683~689.
- Robertson, R.J., Gillespie, R.L., McCarthy, J. and Rose, K.D. (1979b) Differentiated perceptions of exercise: Part II. Relationship to local and central physiological responses, *Perceptual and Motor Skills*, 49, 691~697.
- Robertson, R., Gilcher, R., Metz, K., Caspersen, C., Abbott, A., Allison, T., Skrinar, G., Werner, K., Zelicoff, S. and Krause, J. (1979c) Central circulation and work capacity after red blood cell reinfusion under normoxia and hypoxia in women (Abstract) , *Med. Sci. Sports*, 11, 98.
- Robertson, R.J., Caspersen, C.J., Allison, T.G., Skrinar, G.S., Abbot, R.A. and Metz, K.F. (1982a) Differentiated perceptions of exertion and energy cost of young women while carrying loads, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 49, 69~78.
- Robertson, R.J., Falker, J.E., Drash, A.L., Spungen, S.A., Metz, K.F., Swank, A.M. and Leboeuf, J.R. (1982b) Effect of induced alkalosis on differentiated perceptions of exertion during arm and leg ergometry,

- Med. Sci. Sports Exerc. (Abstract) , 14, 158.
- Robertson, R.J., Falkel, J.E., Drash, A.L., Swank, A.M., Metz, K.F., Spungen, S.A. and Leboeuf, J.R. (1986) Effect of blood pH on peripheral and central signals of perceived exertion, Med. Sci. Sports Exerc., 18 (1) , 114~122.
- Robertson, R.J., Nixon, P.A., Caspersen, C.J., Metz, K.F., Abbott, R.A. and Goss, F.L. (1992) Abatement of exertional perceptions following dynamic exercise: physiological mediators, Med. Sci. Sports Exerc., 24 (3) , 346~353.
- Ryan, E. and Foister, R. (1967) Athletic participation and perceptual augmentation and reduction, J. Personality and Social Psychol., 6, 472~476.
- Sady, S.P., Savage, M.P., Thomson, W.H. and Petratis, M.M. (1983) The reliability of the $\dot{V}O_2$ -HR relation during graded treadmill exercise in prepubertal boys and adult men, Research Quarterly for Exercise and Sport, 54, 302~304.
- Sargeant, A.J. and Davis, C.T.M. (1973) Perceived exertion during rhythmic exercise involving different muscle masses, J. Human Ergology, 2, 3~11.
- Scholander, P.F. (1961/1962) Physiological adaptation to diving in animals and man, Harvey Lecture Ser., 57, 93~110.
- Shephard, R.J., Vandewalle, H., Gil, V., Bouhlef, E. and Monod, H. (1992) Respiratory, muscular, and overall perceptions of effort: the influence of hypoxia and muscle mass, Med. Sci. Sports Exerc., 24 (5) , 556~567.
- Shilling, C.W., Werts, M.F. and Schandelmeier, N.R. (Eds.) (1976) The underwater handbook, Pleum Press, New York, pp.135~150.
- Sidney, K.H. and Shephard, R.J. (1977) Perception of exertion in the elderly, effects of aging, mode of exercise and physical training, Perceptual and Motor Skills, 44, 999~1010.
- Skinner, J.S., Borg, G. and Buskirk, E.R. (1969) Physiological and perceptual reactions to exertion of young men differing in activity and body size, In Franks, B.D. (Ed.) , Exercise and fitness, Athletic Institute, Chicago, pp.53~66.
- Skinner, J.S., Hutsler, R., Bergsteinova, V. and Buskirk, E.R. (1973a) Perception of effort during different types of exercise and under different environmental conditions, Med. Sci. Sports, 5 (2) , 110~115.
- Skinner, J.S., Hutsler, R., Bergsteinova, V. and Buskirk, E.R. (1973b) The validity and reliability of a rating scale of perceived exertion, Med. Sci. Sports, 5, 94~96.
- Skrinar, G.S., Ingram, S.P. and Pandolf, K.B. (1983) Effect of endurance

- training on perceived exertion and stress hormones in women, *Perceptual and Motor Skills*, 57, 1239~1250.
- Smutek, M.A., Skrinar, G.S., Pandolf, K.B. (1980) Exercise intensity: Subjective regulation by perceived exertion, *Arch. Phys. Med. Rehab.*, 61, 569~574.
- Snedecor, G.W. and Cochran, W.G. (1989) *Multiple linear regression, Statistical methods* (8th ed.), Iowa State University Press, Iowa, pp.333~373.
- Stamford, B.A. (1976) Validity and reliability of subjective ratings of perceived exertion during work, *Ergonomics*, 19 (1), 53~60.
- Stamford, B.A. and Noble, B.J. (1974) Metabolic cost and perception of effort during bicycle ergometer work performance, *Med. Sci. Sports*, 6 (4), 226~231.
- 鈴木慎次郎 (1973) 運動処方専門委員会初年度研究概要, *体育科学*, 1, 1~4.
- Takeshima, N., Kobayashi, F., Sumi, K., Watanabe, T. and Kato, T. (1988) The effectiveness of the level of exercise in rating of perceived exertion (RPE) method for senior citizens, *Jpn. J. Phys. Fitness Sports Med.*, 37, 254~262.
- 田中宏暁, 進藤宗洋, 志波和美, 小野敏郎, 梶山彦三郎, 粕井勇次 (1981) 血中乳酸濃度と走行スピードとの関係について9歳男児と成人の比較, *体育科学*, 9, 27~33.
- 東京都立大学身体適性学研究室 (1980) 日本人の体力標準値, 第3版, 不味堂, 東京, pp.70~76.
- 上田毅 (1988) 有酸素能力の改善を目指した水泳授業の実験的研究 -心拍数と主観的運動強度を用いた水泳授業の運動強度の分析-, 昭和62年度広島大学大学院教育学研究科修士論文, pp.1~93.
- Ueda, T. and Kurokawa, T. (1991) Validity of heart rate and ratings of perceived exertion as indices of exercise intensity in a group of children while swimming, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 63 (3-4), 200~204.
- Ueda, T. and Kurokawa, T. (1995) Relationships between perceived exertion and physiological variables while swimming, *Int. J. Sports Med.*, 16 (6), 387~391.
- 上田毅, 黒川隆志, 石川博子 (1991) 小学生の水泳授業における運動強度の指標としての主観的運動強度の有効性, *広島大学教育学部紀要*, 第2部, 第40号, 163~168.
- Ueda, T., Kurokawa, T., Kikkawa, K. and Choi, T.H. (1993) Contribution of differentiated ratings of perceived exertion to overall exertion in women while swimming, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 66 (3), 196~201.
- 上田毅, 崔泰義, 黒川隆志 (1994a) 児童の異なる水温下での水泳における主観的運

- 動強度の検討, *Ann. Physiol. Anthropol.*, 13 (1), 23~31頁.
- 上田毅, 小松啓子, 千葉宏一, 山岸稔 (1994b) 肥満男児における運動負荷試験時の主観的運動強度の検討, *福岡県立大学紀要*, 2 (2), 44~50.
- 上田毅, 小松啓子, 千葉宏一 (1995) 肥満児の主観的運動強度の検討, 第15回日本肥満学会記録, 143~145.
- 涌井忠昭, 高橋繁浩, 北川薫, 石河利寛 (1987) 水泳および水中歩行における運動強度の指標としての心拍数, 運動スピード, 主観的運動強度の有効性, *東海体育学研究*, 9, 1~9.
- Wasserman, K. (1978) Breathing during exercise, *N. Engl. J. Med.* 298, 780~785.
- Winborn, M.D., Meyers, A.W. and Mulling, C. (1988) The effects of gender and experience on perceived exertion, *J. Sport Exerc. Psychol.*, 10, 22~31.
- Wolkove, N., Altose, M.D., Kelsen, S.G., Kondapalli, P.G. and Cherniack, N.S. (1981) Perception of changes in breathing in normal human subjects, *J. Appl. Physiol.*, 50 (1), 78~83.
- 山地啓司, 細川賢照, 吉井隆浩, 西田康弘, 松島由美子 (1984) 触診法および聴診法による心拍数測定信頼度について, *体育の科学*, 34, 113~117.
- Young, A.J., Cymerman, A. and Pandolf, K.B. (1982) Differentiated ratings of perceived exertion are influenced by high altitude exposure, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 14 (3), 223~228.

謝辞

本論文が完成に至るまでには約10年間の歳月が流れた。この間、さまざまな方にご指導、ご援助を賜わった。

はじめに、指導教官の黒川隆志助教授には水泳における主観的運動強度という研究課題に私を導いて頂いた。しかも大変あたたかく、始終懇篤な指導を賜わった。

また、広島大学教育学部の西村清巳教授には主査として、稲水惇教授、坂手照憲教授、渡部和彦教授、利島保教授、武村重和教授には審査委員として、松岡重信教授、江刺幸正教授、松尾千秋助教授、樋口聡助教授、草間益良夫助教授、沖原謙講師および広島県立大学の吉川和利教授、和歌山大学の吉原博之教授には本論文の作成にあたって多大な助言を頂いた。

ストックホルム大学留学中、G. Borg教授およびその研究室に在籍していた諸氏には、慣れない生活への援助とともに研究対象に対する有用な助言を頂いた。

昭和60年～平成4年に黒川研究室に在籍した卒論生および大学院生であった済州教育大学の崔泰羲氏、崔勝旭氏、胡泰志氏には実験やデータ整理の手伝いで多大な援助を頂いた。

さらに三和町水泳教室および広島大学子ども水泳教室に参加した小学生、天満屋スイミングの小学生、広島大学教育学部体育科学生、広島大学水泳部員、プリアールスイミングの中高年者の方々には被検者として本研究に協力していただいた。

これら多くの人々から受けたご指導とご援助に対して改めて心より感謝の意を表したい。

表1-1. Ratings of Perceived Exertion (RPE) - 主観的
運動強度。表頭数字はRergの単位、日本語表示は
小野寺と宮下(1998)の訳語による

20		
19	Very, very hard	非常にきつい
18		
17	Very hard	かなりきつい
16		
15	Hard	きつい
14		
13		
12	Very hard	かなりきつい
11	Hard	きつい
10	Very hard	かなりきつい
9		
8	Very, very light	非常に楽である
7		
6	Very, very light	非常に楽である
5		
4		
3		
2		
1		

表1-1～表3-9 (pp. 99～121)

図1-1～図3-21 (pp. 122～168)

表1-1 Ratings of Perceived Exertion (RPE) : 主観的運動強度. 英語表示はBorgの原法, 日本語表示は小野寺と宮下の日本語訳による.

20		
19	Very, very hard	非常にきつい
18		
17	Very hard	かなりきつい
16		
15	Hard	きつい
14		
13	Somewhat hard	ややきつい
12		
11	Fairly light	楽である
10		
9	Very light	かなり楽である
8		
7	Very, very light	非常に楽である
6		

表1-2 RPEに及ぼすトレニングの影響に関する報告

著者	性	人数	年齢 (yrs)	活動の程度/ 身体的特徴	$\dot{V}O_{2max}$	トレーニングの内容	効果
Docktor and Sharky (1971)	♂	5	大学生	競技者でない	—	持続トレニング (トレッドミル歩行) 180拍/分のHRに至るまでの トレニング×3回/週×5週間	運動時間↑, 運動強度↑ RPE→
Ekblom and Goldbarg (1971)	♂	8	24	—	2.90 l/分	持続トレニング (野外のクロスカントリール走) 強度不明×45~75分× 5~7日/週×8週間	$\dot{V}O_{2max}$ ↑ 最大下: $\dot{V}O_2$ ↓, HR↓, RPE↓, HLa↓
Kilbom (1971)	♀	12	23.7	軽い喘息	36.8 ml/kg/分	持続トレニング (自転車エルゴメーター作業) 70% $\dot{V}O_{2max}$ ×17.6分× 2.3回/週×7.8週間	$\dot{V}O_{2max}$ ↑ 最大下: HR↓, RPE↓
	♀	8	44.0	甲状腺機能低下症	31.0 ml/kg/分	持続トレニング (自転車エルゴメーター作業) 70% $\dot{V}O_{2max}$ ×16.4分× 2.5回/週×6.6週間	$\dot{V}O_{2max}$ ↑ 最大下: HR↓, RPE↓

注) ↑:増加, ↓:減少, →:変化なし.

表1-2の続き (その1)

著者	性	人数	年齢 (yrs)	活動の程度/ 身体的特徴	$\dot{V}O_{2max}$	トレーニングの内容	効果
Kilbom (1971) の続き	♀	13	56.4	高血圧	26.9 ml/kg/分	持続トレニング (自転車エルゴメーター作業) $70\% \dot{V}O_{2max} \times 17.5分 \times$ 2.4回/週 $\times 7.4週間$	$\dot{V}O_{2max} \uparrow$ 最大下: HR ↓, RPE ↓
Kilbom (1971)	♀	10	34.6	座業 不活発	33.9 ml/kg/分	持続トレニング (自転車エルゴメーター作業) $50 \sim 60\% \dot{V}O_{2max} \times 18分 \times$ 3回/週 $\times 6週間$	$\dot{V}O_{2max} \uparrow$ 最大下: HR ↓, RPE ↓
	♀	10	28.1	座業 不活発	34.5 ml/kg/分	持続トレニング (歩行) $50 \sim 60\% \dot{V}O_{2max} \times 30分 \times$ 3回/週 $\times 6週間$	$\dot{V}O_{2max} \rightarrow$ 最大下: HR ↓, RPE \rightarrow

注) ↑: 増加, ↓: 減少, →: 変化なし.

表1-2の続き (その2)

著者	性	人数	年齢 (yrs)	活動の程度/ 身体的特徴	$\dot{V}O_{2max}$	トレーニングの内容	効果
Knuttgen et al. (1973)	♂	20	20.6	軍人	45.8 ml/kg/分	インターバルトレーニング (15秒走+3分休息) × 15分 × 3回/週 × 2ヵ月	$\dot{V}O_{2max}$ ↑ 最大下: $\dot{V}O_2$ ↓, HR ↓, RPE ↓
	♂	9	20.2	軍人	43.1 ml/kg/分	インターバルトレーニング (3分走+3分休息) × 15分 × 3回/週 × 2ヵ月	$\dot{V}O_{2max}$ ↑ 最大下: $\dot{V}O_2$ ↓, HR ↓, RPE ↓
	♂	8	20.6	軍人	46.4 ml/kg/分	インターバルトレーニング (3分走+3分休息) × 15分 × 5回/週 × 1ヵ月	$\dot{V}O_{2max}$ ↑ 最大下: $\dot{V}O_2$ ↓, HR ↓, RPE ↓
Ekblom et al. (1975)	—	23	—	リューマチ患者	1.22 l/分	インターバルトレーニング (自転車エルゴメーター作業) 50~70% $\dot{V}max$ × (3~5分運動+3~5分休息) × 2~5回のインターバル × 20~40分 × 1回/日 × 5週間	$\dot{V}max$ ↑, $\dot{V}O_{2max}$ ↑, HRmax ↑, HLamax ↑, RPEmax → 最大下: $\dot{V}O_2$ ↓, HR ↓, RPE ↓
Pandolf et al. (1975)	♂	8	38.4	座業	—	アンクルスバツを常時着用 1. 5kg/足首を装着 × 3週間 2. 25kg/足首を装着 × 3週間	最大下: $\dot{V}O_2$ ↓, HR ↓, RPE ↓

注) ↑: 増加, ↓: 減少, →: 変化なし.

表1-2の続き (その3)

著者	性	人数	年齢 (yrs)	活動の程度/ 身体的特徴	$\dot{V}O_{2max}$	トレーニングの内容	効果
宮下ら (1977)	♀	7	41.9	座業	23.4 ml/kg/分	持続トレニング (自転車エルゴメーター作業) $60\% \dot{V}O_{2max} \times 60 \sim 90$ 分 \times 4~5回/週 \times 10週間	$\dot{V}O_{2max}$ ↑ 最大下: HR ↓, RPE ↓
Patton et al. (1977)	♂	—	21.7	軍人	47.9 ml/kg/分	持続トレニング (走行) 9.7~12.9km/時 \times 3.2~6.4km \times 6ヵ月 持続トレニング (走行) 9.7~12.9km/時 \times 3.2~6.4km \times 11ヵ月	$\dot{V}O_{2max}$ ↑ 最大下: $\dot{V}O_2$ ↓, HR ↓, RPE ↓
Sidney and Shephard (1977)	♂	11	65.2	—	21.2 ml/kg/分	持続トレニング 120拍/分のHR \times 34週間	$\dot{V}O_{2max}$ ↑ 最大下: HR ↓, RPE →
	♀	10	64.8	—	22.4 ml/kg/分	持続トレニング 120拍/分のHR \times 34週間	$\dot{V}O_{2max}$ ↑ 最大下: HR →, RPE →
		合計60名					

注) ↑: 増加, ↓: 減少, →: 変化なし.

表1-2の続き (その4)

著者	性	人数	年齢 (yrs)	活動の程度/ 身体的特徴	$\dot{V}O_{2max}$	トレーニングの内容	効果
Lewis et al. (1980)	♂	5	20	腕トレーニング群	—	持続トレーニング (腕エルゴメーター作業) 75~80% $\dot{V}O_{2max}$ × 30分 × 4回/週 × 11週間	腕テスト $\dot{V}O_{2max}$ ↑, HRmax →, RPEmax → 最大下: $\dot{V}O_2$ ↓, HR ↓, RPE ↓ 脚テスト $\dot{V}O_{2max}$ →, HRmax ↓, RPEmax → 最大下: $\dot{V}O_2$ ↓, HR ↓, RPE →
	♂	5	22	脚トレーニング群	—	持続トレーニング (自転車エルゴメーター作業) 75~80% $\dot{V}O_{2max}$ × 30分 × 4回/週 × 11週間	腕テスト $\dot{V}O_{2max}$ ↑, HRmax →, RPEmax → 最大下: $\dot{V}O_2$ →, HR ↓, RPE → 脚テスト $\dot{V}O_{2max}$ ↑, HRmax →, RPEmax → 最大下: $\dot{V}O_2$ →, HR ↓, RPE ↓
Burkhardt et al. (1982)	♀	9	大学生	腕トレーニング群	—	50% $\dot{V}O_{2max}$ × 21セッション	腕テスト 最大下: $\dot{V}O_2$ ↓, HR ↓, RPE ↓ 脚テスト 最大下: $\dot{V}O_2$ ↓, HR ↓, RPE →
	♀	9	大学生	脚トレーニング群	—	50% $\dot{V}O_{2max}$ × 21セッション	腕テスト 最大下: $\dot{V}O_2$ ↓, HR ↓, RPE → 脚テスト 最大下: $\dot{V}O_2$ ↓, HR ↓, RPE ↓

注) ↑: 増加, ↓: 減少, →: 変化なし.

表1-2の続き (その5)

著者	性	人数	年齢 (yrs)	活動の程度/ 身体的特徴	$\dot{V}O_{2max}$	トレーニングの内容	効果
Knuttigen et al. (1982)	♂	6	29	—	37.2 ml/kg/分	伸長性筋収縮 60分×2.4~3.0回/週× 5週間	最大下伸長性筋収縮テスト $\dot{V}O_2$ ↓, HR↓, RPE↓
Skrinar et al. (1983)	♀	15	20~23	—	41.2 ml/kg/分	持続トレーニング (ランニング) 70~80% $\dot{V}O_{2max}$ × 20~50マイル× 1回/2日×6~8週間	$\dot{V}O_{2max}$ ↑ 最大下: 末梢性の部分RPE→, 中枢性の部分RPE↓, 全身のRPE↓

注) ↑: 増加, ↓: 減少, →: 変化なし.

表2-1 男子児童群の年齢, 身長, 体重, 最大酸素摂取量および水泳記録

被検者	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	$\dot{V}O_{2max}$ (l/min)	$\dot{V}O_{2max}/WT$ (ml/kg/min)	水泳記録 (sec)	
						50mクロール	50m平泳ぎ
1	11.0	141.3	34.7	1.89	54.4	42.0	54.5
2	11.6	147.6	37.0	2.06	55.7	36.8	51.0
3	10.2	137.4	32.5	1.62	49.8	40.5	58.0
4	11.0	144.2	39.5	1.63	41.3	39.0	55.0
5	12.5	157.7	42.5	2.45	57.6	35.7	42.5
6	11.9	150.1	39.5	2.07	52.4	37.2	48.5
\bar{x}	11.4	146.4	37.6	1.95	51.9	38.5	51.6
σ	0.7	6.5	3.3	0.29	5.3	2.2	5.1

表2-2 男子体育専攻学生群の年齢, 身長, 体重, 最大酸素摂取量および水泳記録

被検者	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	$\dot{V}O_{2max}$ (l/min)	$\dot{V}O_{2max}/WT$ (ml/kg/min)	水泳記録 (min:sec)	
						100m	1000m
1	20.5	181.5	77.0	3.80	49.4	2:28.6	2:06.8
2	21.2	170.0	61.0	2.97	48.7	1:16.6	1:34.6
3	20.3	163.0	57.5	2.94	51.1	1:18.6	1:35.3
4	20.8	179.7	68.0	2.75	40.4	1:13.3	1:32.3
5	27.5	170.0	73.5	2.50	34.0	1:30.0	1:47.0
6	28.5	178.0	74.0	3.53	47.7	1:01.8	1:15.6
\bar{x}	23.1	173.7	68.5	3.08	45.2	1:28.2	1:38.6
σ	3.8	7.2	7.8	0.49	6.6	31.0	17.1

表2-3 女子体育専攻学生群の年齢, 身長, 体重, 最大酸素摂取量および水泳記録

被検者	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	$\dot{V}O_{2max}$ (l/min)	$\dot{V}O_{2max}/WT$ (ml/kg/min)	水泳記録 (min:sec)	
						100mクロール	100m平泳ぎ
1	20.2	158.0	55.0	2.42	44.0	1:24.1	1:39.5
2	21.8	157.2	52.0	1.91	36.7	1:10.1	1:30.3
3	19.9	157.0	53.5	2.22	41.5	1:02.7	1:38.2
4	20.7	164.5	62.0	2.80	45.2	2:11.8	2:32.3
5	20.6	165.1	52.5	1.90	36.2	1:59.6	2:14.7
6	20.7	158.7	53.5	2.29	42.8	2:06.3	2:22.2
7	19.9	163.0	52.5	1.68	32.0	2:01.5	2:01.4
8	19.8	154.7	44.2	1.80	40.7	2:01.6	2:00.0
9	19.9	152.0	47.0	2.17	46.2	2:01.4	2:24.2
\bar{x}	20.4	158.9	52.5	2.13	40.6	1:46.6	2:02.5
σ	0.6	4.5	5.0	0.35	4.7	26.5	22.5

表2-4 男子児童の年齢, 身長, 体重, 身体組成および最大酸素摂取量

被検者	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	皮下脂肪厚(mm) Arm Back	身体密度 (g/ml)	体脂肪率 (%)	体脂肪量 (kg)	除脂肪体重 (kg)	$\dot{V}O_{2max}$ (l/min)	$\dot{V}O_{2max}/WT$ (ml/kg/min)
1	11.0	141.3	34.7	10.0 7.7	1.061	18.6	6.4	28.3	1.89	54.4
2	11.6	147.6	37.0	7.7 4.8	1.069	15.4	5.7	31.3	2.06	55.7
3	10.2	137.4	32.5	8.1 5.5	1.067	16.1	5.2	27.3	1.62	49.8
4	12.5	157.7	42.5	5.4 5.5	1.072	14.1	6.0	36.5	2.45	57.6
5	11.9	150.1	39.5	5.8 5.9	1.070	14.9	5.9	33.6	2.07	52.4
\bar{x}	11.4	146.8	37.2	7.4 5.9	1.068	15.8	5.8	31.4	2.02	54.0
σ	0.8	7.1	3.5	1.7 1.0	0.004	1.5	0.4	3.4	0.27	2.7

表2-5 女子体育専攻学生の年齢, 身長, 体重, 最大酸素摂取量および水泳記録

被検者	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	$\dot{V}O_{2max}$ (l/min)	$\dot{V}O_{2max}/WT$ (ml/kg/min)	水泳記録 (min:sec)	
						100m/ロール	100m平泳ぎ
1	20.2	158.0	55.0	2.42	44.0	1:24.1	1:39.5
2	21.8	157.2	52.0	1.91	36.7	1:10.1	1:30.3
3	19.9	157.0	53.5	2.22	41.5	1:02.7	1:38.2
4	20.7	164.5	62.0	2.80	45.2	2:11.8	2:32.3
5	20.6	165.1	52.5	1.90	36.2	1:59.6	2:14.7
6	20.7	158.7	53.5	2.29	42.8	2:06.3	2:22.2
7	20.3	149.8	43.5	1.91	43.9	1:16.1	1:53.0
8	19.9	163.0	52.5	1.68	32.0	2:01.5	2:01.4
9	19.8	154.7	44.2	1.80	40.7	2:01.6	2:00.0
10	19.9	152.0	47.0	2.17	46.2	2:01.4	2:24.2
\bar{x}	20.4	158.0	51.6	2.11	40.9	1:43.5	2:01.6
σ	0.6	4.9	5.2	0.32	4.6	26.8	21.5

表2-6 増大関数によって算出された10% $\dot{V}O_{2max}$ 毎のRPE₀と四つの部分RPEの平均値±標準偏差

$\% \dot{V}O_{2max}$	RPE ₀ ($\bar{x} \pm \sigma$)	RPE _C ($\bar{x} \pm \sigma$)	RPE _R ($\bar{x} \pm \sigma$)	RPE _{arm} ($\bar{x} \pm \sigma$)	RPE _{leg} ($\bar{x} \pm \sigma$)
20	7.7±0.8	7.5±0.8	7.6±0.9	7.6±0.9	7.4±0.9
40	9.5±1.7	9.4±1.4	9.7±1.4	9.3±1.7	9.2±1.5
60	11.8±2.0	11.8±1.6	12.2±1.6	11.4±2.2	11.5±1.7
80	14.6±1.8	14.7±1.4	15.1±1.4	14.1±2.3	14.4±1.5
100	18.1±1.5	18.0±1.4	18.4±1.3	17.8±1.5	17.9±1.2

増大関数:

$$RPE_0 = 6.6 + 0.0120 \times \% \dot{V}O_{2max}^{1.5} \quad (r=0.999)$$

$$RPE_C = 6.3 + 0.0146 \times \% \dot{V}O_{2max}^{1.5} \quad (r=0.999)$$

$$RPE_R = 6.3 + 0.0196 \times \% \dot{V}O_{2max}^{1.4} \quad (r=0.999)$$

$$RPE_{arm} = 6.5 + 0.0091 \times \% \dot{V}O_{2max}^{1.5} \quad (r=0.997)$$

$$RPE_{leg} = 6.4 + 0.0090 \times \% \dot{V}O_{2max}^{1.6} \quad (r=0.999)$$

表2-7 生理的応答とこれに対応する四つの部分RPEの相関関係および四つの部分RPEとRPE₀の相関関係

部分RPE	RPE _C	RPE _R	RPE _{arm}	RPE _{leg}
HR	0.87**			
f	0.85**			
V _E	0.67*			
V _T	0.45			
HLa	0.73*			0.78**
RPE ₀	0.97**	0.97**	0.98**	0.98**

* p<0.05, ** p<0.01

表2-8 10% $\dot{V}O_{2max}$ 毎の重回帰分析の結果

% $\dot{V}O_{2max}$	標準偏回帰係数						R ²	R	SE
	RPE _c	RPE _R	RPE _{air}	RPE _{leg}	R	R ²			
20	.340	.305	.258	.097	.999	.998	.397		
40	.538	-.070	.452	.082	.999	.999	.441		
60	.353	.095	.598	-.045	.999	.999	.383		
80	-.031	.518	.604	-.089	.999	.999	.262		
100	.348	-.118	.618	.153	.999	.999	.429		

表3-1 水泳部員群, 体育専攻学生I群および体育専攻学生IIa群の性, 人数, 年齢, 身長, 体重, 年齢および水泳記録

	性	人数	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	水泳記録 (min:sec)			
						100mクロール	100m平泳ぎ	50mバタフライ	50m背泳ぎ
水泳部員群	♂	\bar{x}	21.7	170.0	60.3	59.3	1:26.0	29.0	34.7
		σ	0.6	4.4	5.5	1.2	4.0	1.0	2.1
	♀	\bar{x}	20.5	164.0	57.3	1:09.8	1:34.8	35.8	39.8
		σ	0.6	4.6	9.2	3.3	6.5	2.9	4.1
体育専攻学生I群	♂	\bar{x}	19.0	174.0	66.8	1:24.0	1:39.4	43.1	47.6
		σ	0.0	5.0	5.0	9.1	8.4	4.9	4.1
	♂	\bar{x}	19.4	172.0	65.2	1:38.2	1:59.0	53.2	58.6
		σ	0.6	3.1	5.2	6.1	8.4	5.2	4.7
体育専攻学生IIa群	♀	\bar{x}	19.0	162.0	57.5	1:34.5	2:03.0	53.5	1:06.5

表3-2 体育専攻学生IIB群の性, 年齢, 身長, 体重, 身長, 体重および水泳記録

被検者	性	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	ブリストの記録 (min:sec)			フットバスの記録 (min:sec)				
					50m クロール	50m 平泳ぎ	50m バタフライ	100m クロール	100m 平泳ぎ	50m バタフライ		
1	♂	20.0	163.8	63.3	1:00.2	57.8	1:40.1	1:34.6	1:49.7	1:48.8	1:03.9	1:02.5
2	♂	20.3	181.6	77.6	53.4	2:17.1	1:57.6	1:51.6	2:29.1	2:07.5	1:06.6	55.5
\bar{x}		20.2	172.7	70.5	56.8	1:37.5	1:48.9	1:43.1	2:09.4	1:58.2	1:05.3	59.0
3	♀	20.4	159.3	54.6	1:17.6	1:28.1	1:22.7	2:03.5	2:06.0	2:22.9	1:17.6	1:03.5
4	♀	20.7	165.6	53.1	54.7	1:03.4	1:45.6	1:18.6	1:59.7	2:14.9	1:15.8	1:03.9
5	♀	19.4	155.9	44.9	1:45.6	1:02.5	1:48.6	1:53.5	2:01.1	2:00.2	1:07.2	1:05.5
6	♀	19.3	152.6	47.7	1:00.2	1:10.7	1:17.2	1:36.0	2:01.2	2:24.6	1:08.7	1:19.6
7	♀	19.7	163.4	53.7	1:00.4	1:16.2	1:43.2	2:01.2	2:01.5	2:23.9	1:12.3	1:02.3
8	♀	19.3	165.7	62.4	1:18.2	1:18.0	1:33.7	1:35.6	2:11.6	2:32.6	1:10.1	1:00.5
\bar{x}		19.8	160.4	52.7	1:12.8	1:13.2	1:35.2	1:44.7	2:03.5	2:19.9	1:12.0	1:05.9
σ		0.6	5.5	6.1	18.8	9.6	12.9	17.6	4.5	11.1	4.1	6.9

表3-3 中高年齢者の性、年齢、身長、体重、水泳歴、水泳練習の頻度および水泳記録

被検者	性	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	水泳歴 (yrs)	頻度 (times/week)	200mの水泳記録 (min:sec)
1	♂	53.6	165.4	58.2	2.0	2.0	4:13.2
2	♂	48.4	171.8	72.2	5.0	2.0	3:33.7
n=2	\bar{x}	51.0	168.6	65.2	3.5	2.0	3:53.5
3	♀	59.3	149.2	45.1	4.0	2.0	5:18.7
4	♀	60.8	140.4	45.6	5.0	1.0	5:38.9
5	♀	54.5	153.6	53.2	5.0	3.0	3:48.4
n=3	\bar{x}	58.2	147.7	48.0	4.7	2.0	4:55.3
	σ	3.3	6.7	4.5	0.6	1.0	58.8

表3-4 分析対象とした小学生の水泳指導

グループ	指導のねらい	時間/回 (hours)	日数 (days)
初級	水慣れから背泳, クロールまでの技術練習に加えて, 25m単位を二人組で補助し合ってでできるだけ長く泳ぐ	3	2
中級	上記の技術練習に加えて, 運動強度を高く負荷する	2	2
上級	競泳4種目の技術とスピードの向上	3	2
		2	2

表3-5 分析対象とした大学生の水泳指導の内容

No.	水泳トレーニングの種類	泳距離 (m)	回数 (times)	合計 (m)
1	ウォーミング・アップ1 (伸びをとって泳ぐ)	200	1	200
2	ウォーミング・アップ2 (少し速めに泳ぐ)	200	1	200
3	バタフライのキック (行き:ハード, 帰り:イージー)	400	1	400
4	バタフライの4キック/1プル	50	3	150
5	バタフライのSI ^{注1} , (行き:4キック/1プル, 帰り:普通のコンビ)	50	3	150
6	バタフライのコンビ	50	3	150
7	背泳のSI (キック→コンビ→プル→コンビ)	100	4	400
8	背泳のコンビ	50	7	350
9	クロールのコンビ (ダッシュ)	50	4	200
10	平泳ぎのコンビ (ダッシュ)	50	3	150
11	4種目のダッシュ	25	4	100
合計				2450

注1 Stroke Improvementの略語で技術練習のこと

表3-6 小学生の水泳指導における被検者の性、人数、年齢、身長、体重および水泳記録

グループ	性	人数	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	水泳記録	
						プ リ テ ス ト (自由泳:m)	フ ァ イ ナ ル テ ス ト (25mクロール:sec)
初級	♂	\bar{x}	10.4	135.8	29.5	7.3	49.6
		σ	0.8	3.1	2.4	9.0	2.1
	♀	\bar{x}	10.1	134.8	28.0	7.8	47.0
		σ	0.2	0.1	0.3	8.5	3.7
中級	♂	\bar{x}	11.5	143.9	36.8	15.1	29.3
	σ	0.5	4.1	7.4	1.9	6.0	
上級	♂	\bar{x}	11.4	143.5	35.4	25~	24.4
		σ	0.5	5.9	3.9		2.5
	♀	\bar{x}	10.6	145.9	39.8	25~	31.3
		σ	0.7	3.1	0.6		0.9

表3-7 大学生の水泳指導における被検者の性、年齢、身長、体重および水泳記録

	性	年齢 (yrs)	身長 (cm)	体重 (kg)	水泳記録 (min:sec)			
					クロール(100m)	平泳ぎ(100m)	背泳(50m)	バタフライ(50m)
水泳部員	♂	19.7	171.5	59.0	1:01.2	1:16.1	33.3	29.3
	♀	19.9	166.7	59.0	1:06.8	1:38.8	40.8	35.6
体育専攻学生	♂	21.0	172.0	70.0	1:16.8	1:32.0	45.6	39.4
	♂	19.5	161.0	54.0	1:25.3	1:46.3	46.8	45.7

表3-8 小学生の水泳指導における三種類のHRとRPEの相関関係

	HR		
	最高HR	最頻HR	平均HR
RPE	r=0.588	r=0.231	r=0.463

表3-9 大学生の水泳指導における三種類のHRとRPEの相関関係

	HR		
	最高HR	最小HR	平均HR
RPE	r=0.824	r=0.346	r=0.608

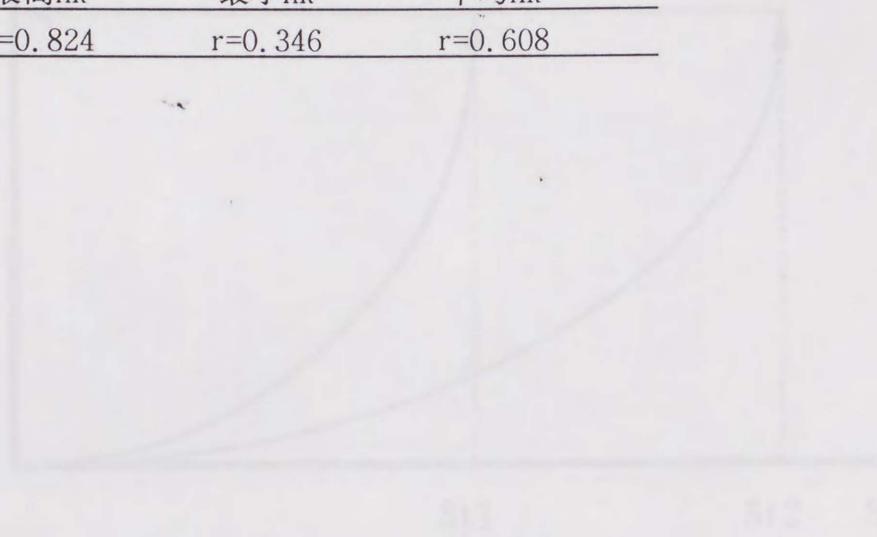


図1-1 Sager (1973, 1982) により導出されたシンプソン曲線の概式図。
 図は、運動強度 (RPE) と心拍数 (HR) の関係を示す。S(1) は20分間の運動強度 (RPE) の最大値を示し、S(2) は1分間の運動強度 (RPE) の最大値を示す。

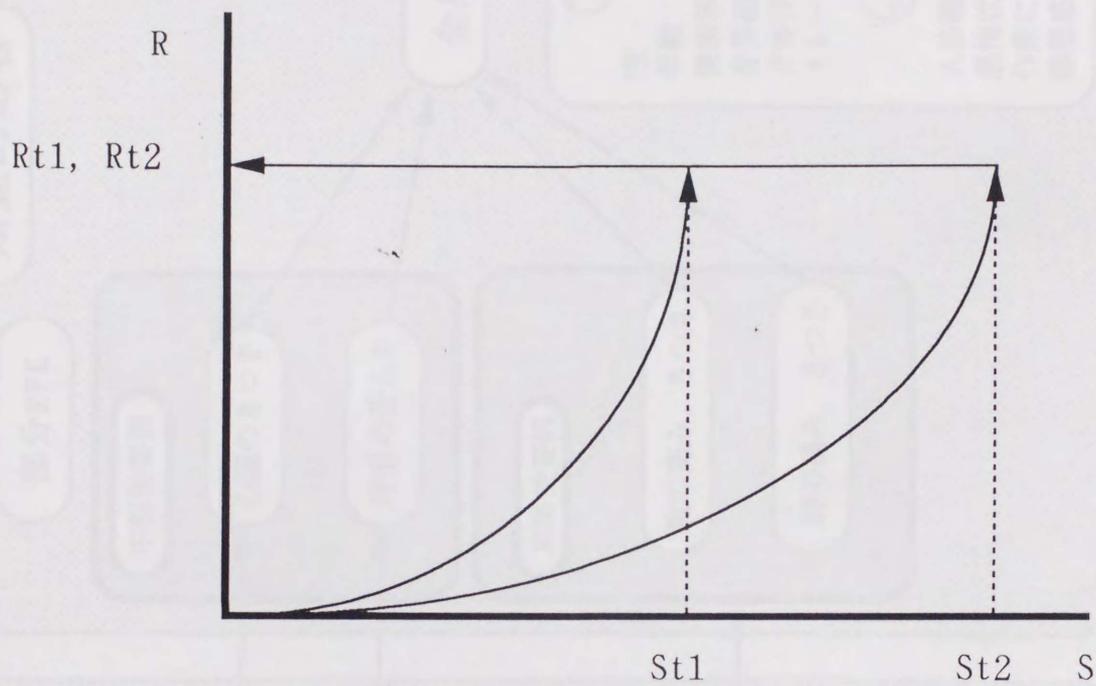


図1-1 Borg (1961, 1962) により考案されたレンジ理論の模式図。図は、運動強度 (S) とそれに対する知覚応答 (R) の関係を示す。St1, St2は身体作業容量の異なる2名の被検者の身体作業容量を示し、Rt1, Rt2はそれらに対する知覚の最大量を示す。

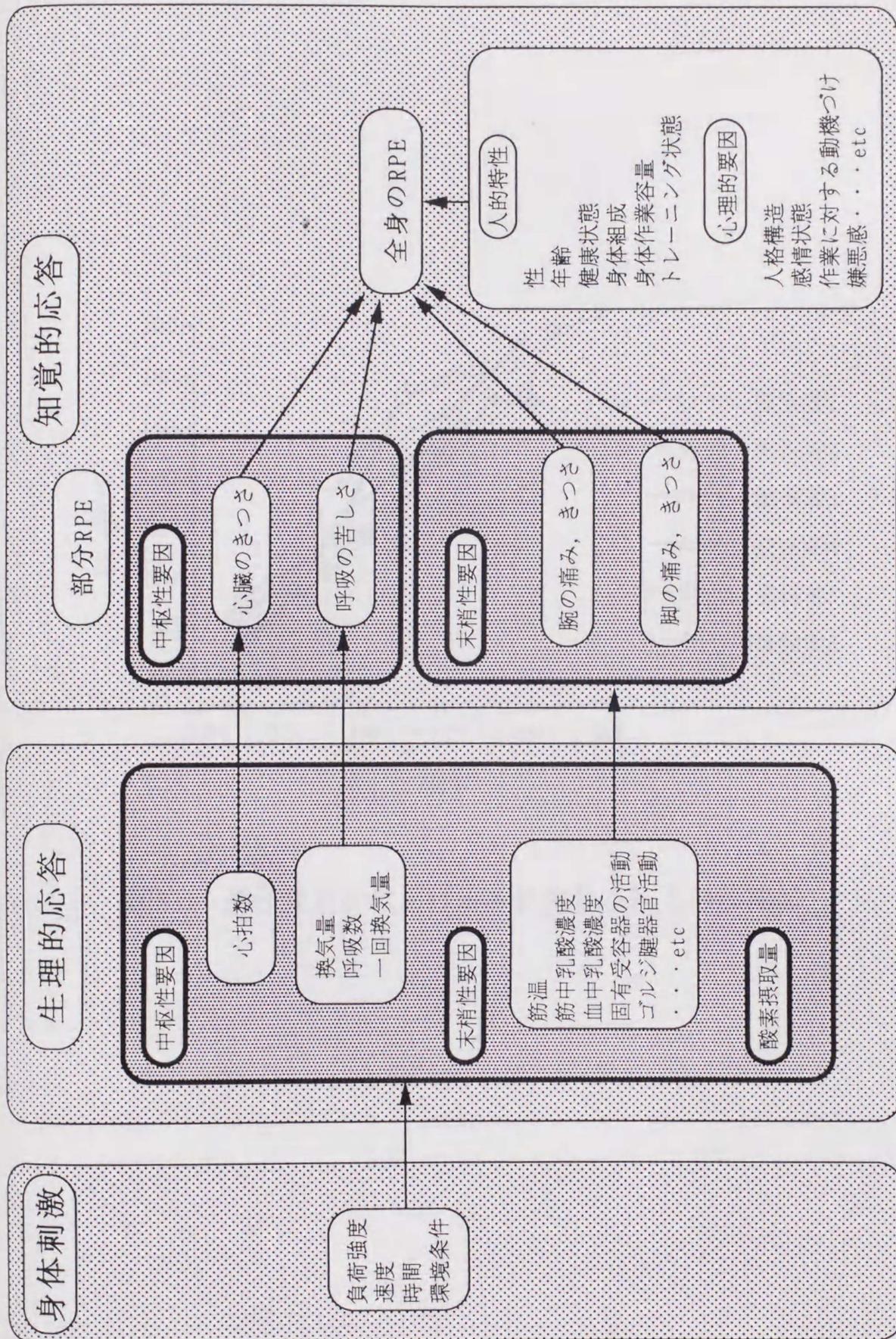


図1-2 身体刺激, 生理的応答および知覚的応答の関係の模式図.

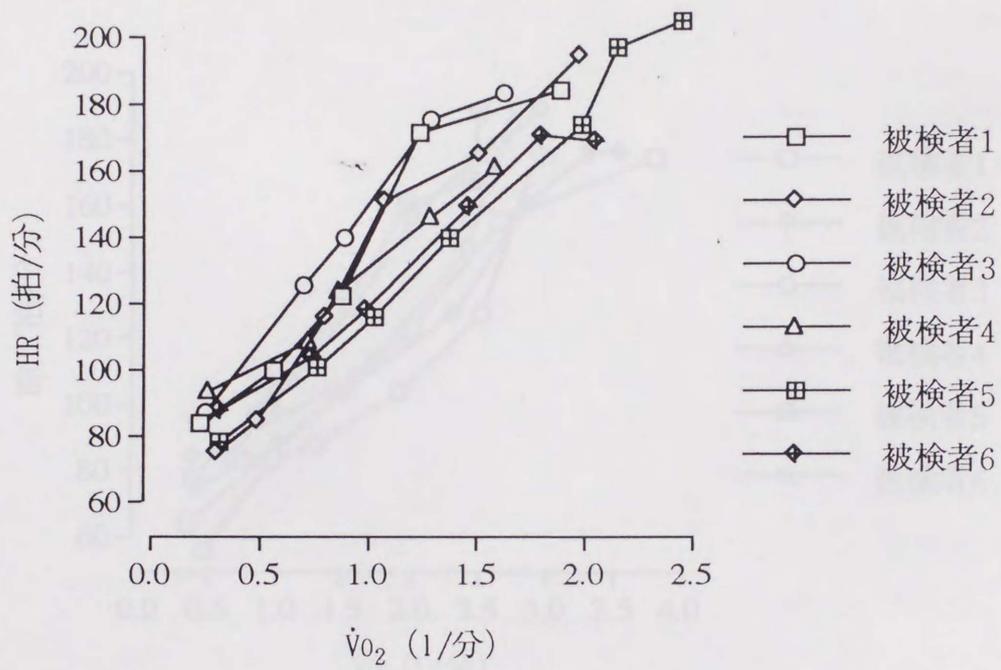


図2-1 男子児童群における各被検者の $\dot{V}O_2$ とHRの関係.

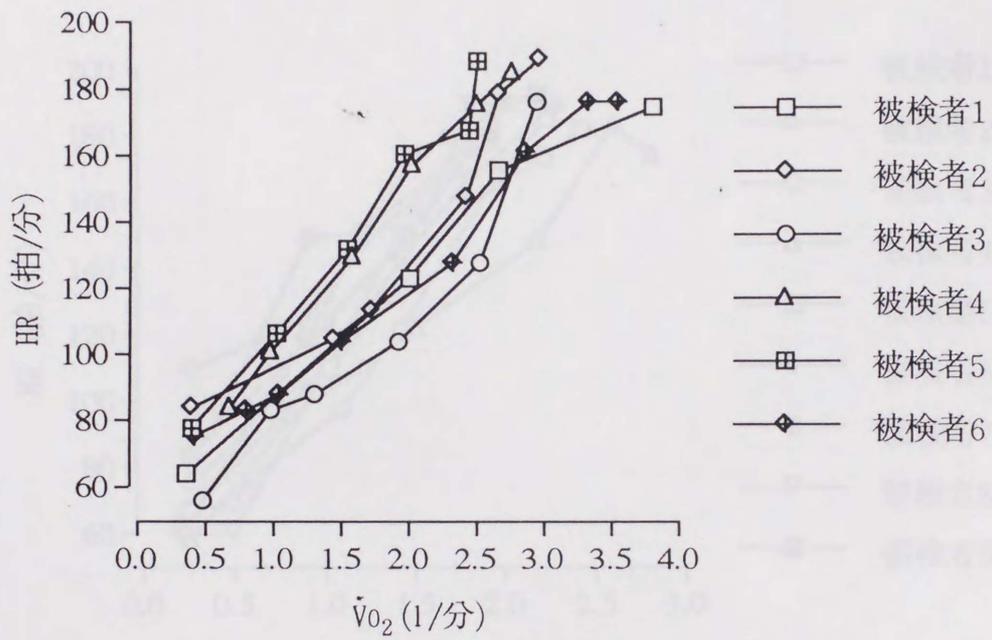


図2-2 男子体育専攻学生群における各被検者の $\dot{V}O_2$ とHRの関係.

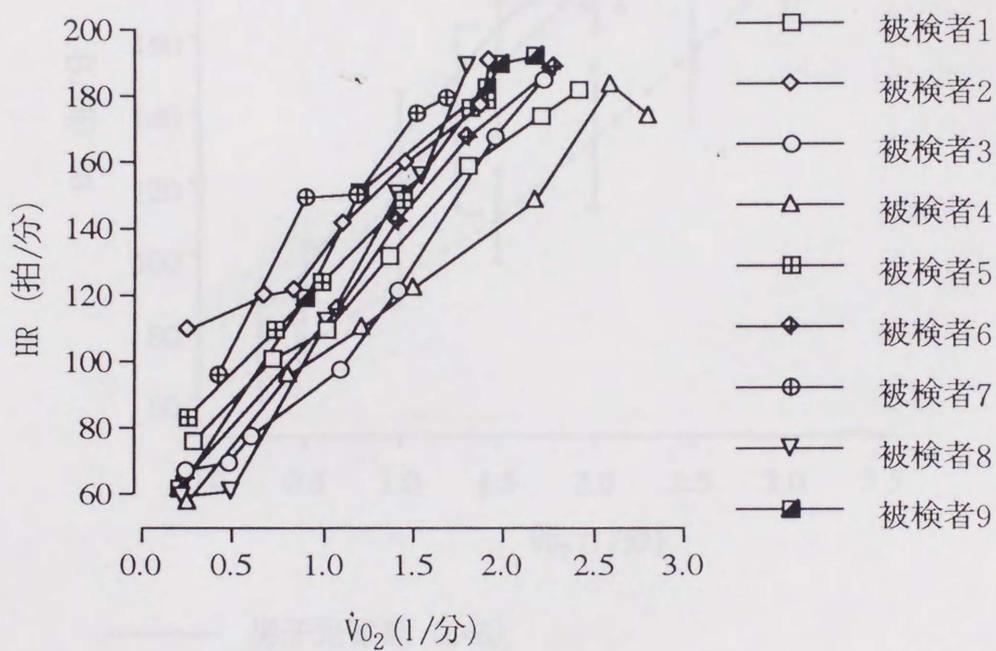
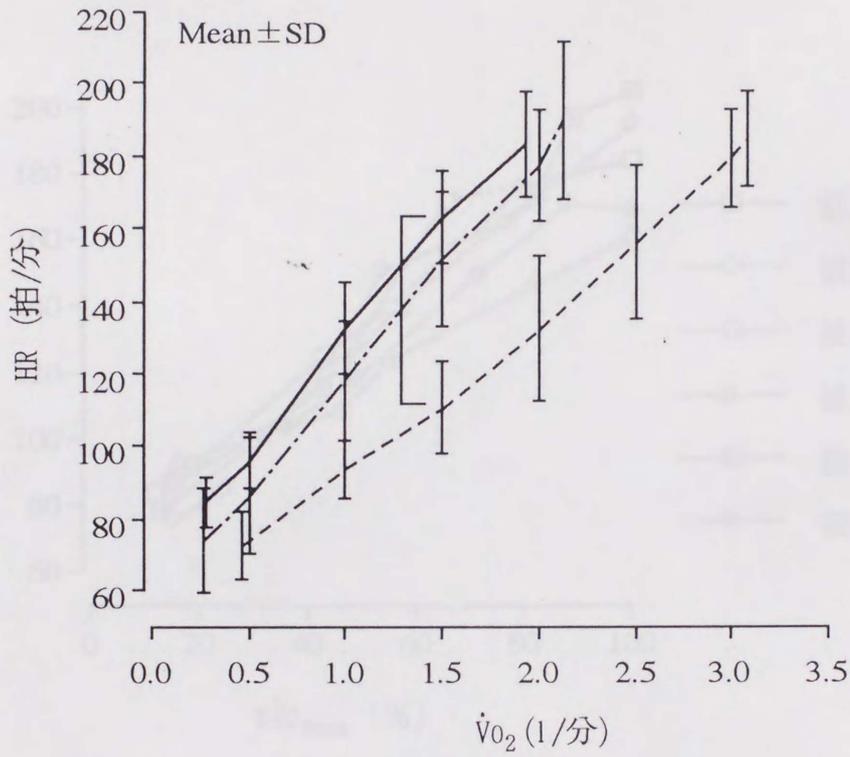


図2-3 女子体育専攻学生群における各被検者の $\dot{V}O_2$ とHRの関係.



- 男子児童群 (n=6)
- 男子体育専攻学生群 (n=6)
- - - - 女子体育専攻学生群 (n=9)

図2-4 各群の $\dot{V}O_2$ とHRの関係.

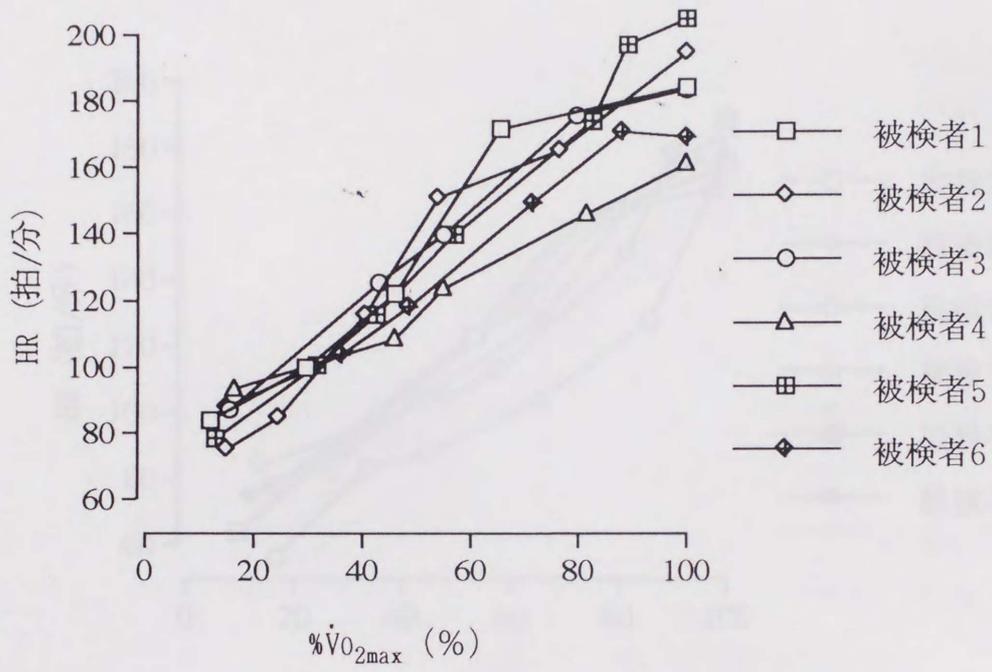


図2-5 男子児童群における各被検者の $\% \dot{V}O_{2max}$ とHRの関係.

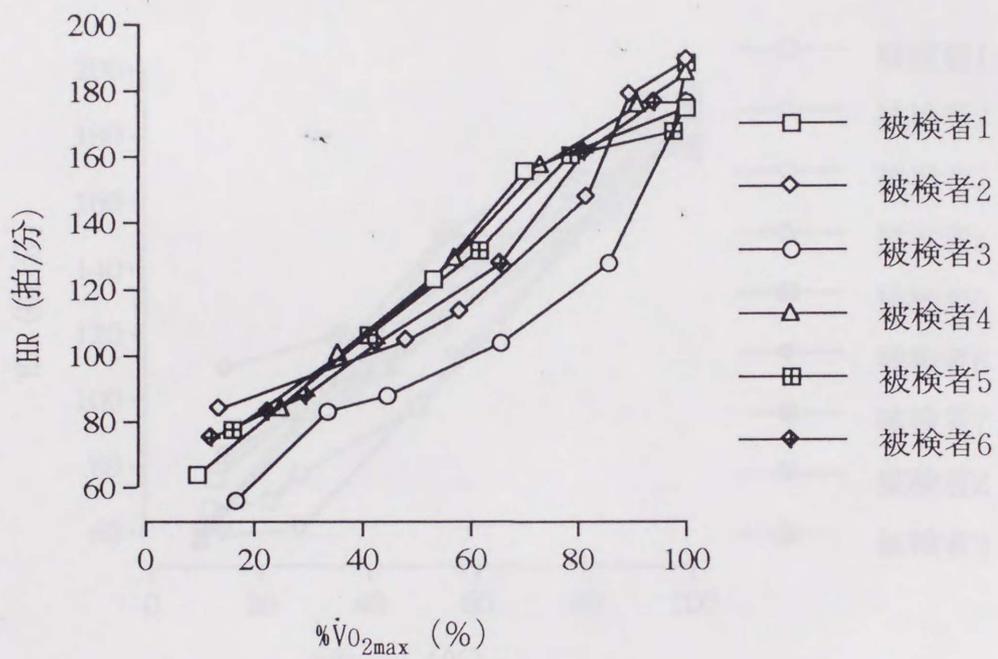


図2-6 男子体育専攻学生群における各被検者の% $\dot{V}O_{2max}$ とHRの関係.

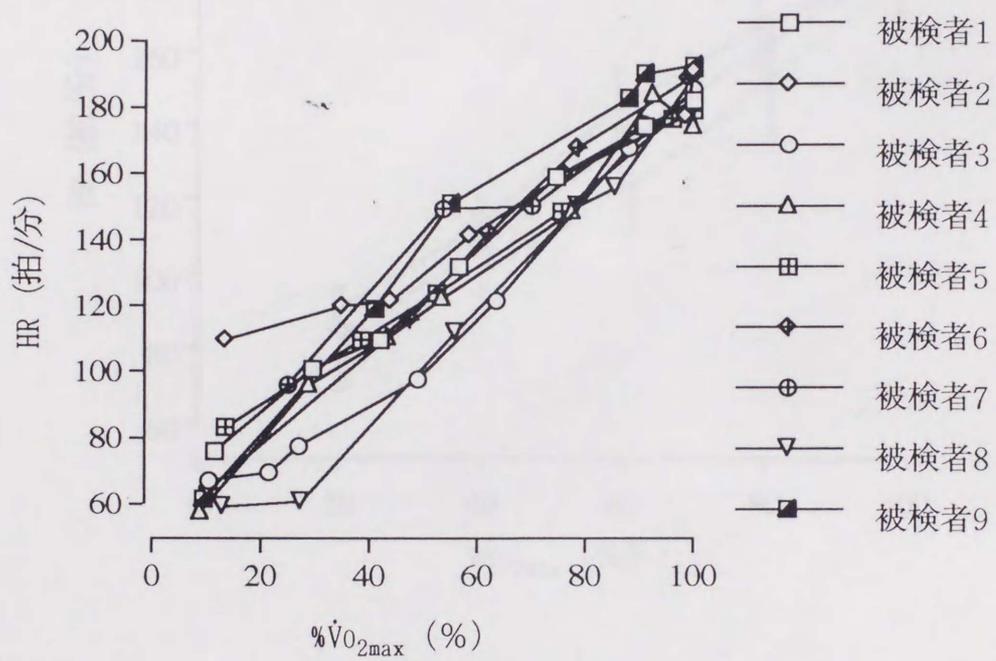


図2-7 女子体育専攻学生群における各被検者の $\% \dot{V}O_{2max}$ とHRの関係.

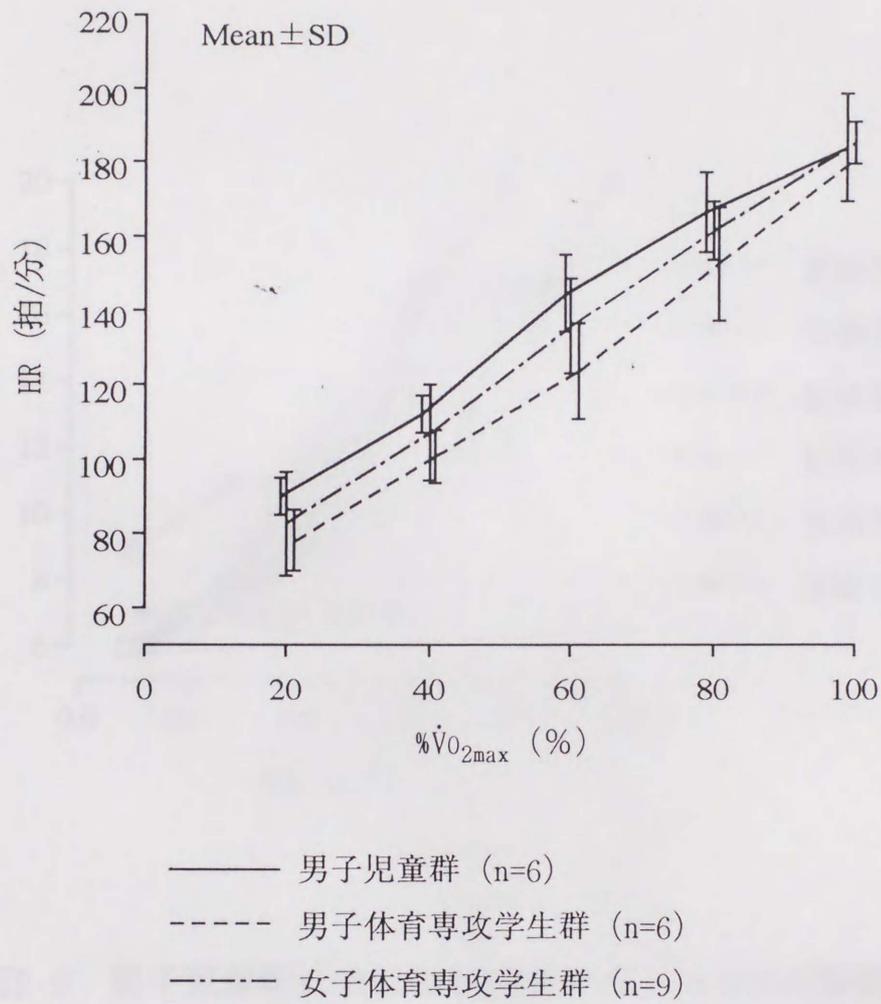


図2-8 各群の% $\dot{V}O_{2max}$ とHRの関係.

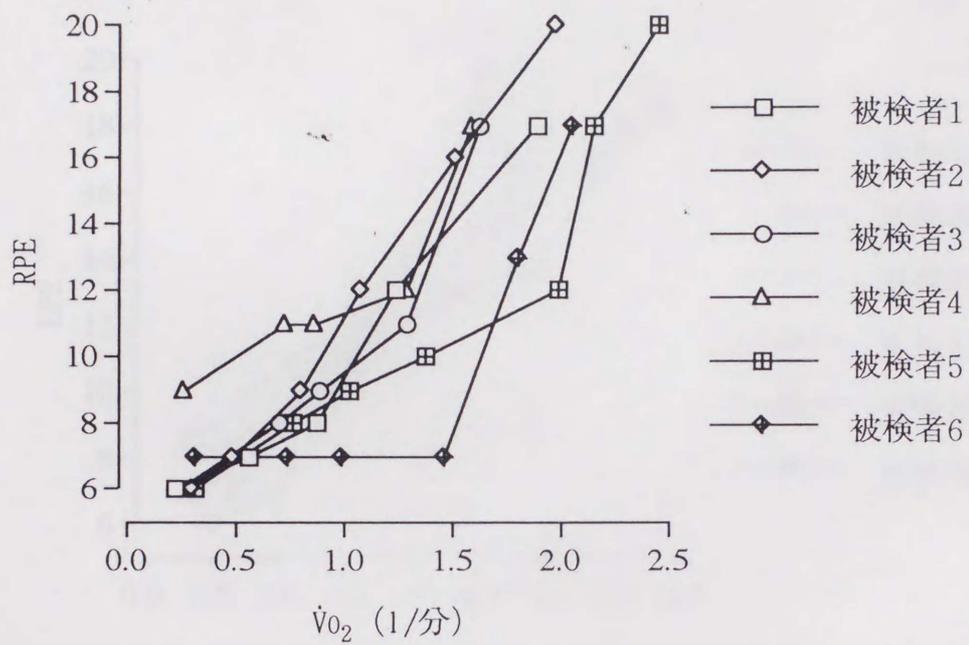


図2-9 男子児童群における各被検者の $\dot{V}O_2$ とRPEの関係。

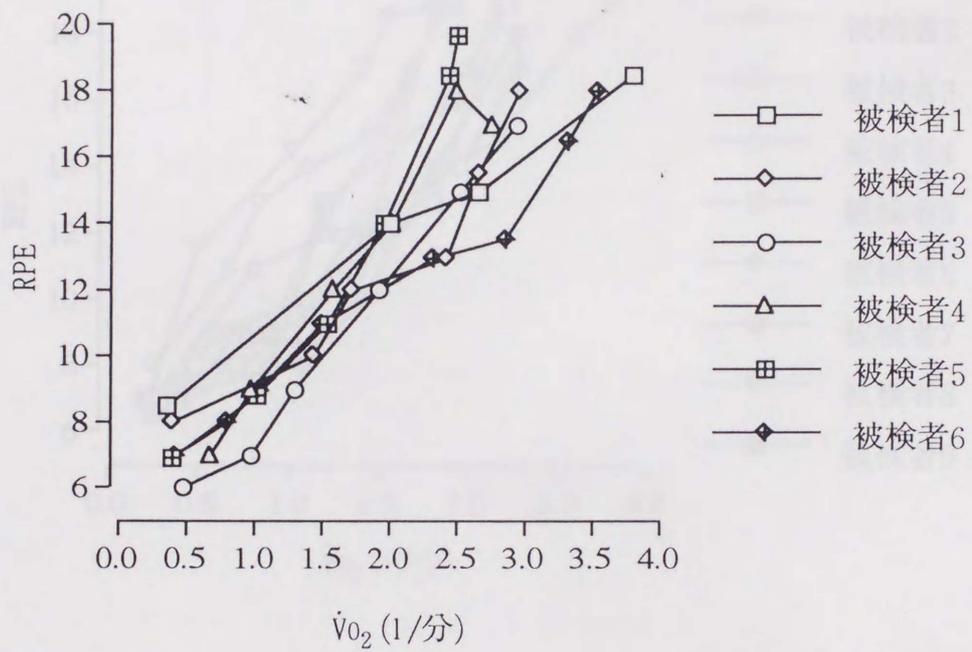


図2-10 男子体育専攻学生群における各被検者の $\dot{V}O_2$ とRPEの関係.

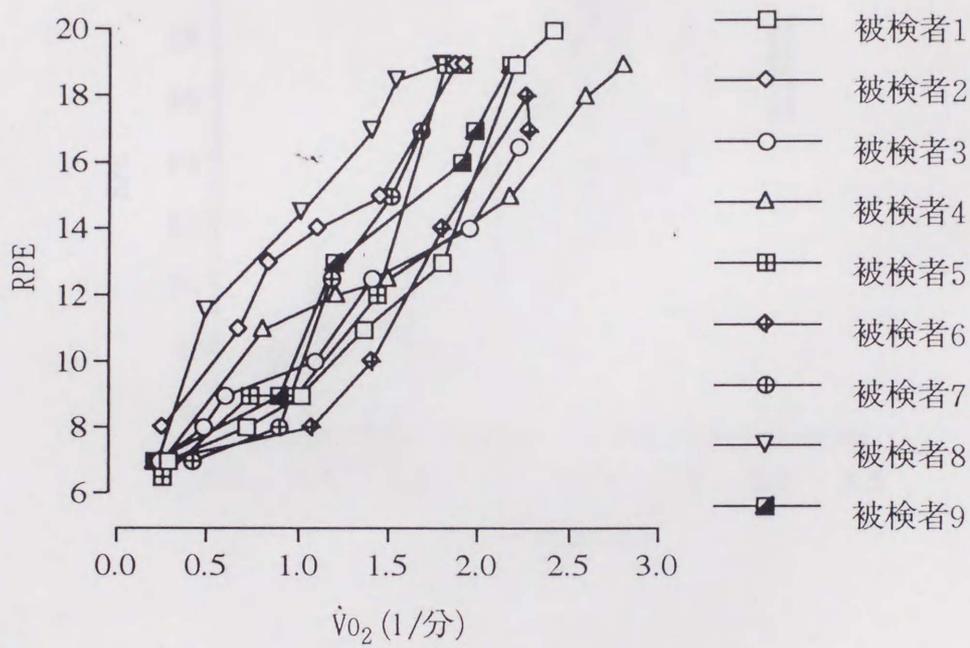
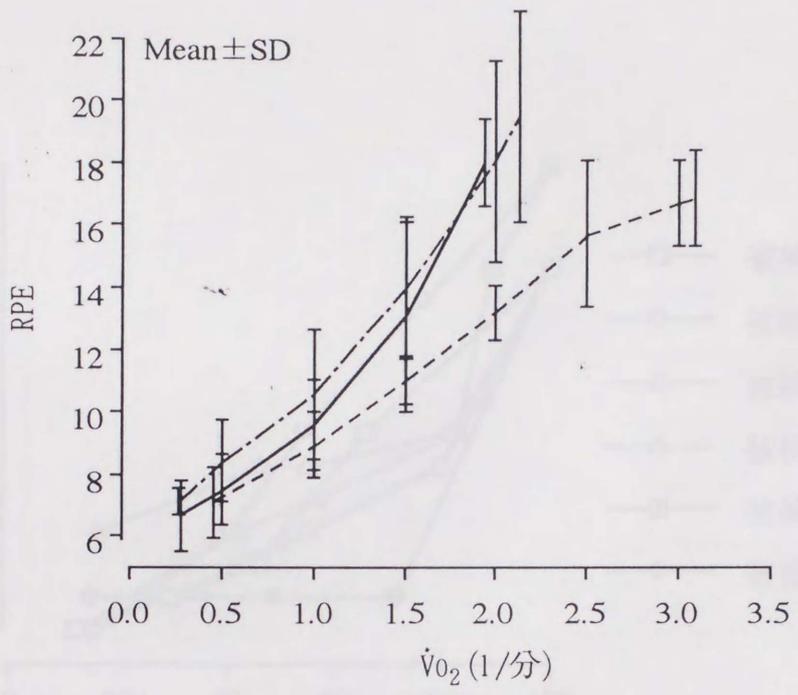


図2-11 女子体育専攻学生群における各被検者の $\dot{V}O_2$ とRPEの関係。



- 男子児童群 (n=6)
- 男子体育専攻学生群 (n=6)
- 女子体育専攻学生群 (n=9)

図2-12 各群の $\dot{V}O_2$ とRPEの関係.

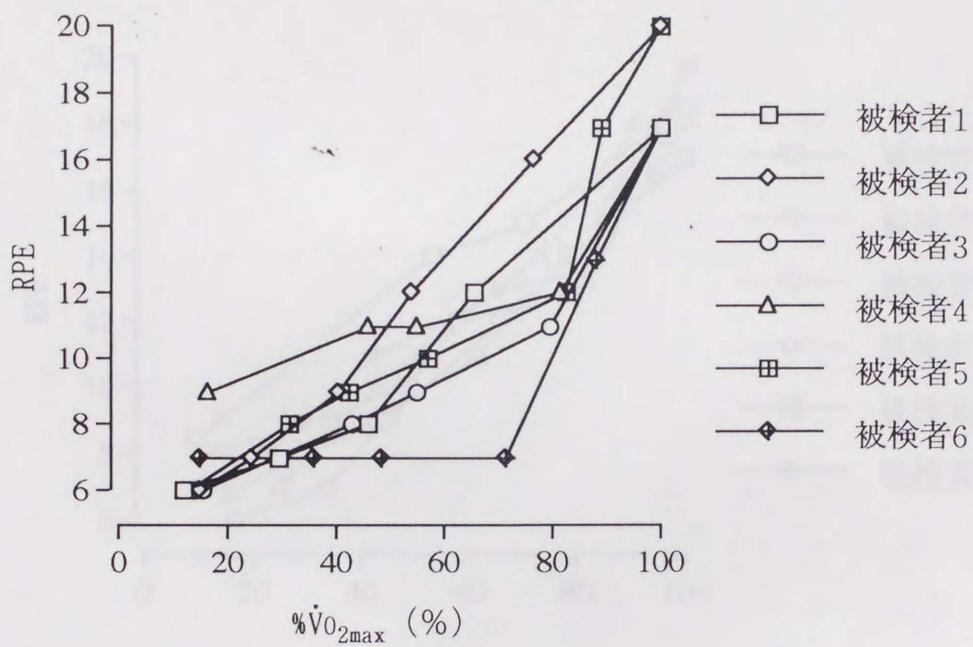


図2-13 男子児童群における各被検者の $\% \dot{V}O_{2max}$ とRPEの関係。

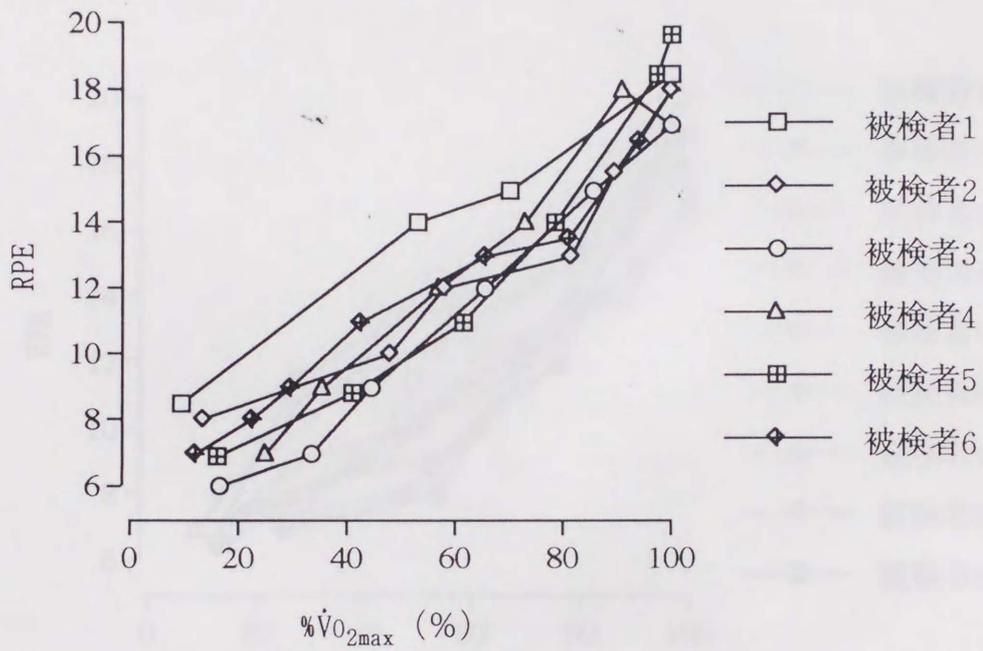


図2-14 男子体育専攻学生群における各被検者の $\% \dot{V}O_{2max}$ とRPEの関係.

図2-15 女子体育専攻学生群における各被検者の $\% \dot{V}O_{2max}$ とRPEの関係.

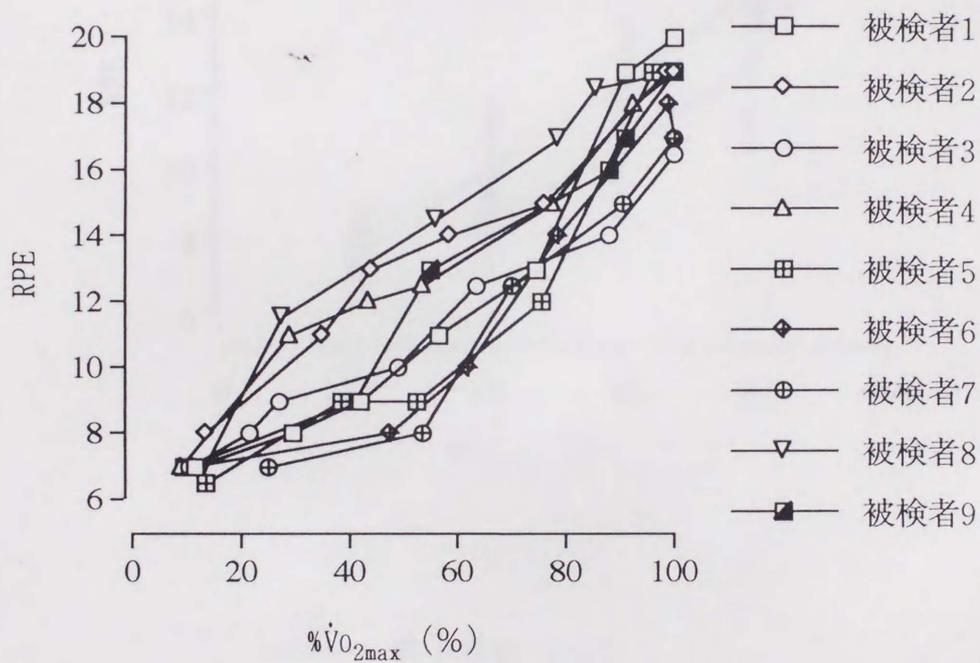
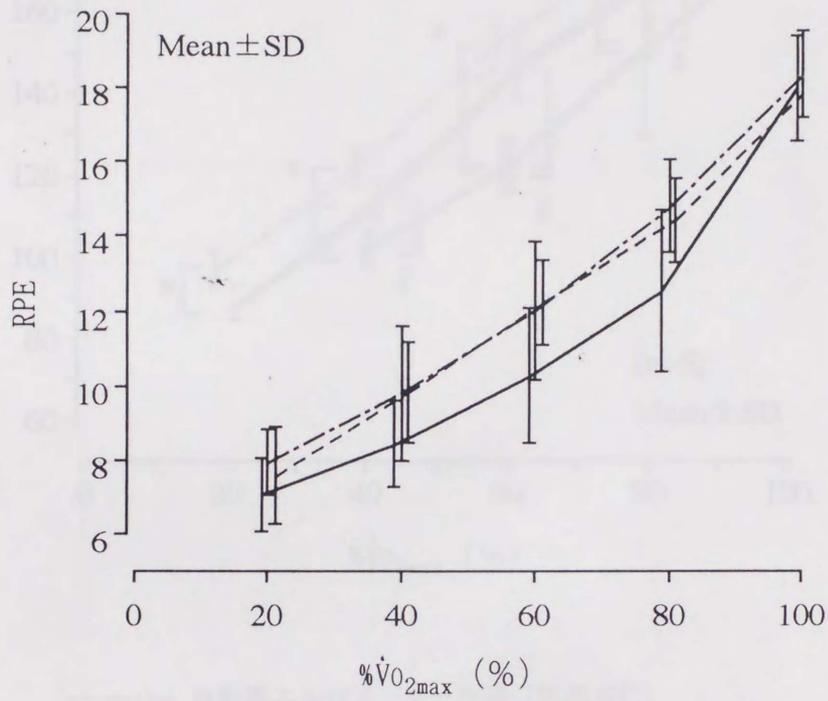


図2-15 女子体育専攻学生群における各被検者の% $\dot{V}O_{2max}$ とRPEの関係.



- 男子児童 (n=6)
- 男子体育専攻学生群 (n=6)
- 女子体育専攻学生群 (n=9)

図2-16 各群の $\% \dot{V}O_{2max}$ とRPEの関係.

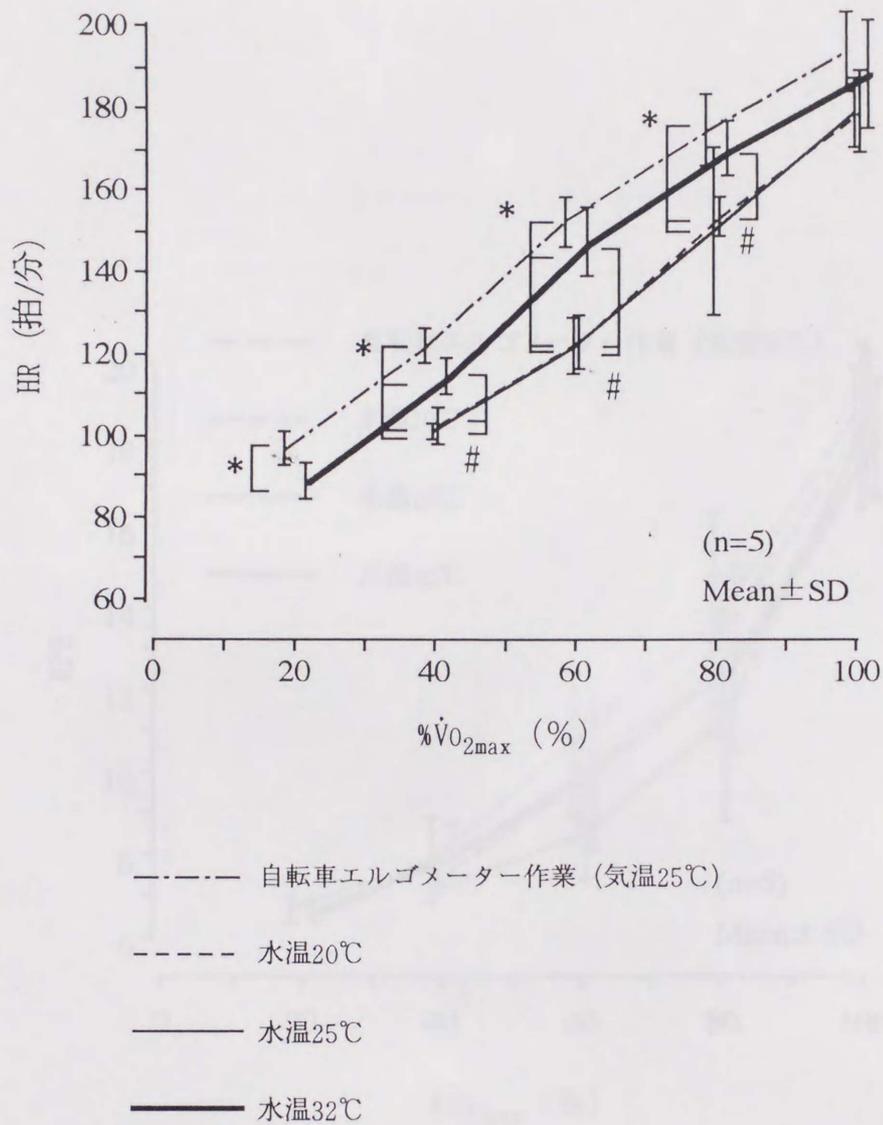


図2-17 児童における各温度条件下での $\% \dot{V}O_{2max}$ とHRの関係.

* $p < 0.05$ (自転車エルゴメーター作業に対する有意差),

$p < 0.05$ (水温32℃に対する有意差).

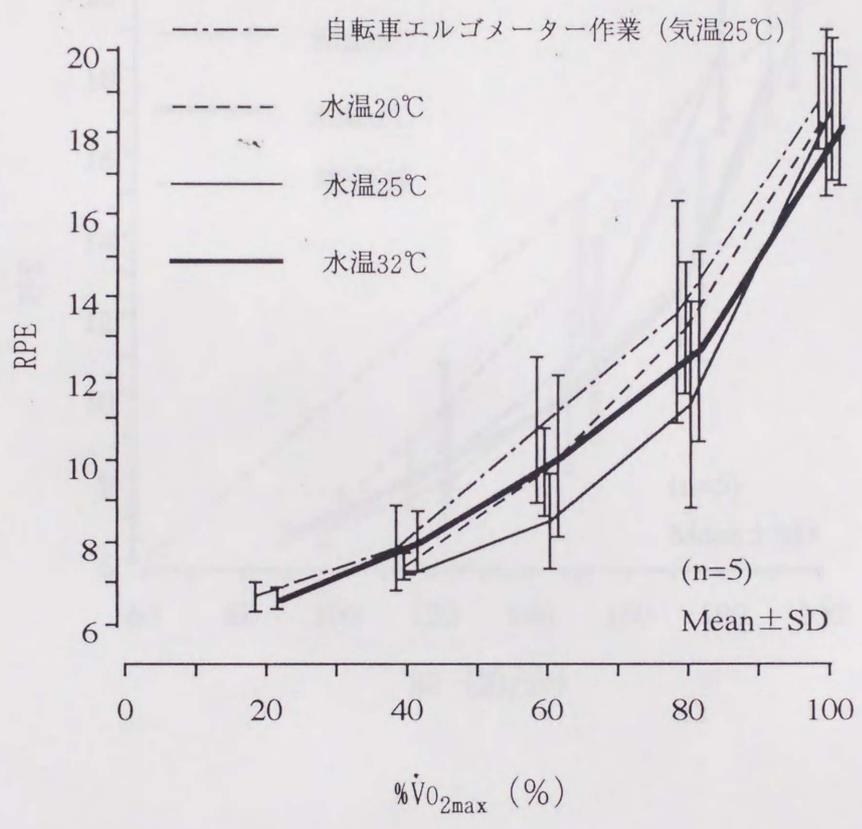


図2-18 児童における各温度条件下での $\% \dot{V}O_{2max}$ とRPEの関係.

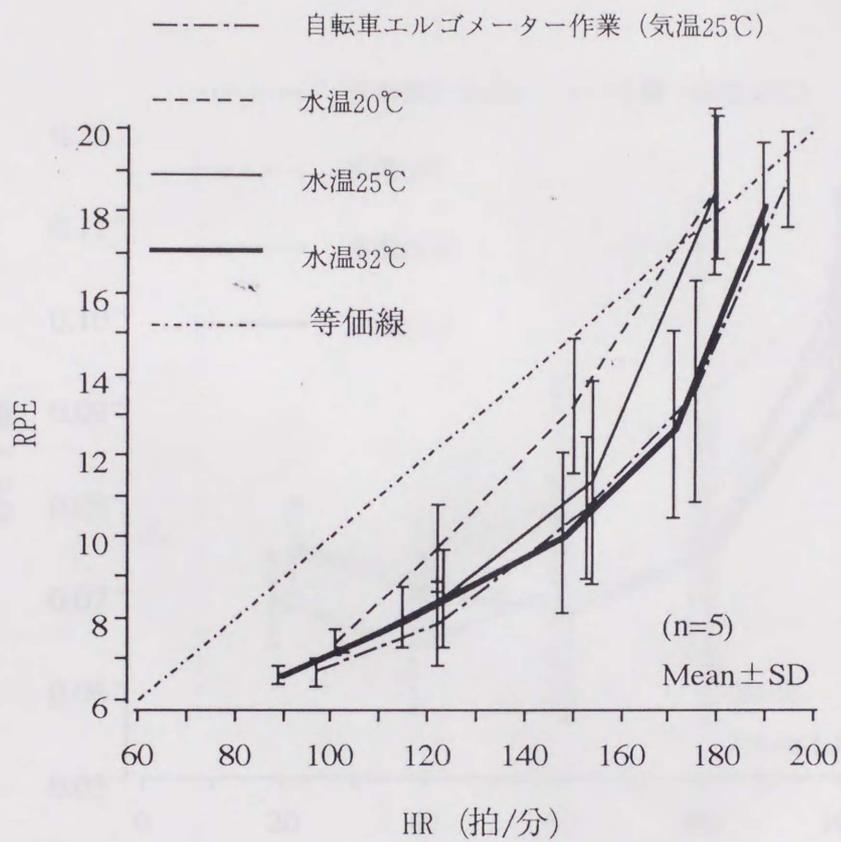


図2-19 児童における各温度条件下でのHRとRPEの関係

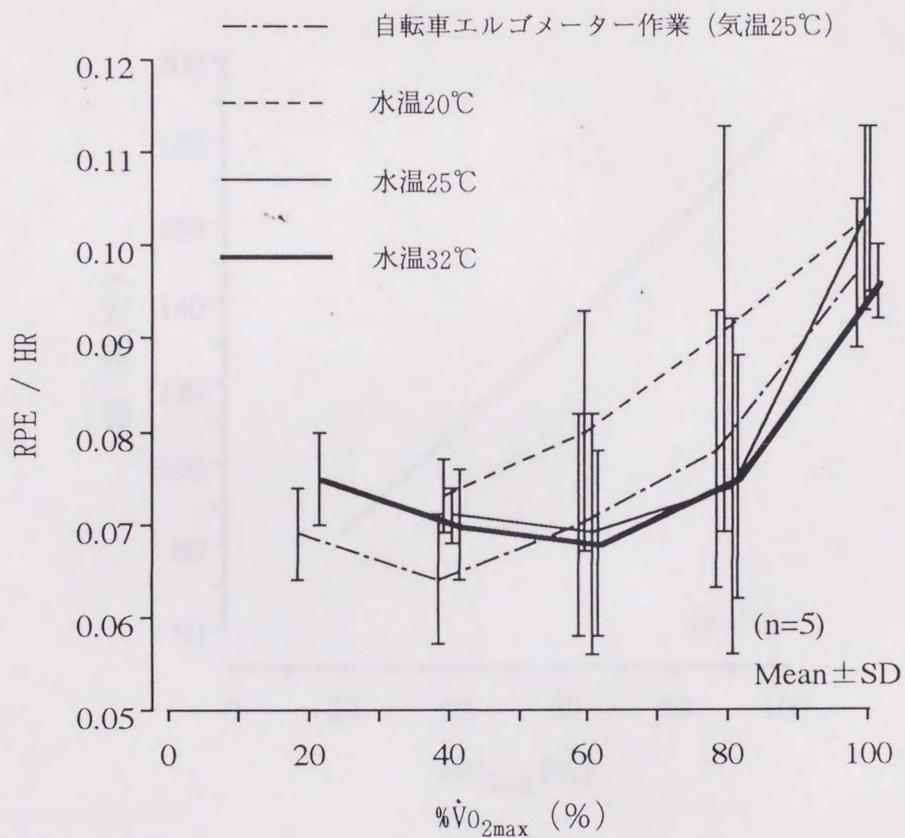


図2-20 児童における各温度条件下での $\% \dot{V}O_{2max}$ とRPE/HRの関係

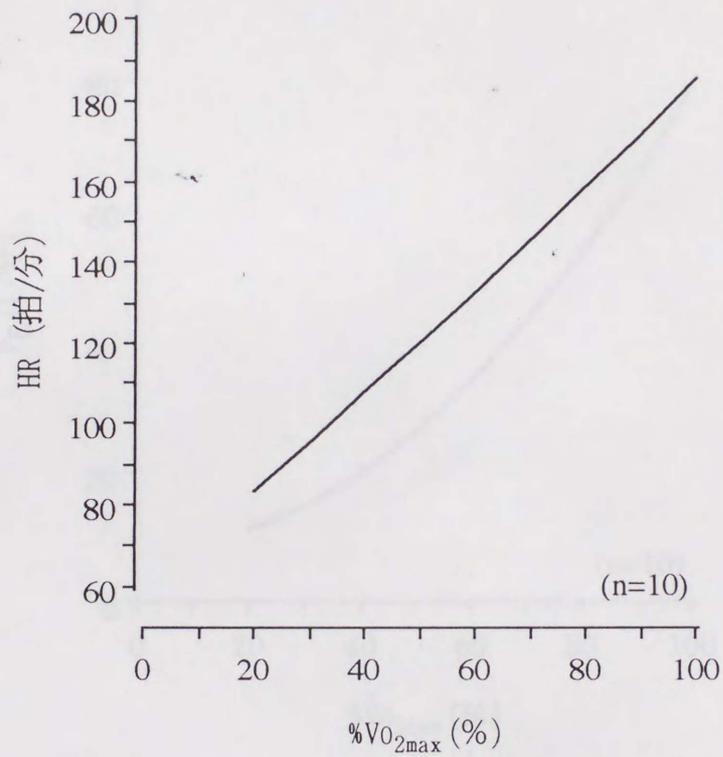


図2-21 女子体育専攻学生における水泳中の $\% \dot{V}O_{2max}$ とHRの関係.

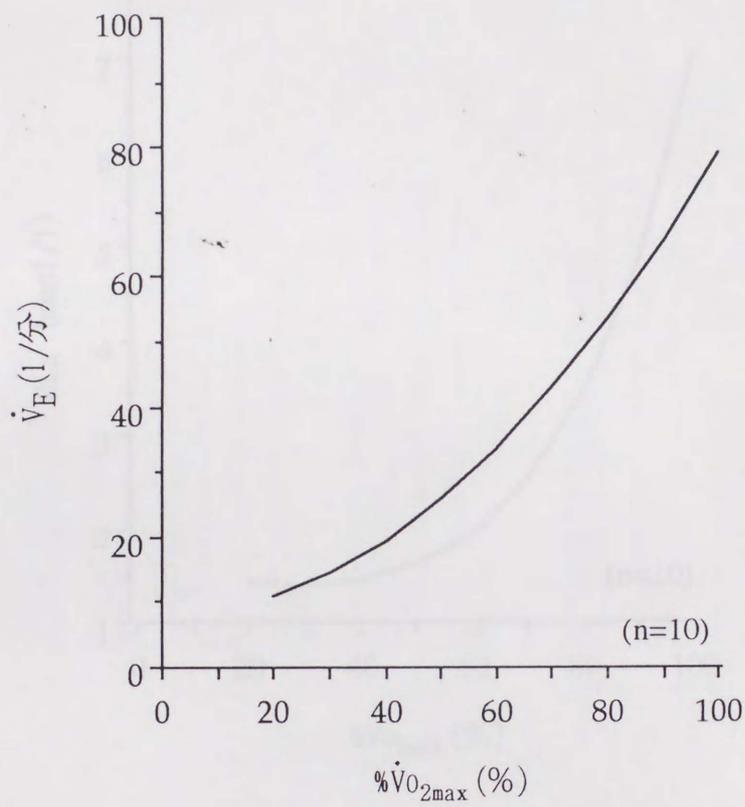


図2-22 女子体育専攻学生における水泳中の $\% \dot{V}O_{2max}$ と \dot{V}_E の関係。

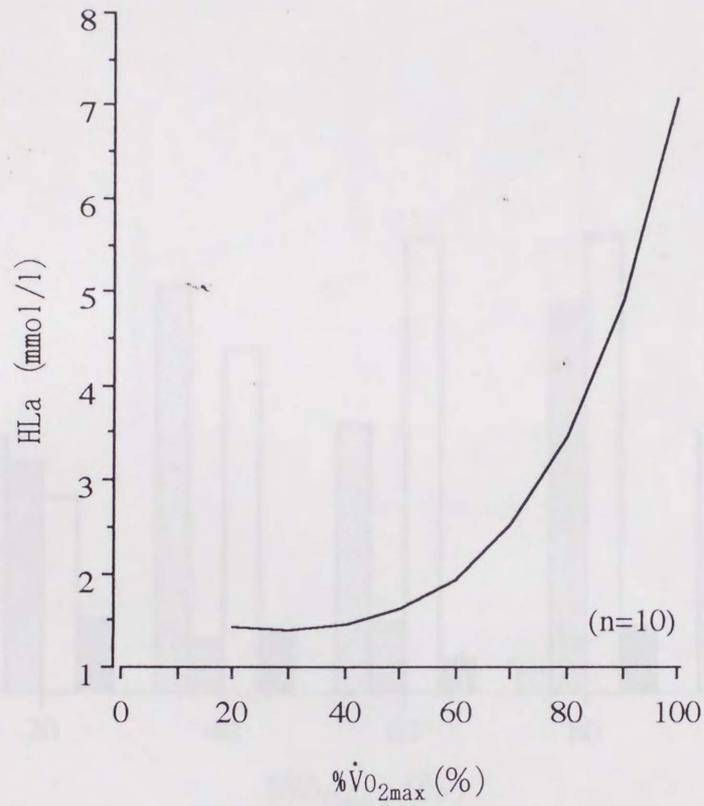
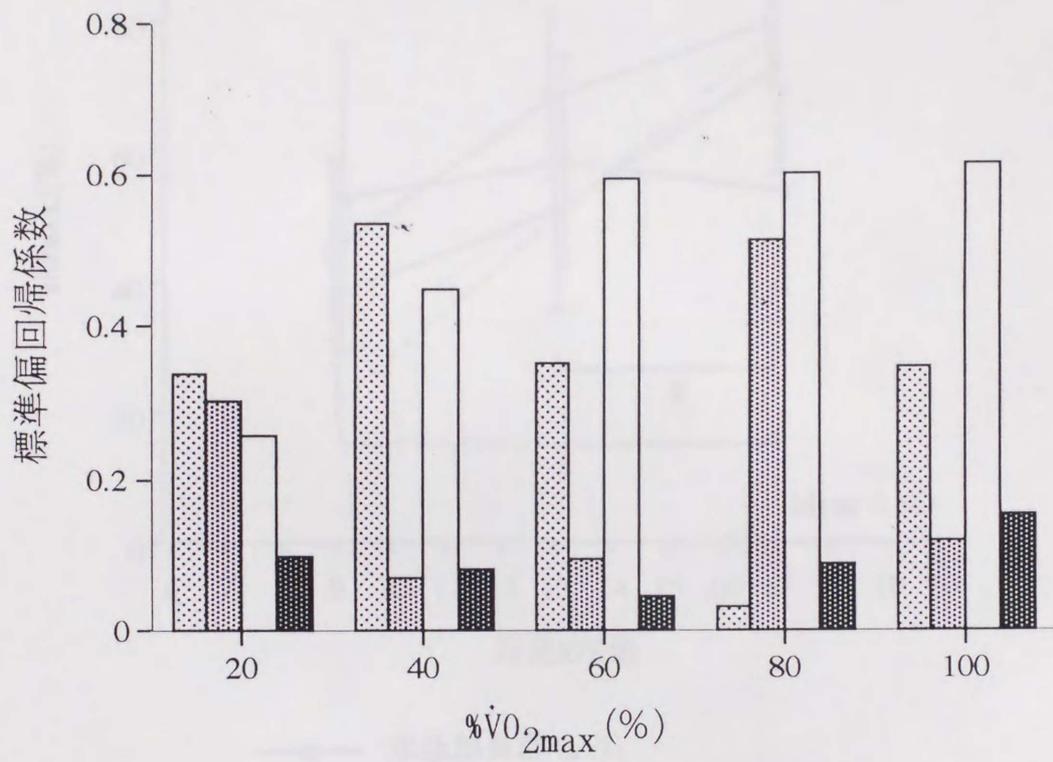


図2-23 女子体育専攻学生における水泳中の $\% \dot{V}O_{2max}$ とHLaの関係.



■ 心臓のきつさ：RPE_C □ 腕の痛みやきつさ：RPE_{arm}
 ■ 呼吸の苦しさ：RPE_R ■ 脚の痛みやきつさ：RPE_{leg}

図2-24 女子体育専攻学生における水泳中の% $\dot{V}O_{2max}$ と標準偏回帰係数の絶対値の関係。

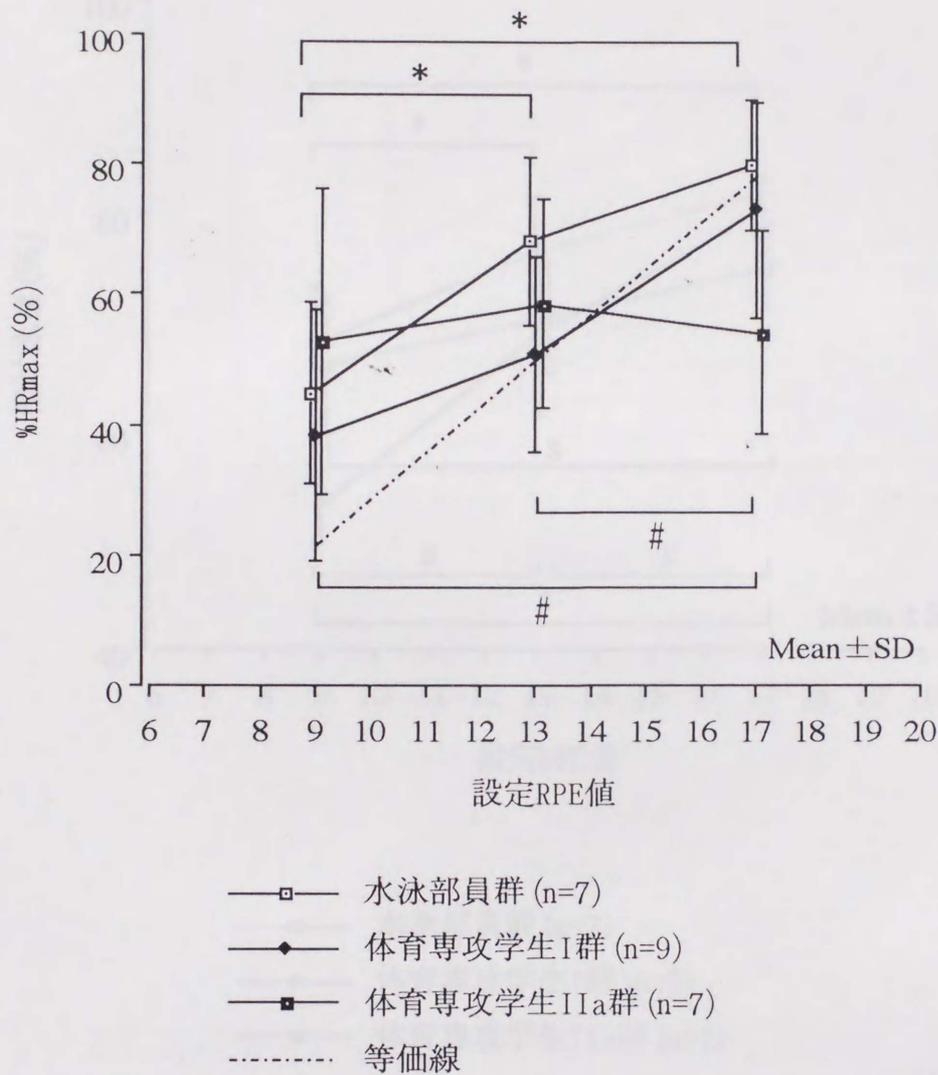
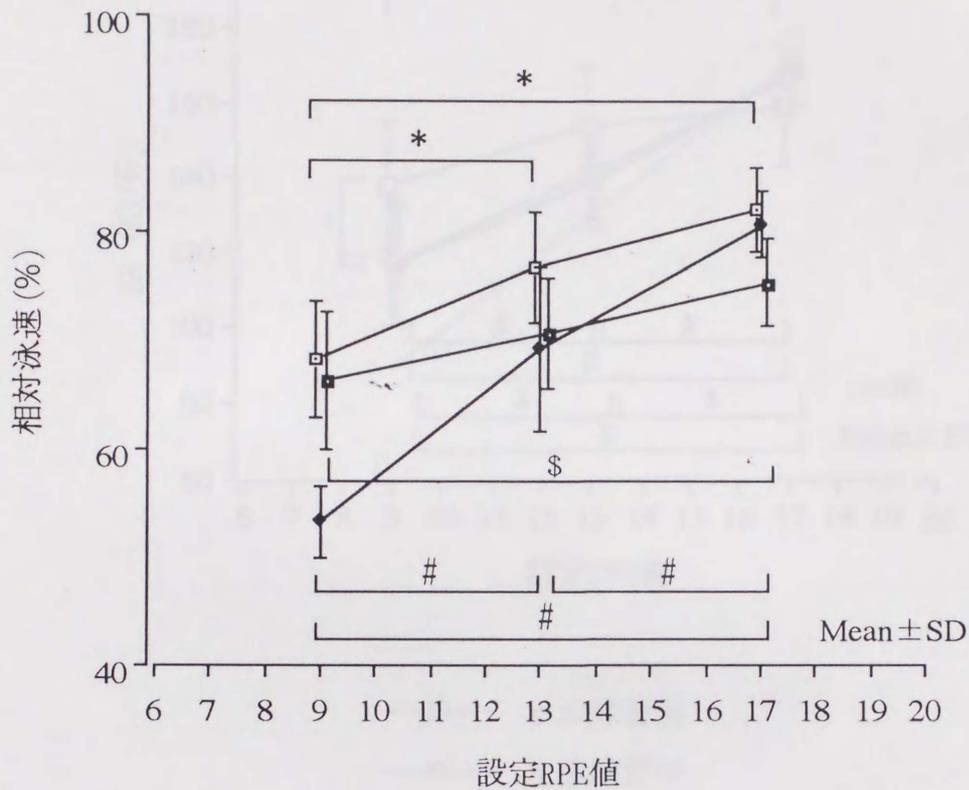


図3-1 水泳部員群，体育専攻学生I群，体育専攻学生IIa群を対象にした5分間泳における設定RPE値と%HRmaxの関係。

* $p < 0.05$ (水泳部員群における各設定RPE値間の有意差)，
 # $p < 0.05$ (体育専攻学生I群における各設定RPE値間の有意差)。



- 水泳部員群 (n=7)
- 体育専攻学生I群 (n=9)
- 体育専攻学生IIa群 (n=7)

図3-2 水泳部員群, 体育専攻学生I群, 体育専攻学生IIa群を対象にした5分間泳における設定RPE値と相対泳速の関係.

* $p < 0.05$ (水泳部員群における各設定RPE値間の有意差),
 # $p < 0.05$ (体育専攻学生I群における各設定RPE値間の有意差),
 \$ $p < 0.05$ (体育専攻学生IIa群における各設定RPE値間の有意差).

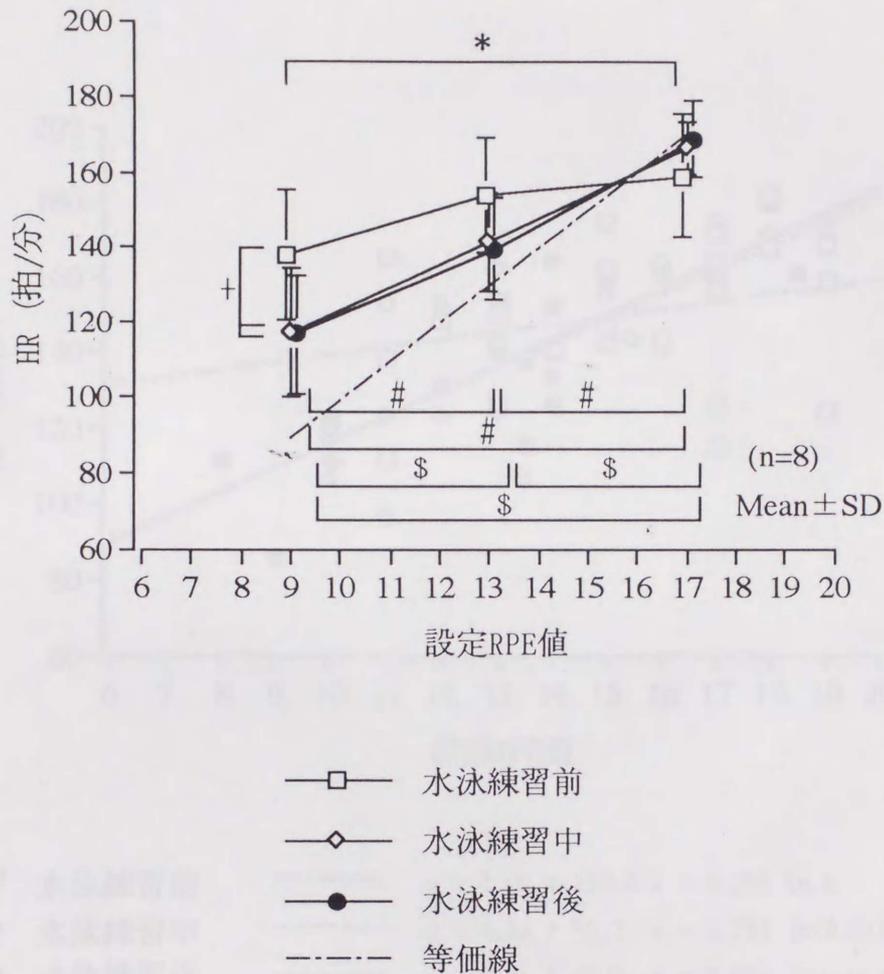


図3-3 体育専攻学生IIb群を対象にした水泳練習前、中、後の5分間泳における設定RPE値とHRの関係。

- * $p < 0.05$ (水泳練習前における各設定RPE値間の有意差) ,
- # $p < 0.05$ (水泳練習中における各設定RPE値間の有意差) ,
- \$ $p < 0.05$ (水泳練習後における各設定RPE値間の有意差) ,
- + $p < 0.05$ (水泳練習前に対する有意差) .

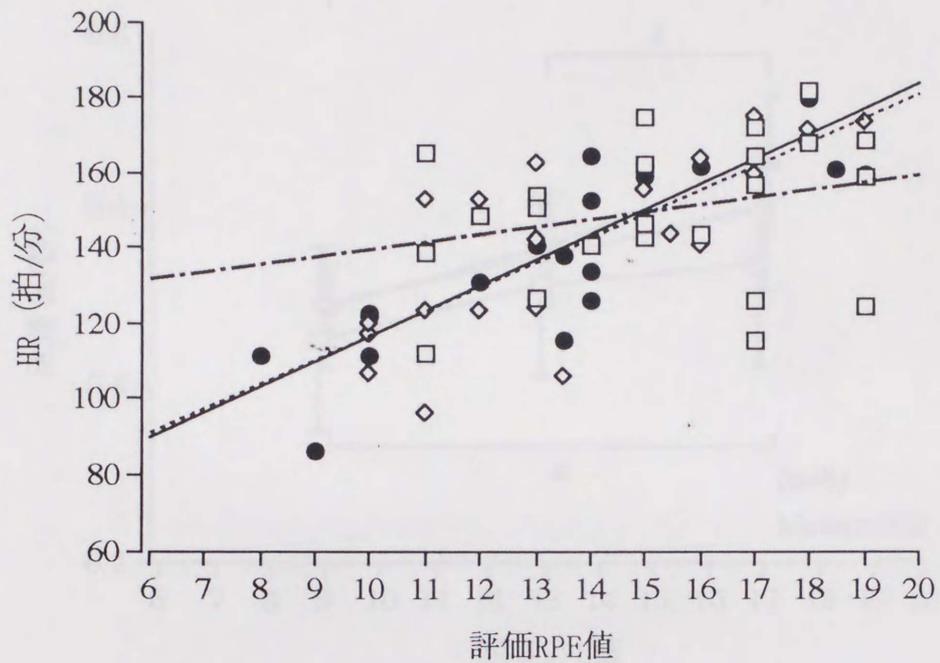
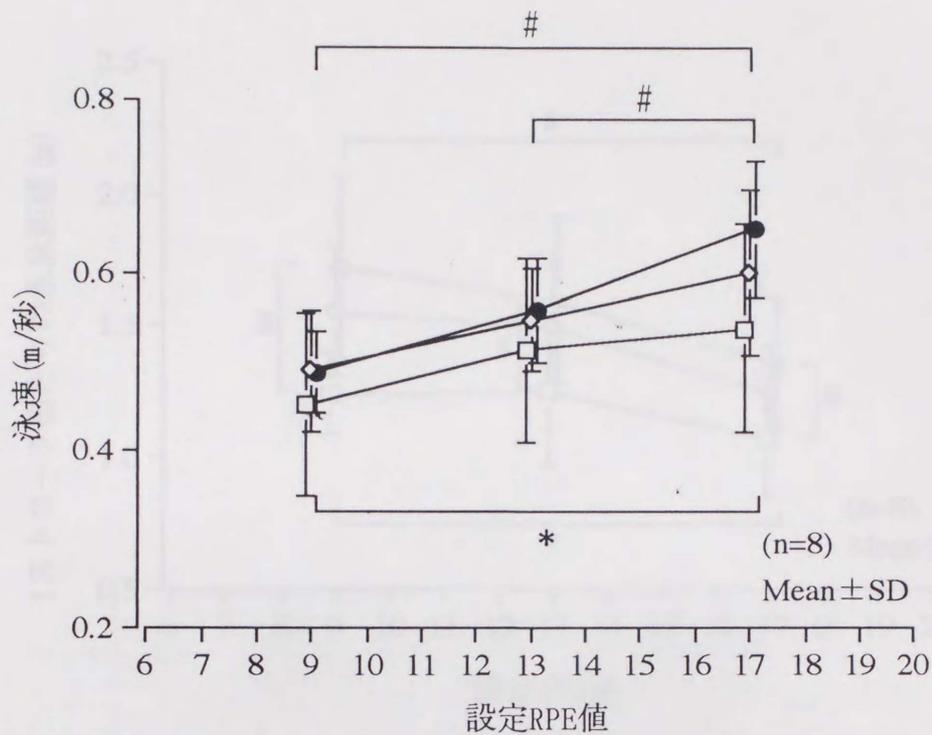


図3-4 体育専攻学生IIB群を対象にした水泳練習前、中、後の5分間泳における評価RPE値とHRの関係。



- 水泳練習前
- ◇— 水泳練習中
- 水泳練習後

図3-5 体育専攻学生IIb群を対象にした水泳練習前、中、後の5分間泳における設定RPE値と泳速の関係。

* $p < 0.05$ (水泳練習中における各設定RPE値間の有意差),
 # $p < 0.05$ (水泳練習後における各設定RPE値間の有意差).

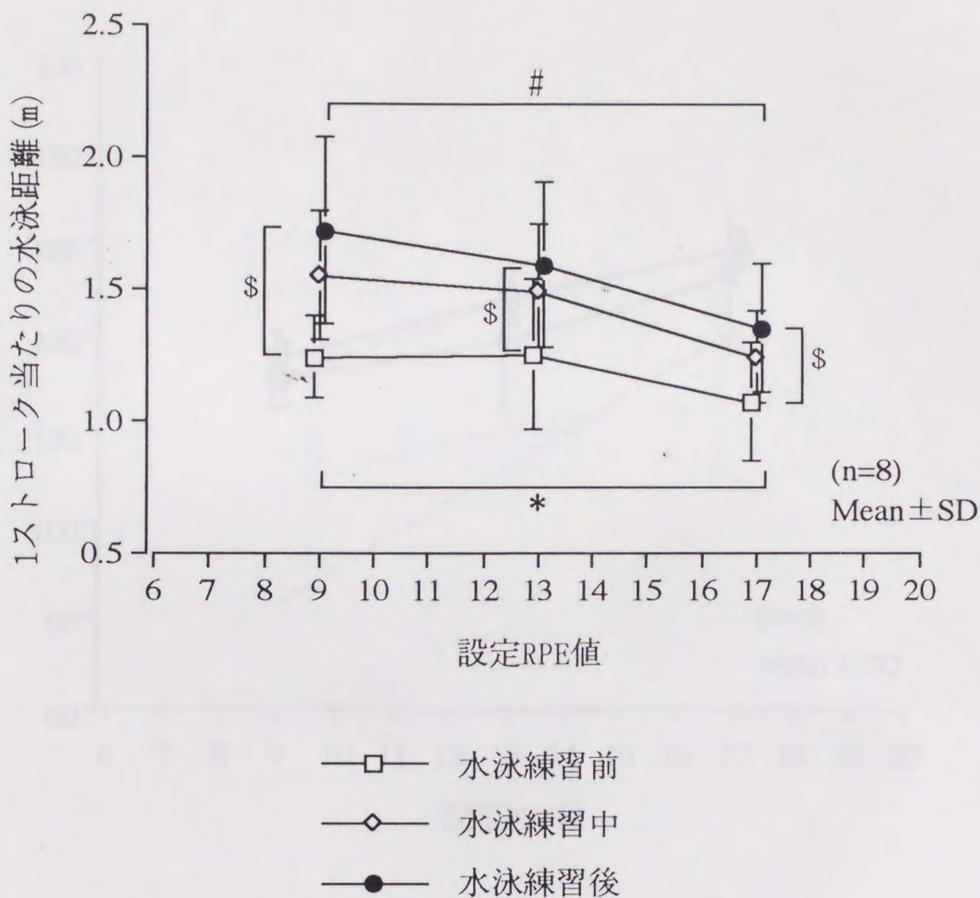


図3-6 体育専攻学生IIb群を対象にした水泳練習前、中、後の5分間泳における設定RPE値と1ストローク当たりの水泳距離の関係。

- * $p < 0.05$ (水泳練習中における各設定RPE値間の有意差),
- # $p < 0.05$ (水泳練習後における各設定RPE値間の有意差),
- \$ $p < 0.05$ (水泳練習前に対する有意差) .

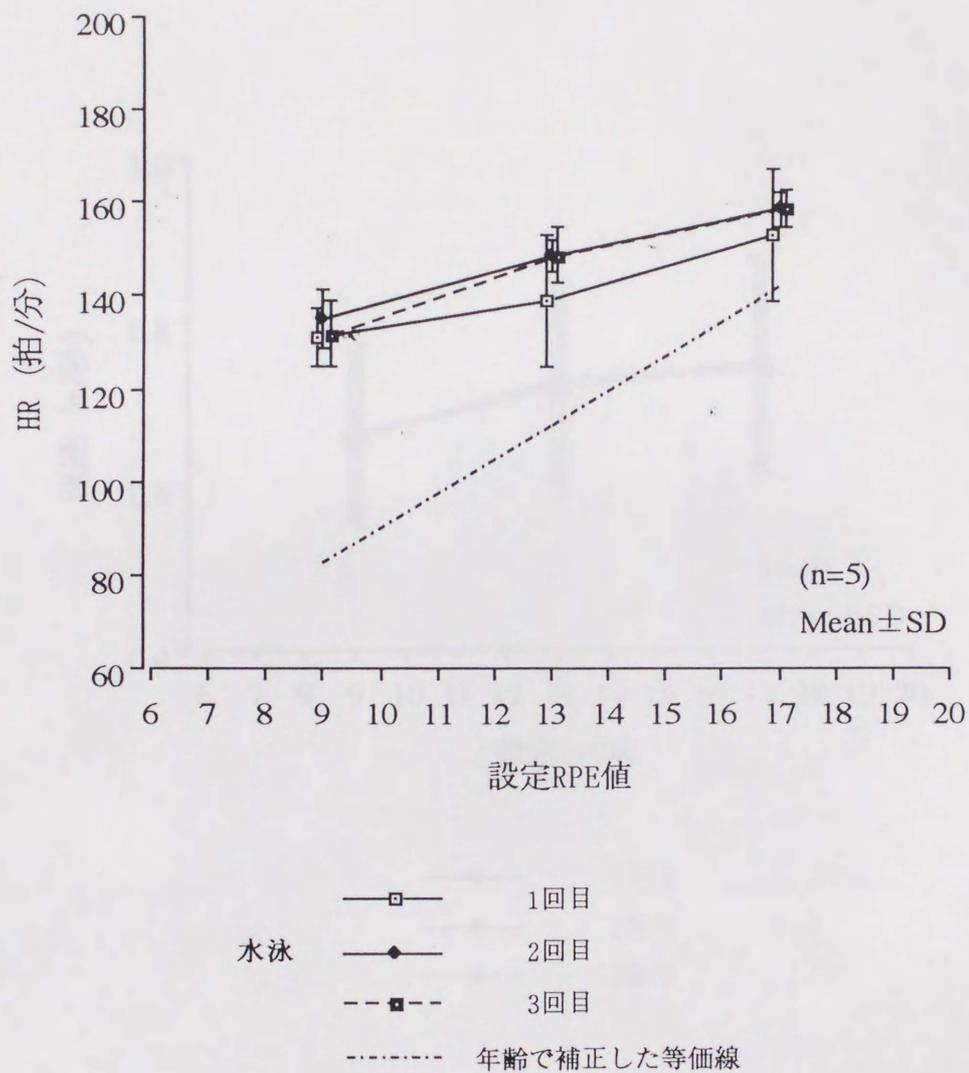


図3-7 中高年者群を対象に3回実施した5分間泳における設定RPE値とHRの関係

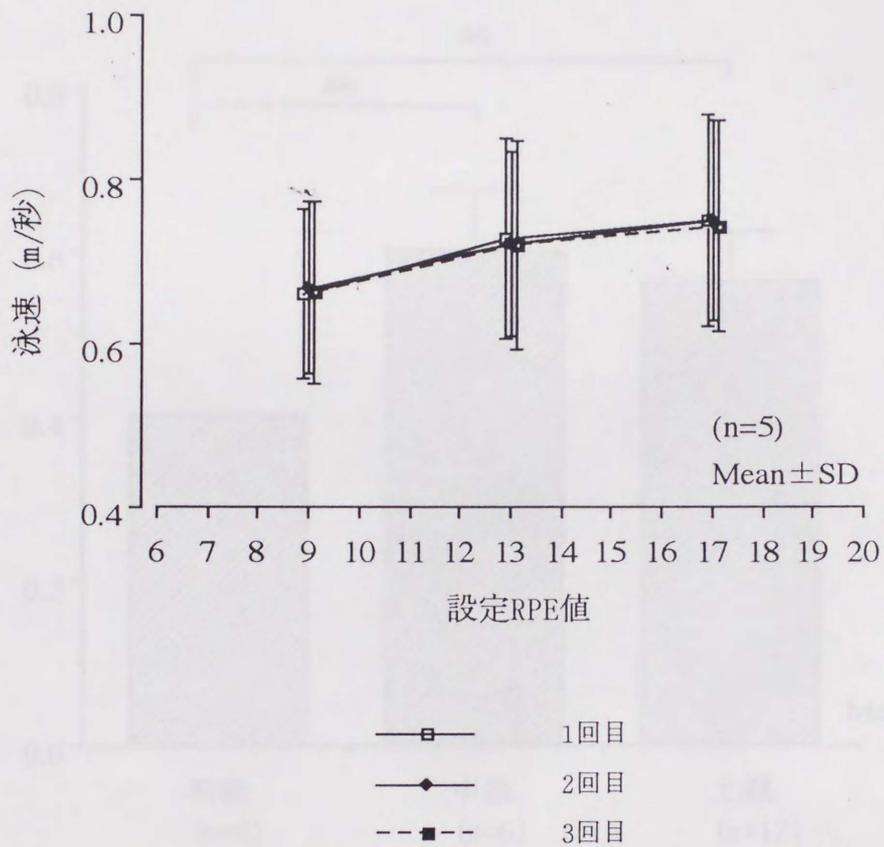


図3-8 中高年者群を対象に3回実施した5分間泳における設定RPE値と泳速の関係。

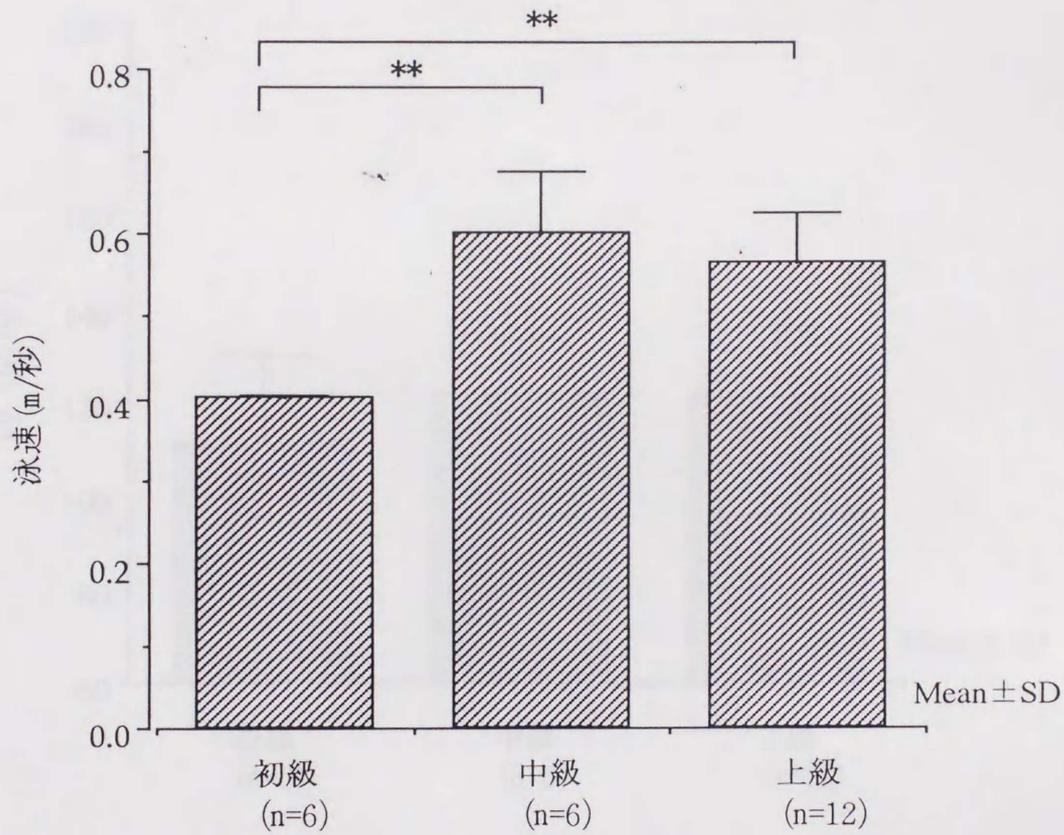


図3-9 小学生の水泳指導における各群の泳速.
 ** $p < 0.01$.

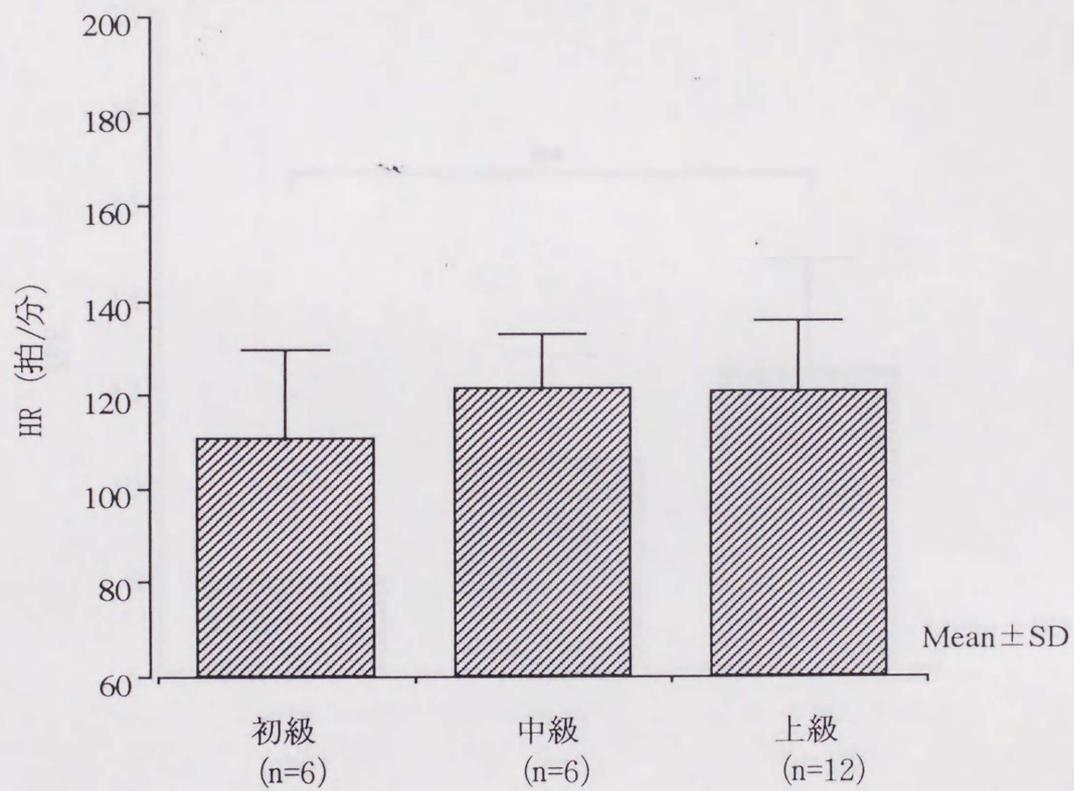


図3-10 小学生の水泳指導における各群のHR.

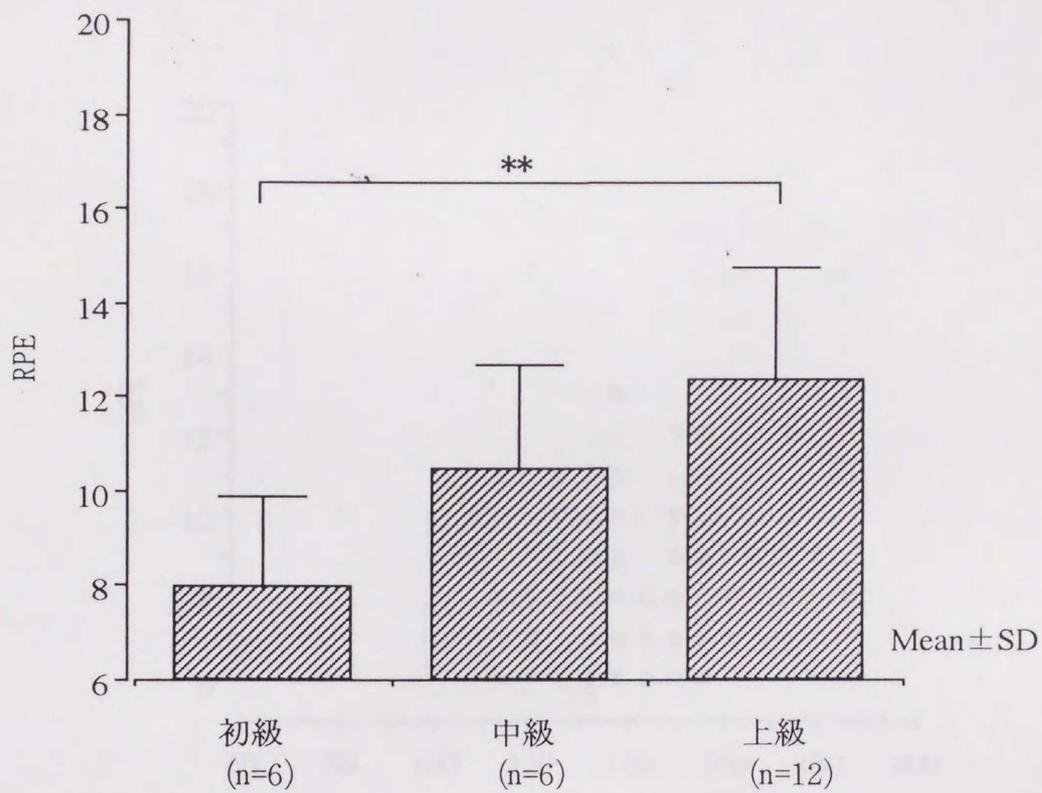


図3-11 小学生の水泳指導における各群のRPE.

** p<0.01.

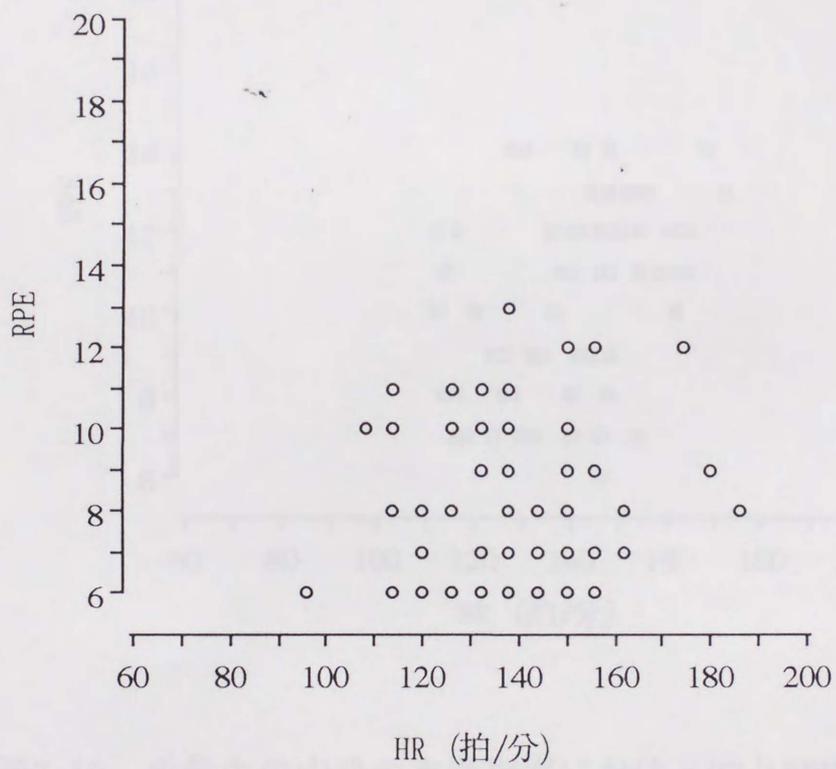


図3-12 小学生の初級の水泳指導におけるHRとRPEの関係.

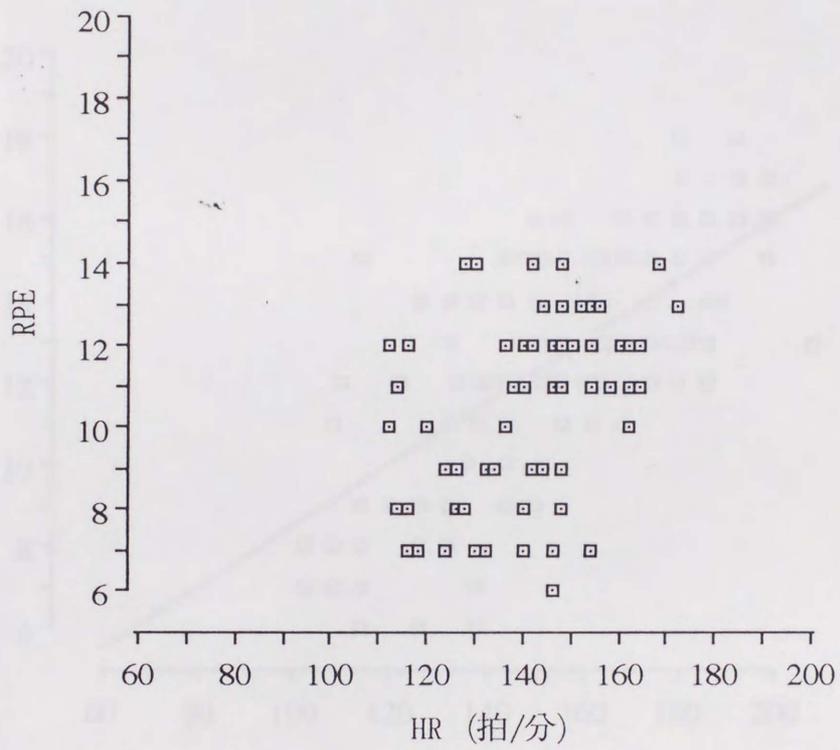


図3-13 小学生の中級の水泳指導におけるHRとRPEの関係.

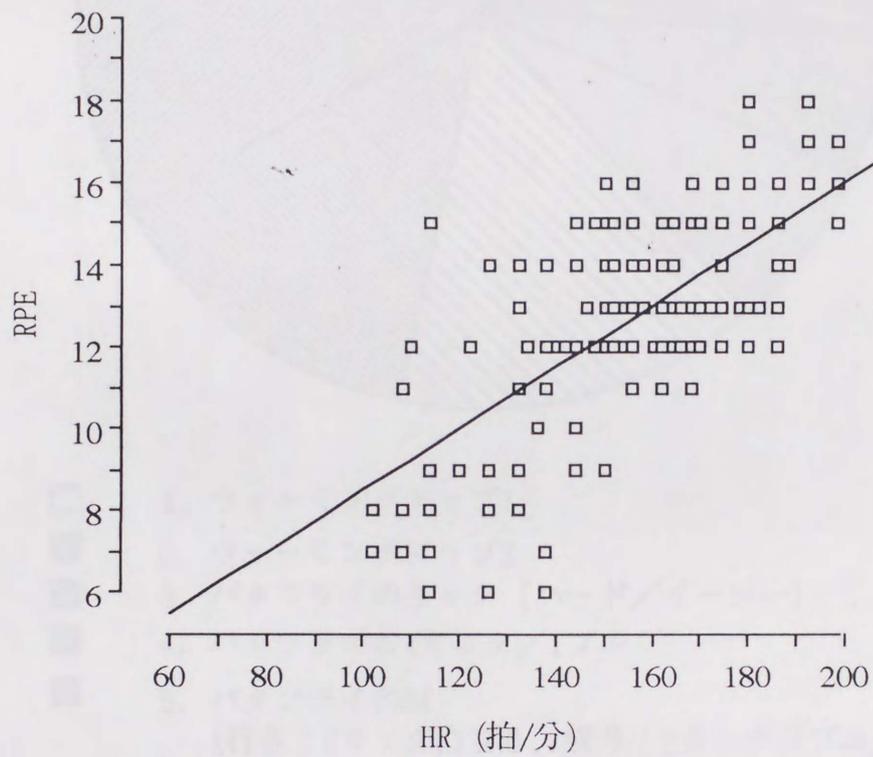
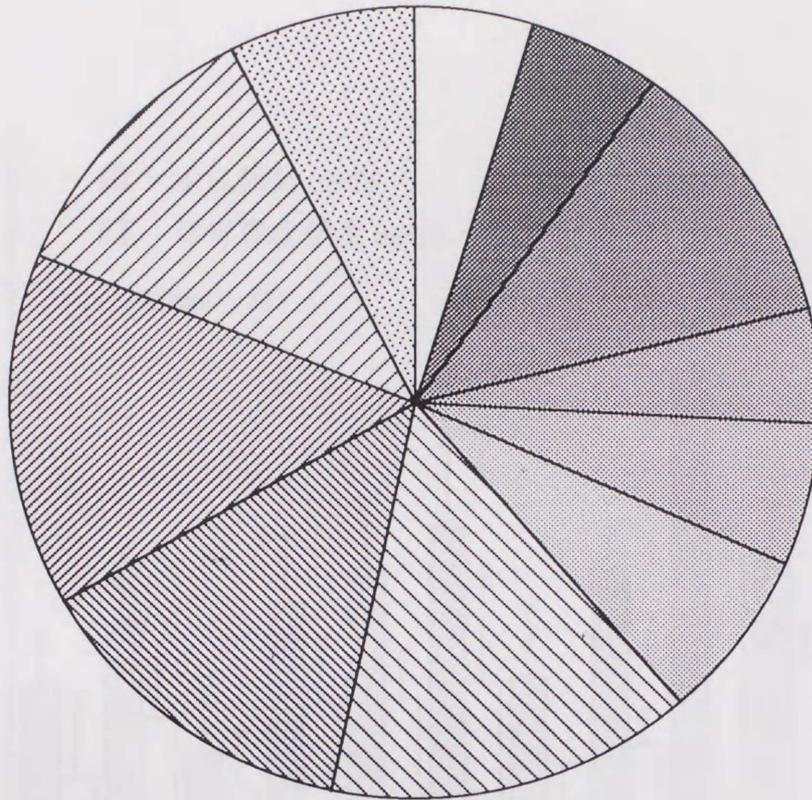
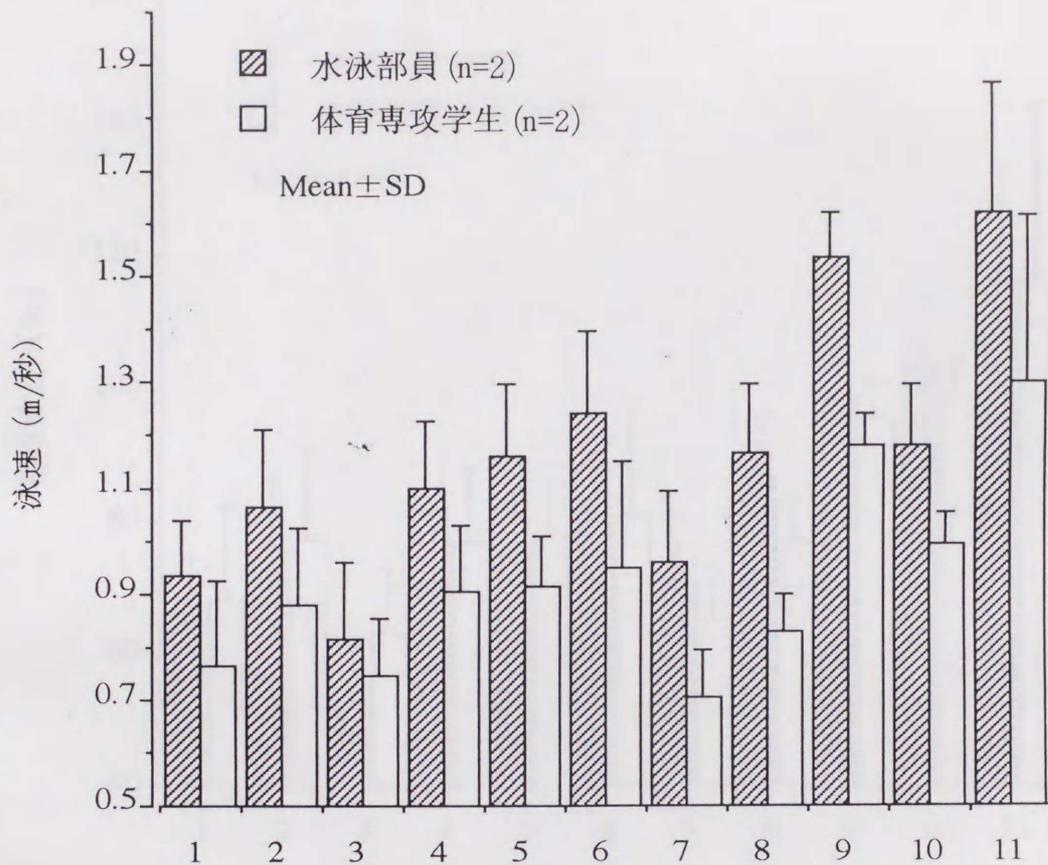


図3-14 小学生の上級の水泳指導におけるHRとRPEの関係.



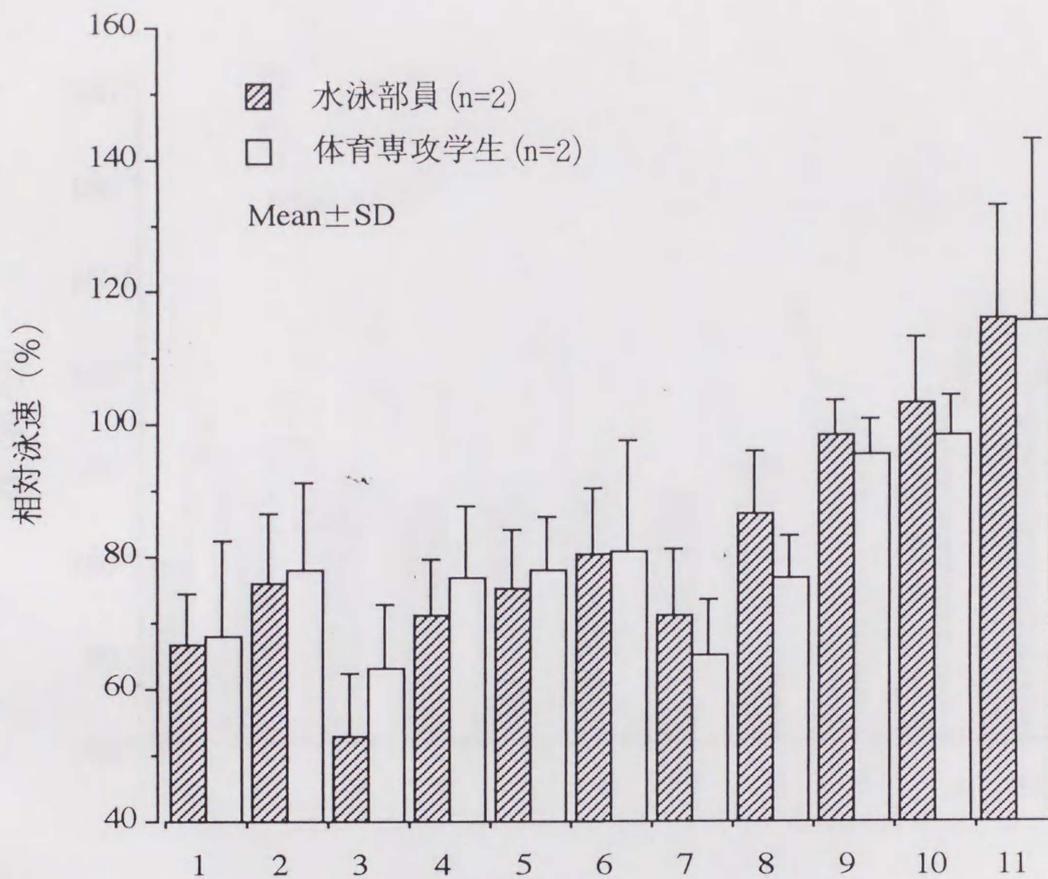
- 1. ウオーミングアップ1
- 2. ウオーミングアップ2
- 3. バタフライのキック (ハード/イージー)
- 4. バタフライの4キック/1プル
- 5. バタフライのSI
(行き:4キック/1プル, 帰り:2キック/1プル)
- 6. バタフライのコンビ
- ▧ 7. 背泳 (キック→コンビ→プル→コンビ)
- ▧ 8. 背泳のコンビ
- ▧ 9. クロールのコンビ (ダッシュ)
- ▧ 10. 平泳ぎのコンビ (ダッシュ)
- ▧ 11. 4種目のダッシュ

図3-15 大学生の水泳指導における時間配分.



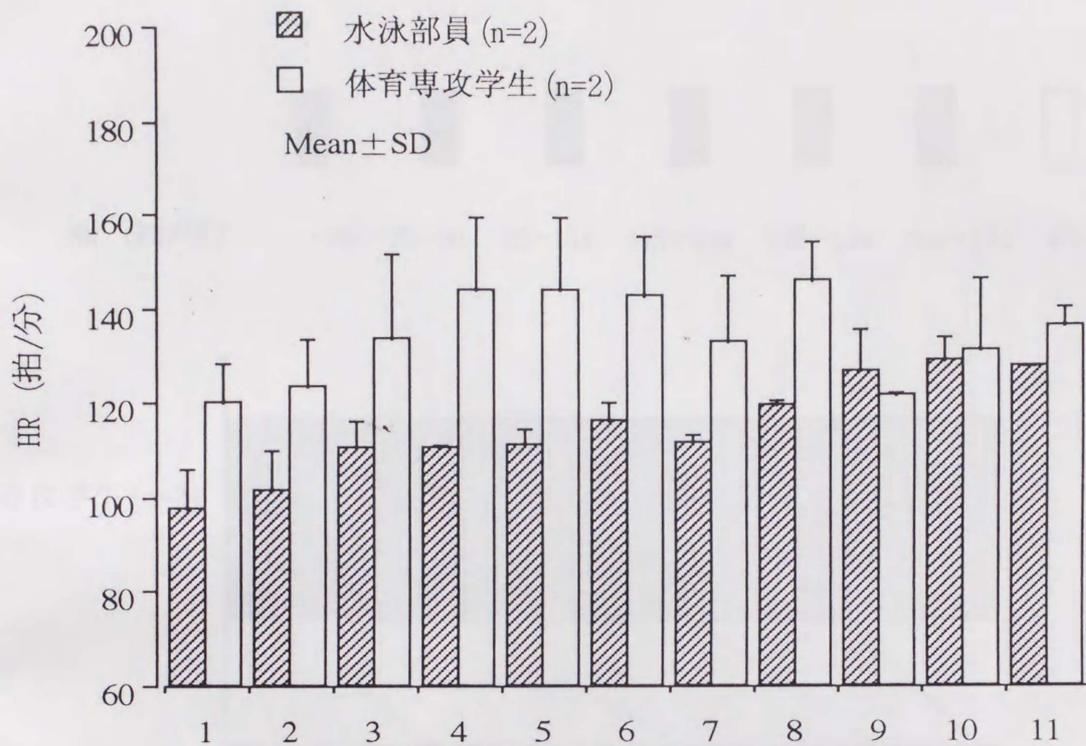
1. ウォーミングアップ1
2. ウォーミングアップ2
3. バタフライのキック (行き:ハード, 帰り:イージー)
4. バタフライ4キック/1プル
5. バタフライのSI
(行き:4キック/1プル, 帰り:2キック/1プル)
6. バタフライのコンビ
7. 背泳 (キック→コンビ→プル→コンビ)
8. 背泳のコンビ
9. クロールのコンビ (ダッシュ)
10. 平泳ぎのコンビ (ダッシュ)
11. 4種目のダッシュ

図3-16 大学生の水泳部員と体育専攻学生の水泳指導における泳速.



1. ウォーミングアップ1
2. ウォーミングアップ2
3. バタフライのキック (行き:ハード, 帰り:イージー)
4. バタフライ4キック/1プル
5. バタフライのSI
(行き:4キック/1プル, 帰り:2キック/1プル)
6. バタフライのコンビ
7. 背泳 (キック→コンビ→プル→コンビ)
8. 背泳のコンビ
9. クロールのコンビ (ダッシュ)
10. 平泳ぎのコンビ (ダッシュ)
11. 4種目のダッシュ

図3-17 大学生の水泳部員と体育専攻学生の水泳指導における相対泳速.



1. ウォーミングアップ1
2. ウォーミングアップ2
3. バタフライのキック (行き:ハード, 帰り:イージー)
4. バタフライ4キック/1プル
5. バタフライのSI
(行き:4キック/1プル, 帰り:2キック/1プル)
6. バタフライのコンビ
7. 背泳 (キック→コンビ→プル→コンビ)
8. 背泳のコンビ
9. クロールのコンビ (ダッシュ)
10. 平泳ぎのコンビ (ダッシュ)
11. 4種目のダッシュ

図3-18 大学生の水泳部員と体育専攻学生の水泳指導におけるHR.

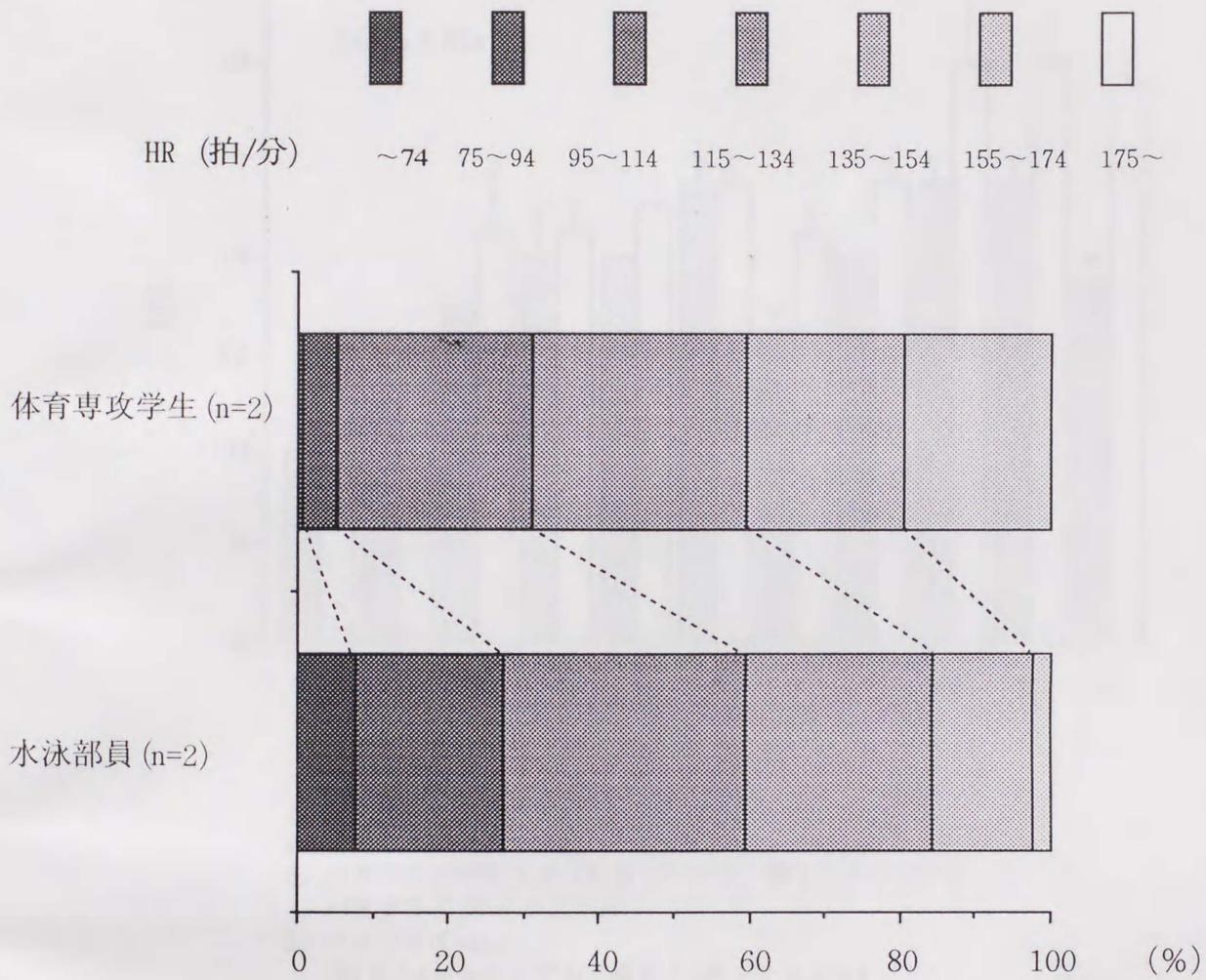
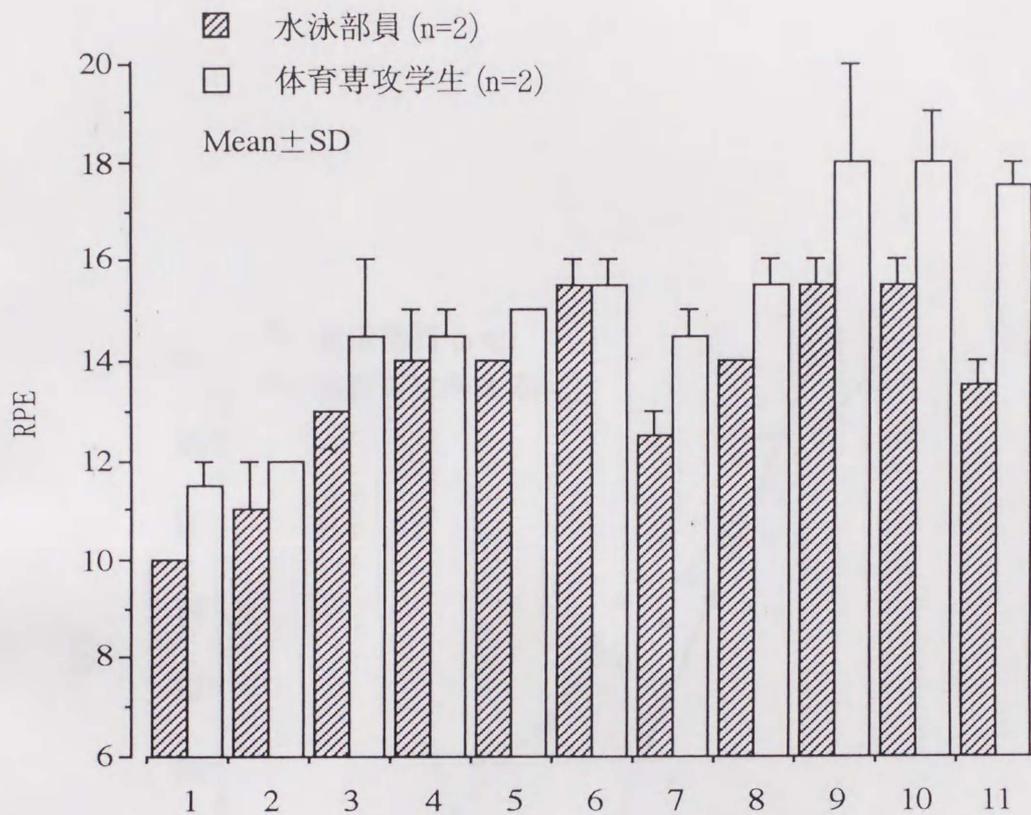


図3-19 大学生の水泳部員と体育専攻学生の水泳指導におけるHRの度数分布.



1. ウォーミングアップ1
2. ウォーミングアップ2
3. バタフライのキック (行き:ハード, 帰り:イージー)
4. バタフライ4キック/1プル
5. バタフライのSI
(行き:4キック/1プル, 帰り:2キック/1プル)
6. バタフライのコンビ
7. 背泳 (キック→コンビ→プル→コンビ)
8. 背泳のコンビ
9. クロールのコンビ (ダッシュ)
10. 平泳ぎのコンビ (ダッシュ)
11. 4種目のダッシュ

図3-20 大学生の水泳部員と体育専攻学生の水泳指導におけるRPE.

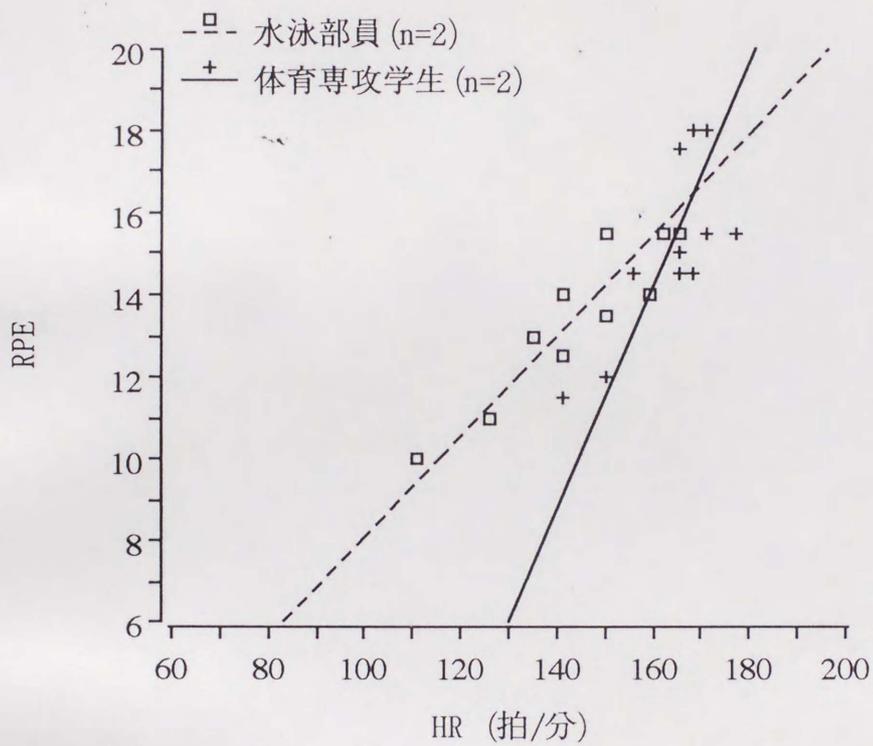


図3-21 大学生の水泳部員と体育専攻学生の水泳指導におけるHRとRPEの関係。