

女子学生の呼吸循環器系機能の応答

中嶋英昭, 湊久美子, 林喜美子, 齋藤八千代

Response of Respiratory and Circulatory System in Female Students

Hideaki Nakashima, Kumiko Minato,
Kimiko Hayashi and Yachiyo Saitoh

生活習慣病の予防や改善に有効な運動は有酸素運動であり、それは呼吸循環系の機能向上を目指して行う運動で、最大酸素摂取量の多少で評価できる。そこで、一般女子学生を対象にトレッドミル歩・走行を行わせ、呼吸循環器系機能の応答について計測した。比較のため運動部員（バスケットボール部、ソフトテニス部）についても同様に測定し、さらに15-25年前の報告とも比較した。心拍数は安静値から運動部と有意な差があり、その差は中等度の負荷でさらに広まり、一般学生・テニス部・バスケット部の間にそれぞれ約10拍/分ずつの差があった。最高心拍数は一般学生・テニス部・バスケット部それぞれ184・191・181拍/分で、運動遂行時間はそれぞれ11分20秒・12分26秒・12分56秒で、バスケット部はまだ余力がある状態かもしれない。最大酸素摂取量は一般学生34.5・バスケット部47・テニス部41ml/kg・分で、運動部との間に有意差が認められた。また15-25年前の一般学生と比較しても若干低い値であった。心拍数と酸素摂取量の関係式から考察するとバスケット部は他の群より大きく左方移動した直線で、テニス部と15年前の一般学生がほぼ同様の傾向、そして今回の一般学生は最も右寄りに位置しており、同一負荷に対して循環系がより多く負担を強いられている状態と言える。以上の結果から、今回の一般学生の呼吸循環器系機能は運動部員に比較して、さらに15-25年前の一般学生と比較しても低く、日常生活の中に酸素運動を取り入れる努力をし、呼吸循環器系の機能改善を計らなければ、将来の生活習慣病が心配される。

キーワード：女子学生 運動部 トレッドミル 心拍数 最大酸素摂取量

はじめに

健康の維持・増進に、そしていわゆる成人病予防に対し、食生活・運動習慣の改善が不可欠との認識から、厚生省の推奨する「生活習慣病」の名称が定着してきた。食に関しては榮

養士による啓蒙活動によって食生活改善の成果を期待できるが、運動に関してはその必要性が認識されてきたにもかかわらず、その実施状況は今だ低い。特に20才代の女性の実施率(16.7%)が低いこと⁶⁾が報告されており、女子学生も同様であると考えられる。近年、大学教育の保健体育科目についてその扱いは大きく変化し、特に体育実技は必修科目から選択科目になった大学や、さらには保健体育科目の消滅した大学もあり、運動不足の状況は深刻と言わざるをえない。

生活習慣病の予防や改善に有効な運動は有酸素運動であり、呼吸循環器系の機能改善を主たる目的として行う運動である。有酸素性運動能力は最大酸素摂取量の多少によって判定されることが知られており、運動負荷に伴う酸素摂取量を測定した報告は多い。そのうち女子学生のトレッドミル走を用いて測定した報告^{10,15,16)}をみると、最大酸素摂取量は平均で34-41 ml/kg・分程度である。

本報告では、現在の女子学生の運動負荷に伴う呼吸循環系機能について測定し、日常的に運動を継続している運動部員(バスケットボール・ソフトテニス)、ならびに約20年前の女子学生の値との比較検討を実施し、現代の女子学生の有酸素性運動能力について評価した。

方 法

1 被験者

表1に示す健康な女子学生である。一般学生は共通教養科目のスポーツ実習を履修している学生で、十分な説明のもとに希望して参加した学生であり、授業以外には日常何の運動も実施していない1-2年生である。バスケットボール部は週5日(約3時間)練習している1-4年生で、ソフトテニス部は週5日(平日2.5時間、土・日は7-8時間)練習している1-2年生である。なお、両クラブとも、関東学生連盟2部所属のクラブであり、日頃より、競技力向上を目的にしてハードな練習に取り組んでいるクラブである。

表1 被験者の特徴

	年齢 歳.ヶ月	身長 cm	体重 kg	BMI
バスケットボール部(10人)	19.4 ± 1.4	163.6 ± 4.71	61.1 ± 6.36	22.8 ± 2.21
ソフトテニス部(7人)	18.11 ± 0.8	162.1 ± 4.77	56.1 ± 4.67	21.3 ± 1.62
一般学生(6人)	19.2 ± 0.3	159.3 ± 7.16	58.3 ± 8.08	22.9 ± 1.58

値は平均値 ± 標準偏差

2 運動負荷方法

トレッドミル (フクダ電子MAT-2610) にて角度・速度の漸増法で運動を負荷し、その際の心拍数・酸素摂取量を測定した。負荷方法は椅座安静の後、ウォーミングアップとして角度0%で速度50m/分の歩行、次いで4.2%・70m/分の歩行、その後は走行とし、図1に示すごとく漸増し、Exhaustion (疲労困憊) まで走行させた。負荷設定に当たっては、全被験者同一で比較することを目的にしたため、運動部には軽すぎ、一般学生には強すぎた感は否めない。心電図の記録はフクダ電子FCP-4720を用い、1分毎に最後の10秒間を計測し1分間値として算出した。呼気ガスの分析はアルコシステムのARCO-1000にてBreath by Breathで連続計測し、30秒毎に1分間値としてプリントアウトした。Exhaustion時点の計測は、心拍数は最後の10秒間値を計測、酸素摂取量は20秒間以上採気できた場合を有効とし、それ以下の端数はその前の30秒間値と合算した。今回は分析に用いなかったが血圧についても日本コーリン社の運動負荷用血圧監視装置STBP-780にて安静から運動中において監視のため計測した。

3 統計処理

得られた数値は、各群の平均値と標準偏差で示した。3群間の有意差検定には一元配置の分散分析 (ANOVA) を実施し、その結果が有意の場合には各群毎の比較にFisher's PLSDを用いた。有意性の水準はすべて5%未満とした。

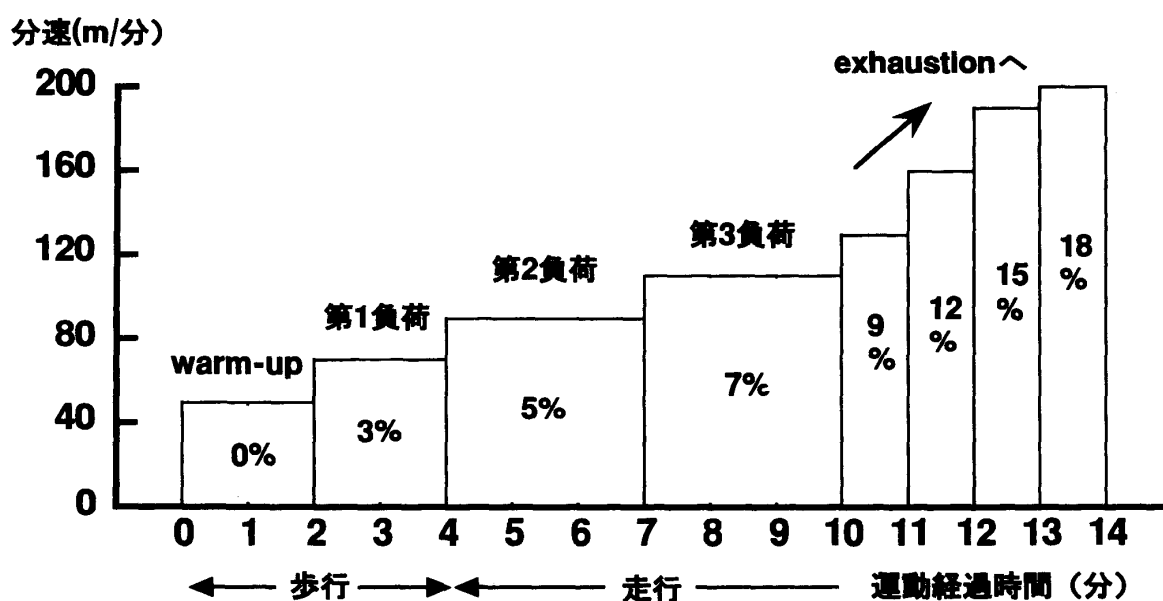


図1 トレッドミルの負荷方法

結 果

1 心拍数の動態

図2・表2にトレッドミル歩・走行中の心拍数の変化を示した。安静値を比較するとバスケットボール部、ソフトテニス部、一般学生それぞれ1分当たり62・72・77拍で、バスケット部はテニス部と一般学生それぞれとの間に有意な差があった。その差は運動実施中の中等度の運動負荷でさらに開いた。各段階の同一負荷での心拍数を比較すると、一般学生とバスケット部の間で20拍の差があり、テニス部はその中間で、どちらも約10拍の差で推移した。

最高心拍数は、テニス部が最も高く191拍、次いで一般学生184拍であり、バスケット部は181拍であった。バスケット部の値は予想より低い結果となった。しかし、疲労困憊までの運動遂行時間はバスケット部が最も長く、12分56秒、テニス部が12分26秒、一般学生は11分20秒であった。

運動後の回復状況を比較すると、バスケット部の回復の良さが目立ち、1・2・3分目ともに3群間で最も早い回復状況であった。テニス部は最高が190拍を超えているので1分目

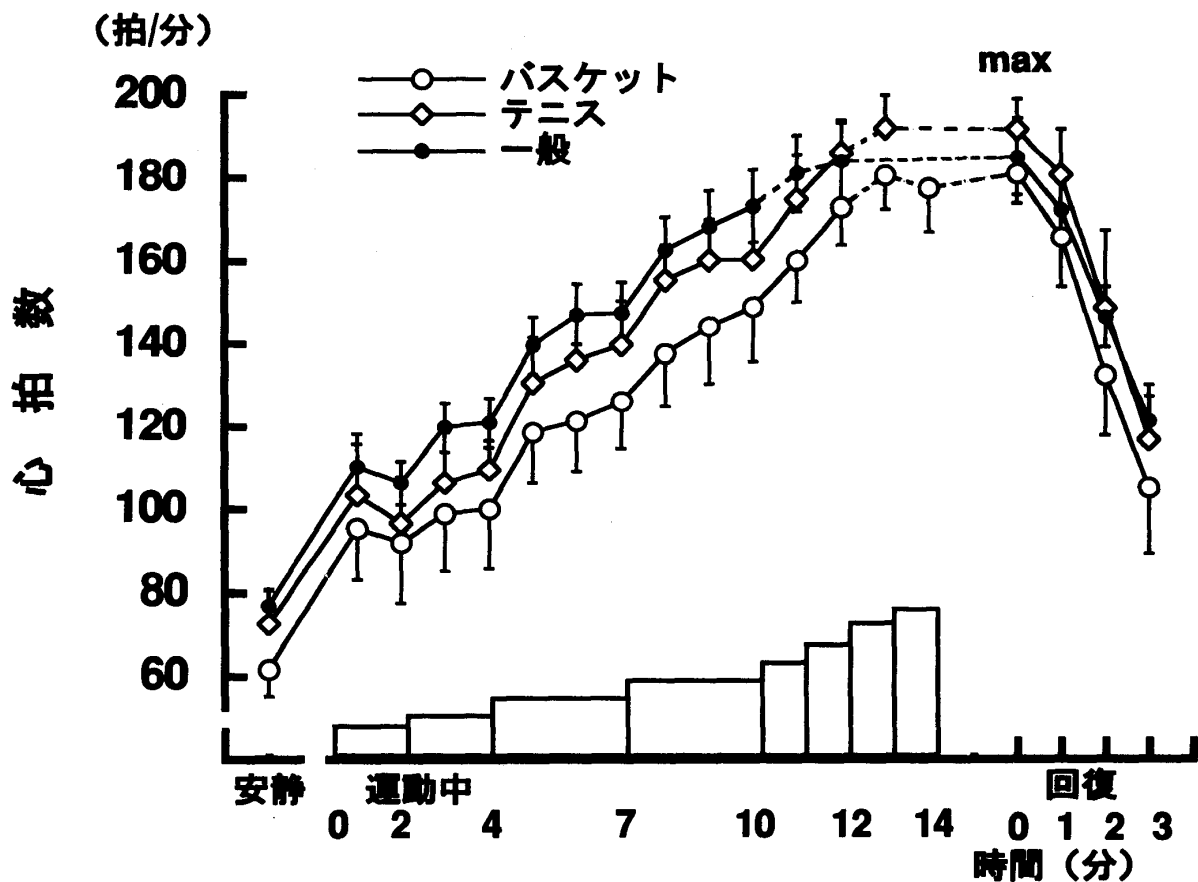


図2 トレッドミル歩・走行中の心拍数の推移

表2 各負荷での平均心拍数と有意差の有無

心拍数 (拍/分)	バスケットボール部 10人	ソフトテニス部 7人	一般学生 6人	有意性
安静	61.5±6.5	72.3±8.1 ^a	76.8±5.8 ^b	p<0.05
運動中				
warm-up 1'00-2'00	91.9±14.4	96.5±11.2	106.3±14.4	NS
第1負荷 3'00-4'00	100.0±14.4	109.5±7.0	120.9±14.5 ^b	p<0.05
第2負荷 6'00-7'00	126.2±11.6	139.6±10.8 ^a	147.0±7.2 ^b	p<0.05
第3負荷 9'00-10'00	148.9±13.3	160.2±12.3	173.1±8.3 ^b	p<0.05
最高心拍数	180.8±7.3	191.4±7.4 ^a	184.9±5.3	p<0.05
運動遂行時間	12'56"±29"	12'26"±21"	11'20"±31" ^{bc}	p<0.05
値は平均値±標準偏差	a:p<0.05 ソフトテニス部vsバスケットボール部 b:p<0.05 一般学生vsバスケットボール部 c:p<0.05 一般学生vsソフトテニス部			NS:非有意

の回復はあまり良くないが、2分目で一般学生と同じになり、そして3分目には一般学生より低くなるほどの回復率であった。全体として一般学生の回復は運動部より遅く、なだらかな回復曲線であった。

2 酸素摂取量の動態

図3・表3に酸素摂取量を示した。3群とも中等度の負荷では同様の摂取状況で推移しており、仕事量に見合ったエネルギーを産出していることが推定できる。最大酸素摂取量の絶対値では、バスケット部・テニス部・一般学生それぞれ2.9・2.3・2.0l/分、体重当りで47.0・40.9・34.5ml/分で、バスケット部と他の2群との間、さらにテニス部と一般学生との間にそれぞれ有意差があった。運動終了後の推移も運動部が急下降で、その回復力の良さを示していた。一般学生の最大酸素摂取量(34.5ml)について以前の学生と比較すると、本学学生(1985年)が36.0ml¹⁰⁾、その他が34ml¹⁵⁾(1973年)、41ml¹⁶⁾(1974年)と報告されており、現在の女子学生の有酸素性運動能力は15-25年前より若干低かった。

3 心拍数と酸素摂取量の関係式

図4に心拍数と酸素摂取量の関係を示した。上段の3群の比較では、バスケット部が $Y = 0.351X - 20.587$ で他群と比較して大きく左方移行した関係式であった。テニス部の $Y = 0.291X - 18.141$ の関係式も一般学生の $Y = 0.312X - 23.491$ よりはやや左方移行した位置にある。また、一般学生(図下段)について1985年当時の学生¹⁰⁾と比較すると、関係式はやや右方移行しており、同一酸素摂取量での心拍数に約5拍の差が認められている。

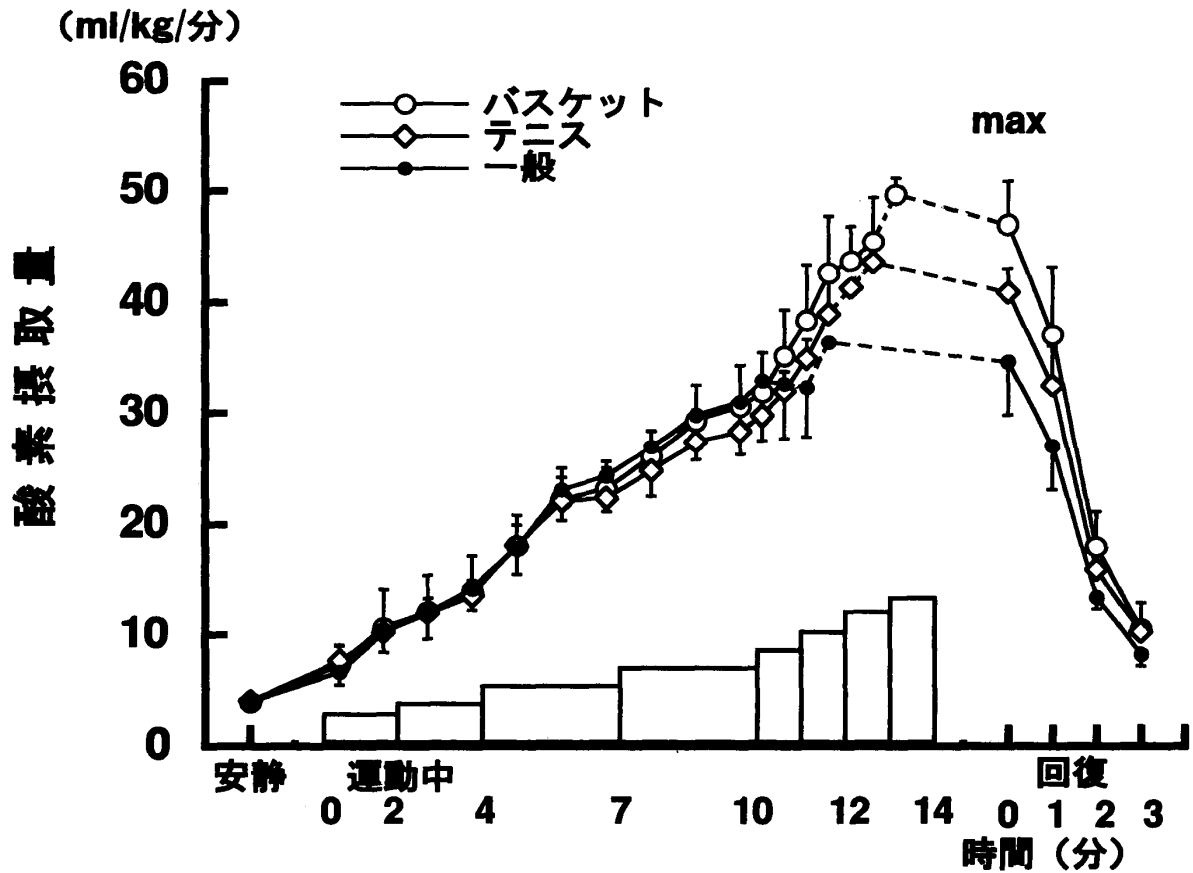


図3 トレッドミル歩・走行中の酸素摂取量の推移

表3 各負荷での平均酸素摂取量と有意差の有無

酸素摂取量 (ml/kg/分)	バスケットボール部 10人	ソフトテニス部 7人	一般学生 6人	有意性
安静	3.99±0.22	4.15±0.16	4.03±0.22	NS
運動中				
warm-up 1'00- 2'00	10.68±3.44	10.20±1.01	10.14±1.73	NS
第1負荷 3'00- 4'00	13.95±3.2	13.59±1.29	14.25±1.91	NS
第2負荷 6'00- 7'00	23.19±2.43	22.36±2.66	24.33±3.18	NS
第3負荷 9'00-10'00	30.55±3.77	28.4±2.68	31.02±4.73	NS
$\dot{V}O_2$ max (ml/kg・分)	47.02±3.79	40.89±2.11 ^a	34.53±4.80 ^{bc}	p<0.05
$\dot{V}O_2$ max (ml/分)	2863±300	2292±224 ^a	2001±327 ^b	p<0.05

値は平均値±標準偏差

a:p<0.05 ソフトテニス部vsバスケットボール部

b:p<0.05 一般学生vsバスケットボール部

c:p<0.05 一般学生vsソフトテニス部

NS: 非有意

考 察

今回測定した一般女子学生の最大酸素摂取量は 2.0 ± 0.331 /分、 34.5 ± 4.80 ml/kg・分であった。日常的に練習を継続している運動部 (バスケットボール部・ソフトテニス部) の学生とは有意な差があり、有酸素性運動能力に明らかな違いが認められた。この結果はこれまでの多くの報告と一致しており、運動習慣の無い者は呼吸循環系の機能、すなわち、酸素の運搬能力が低い状態であることを示している。この状態が長い期間継続したまま加齢すると、高血圧・動脈硬化・虚血性心疾患・脳血管疾患などの生活習慣病を助長することがよく知られている。

今回の結果では、運動部でもバスケット部とテニス部の間に最大酸素摂取量 (47 および 41 ml/kg・分) に有意差が認められた。運動部の練習や試合中の生体負担度について数多くの報告がなされており、バスケットボールは激運動の

種目として知られている^{4,14)}。テニスに比較すると1回の運動の継続時間が長く、ダッシュの繰り返しが続くスポーツである。しかも、試合時においても選手交代による休憩時間は短く、短時間で回復して次の出場に対処する必要があるため、競技特性として酸素摂取能力の向上が必要不可欠なスポーツ種目の代表である。他方、ソフトテニスラリーはラリーが続くほど生体負担度は上がるが、それは特別な練習でない限りあまり多くない。練習での1対1の乱打は、試合時や他の練習に比較してラリーを長く続けるために心拍数は180拍/分を超えることもあ

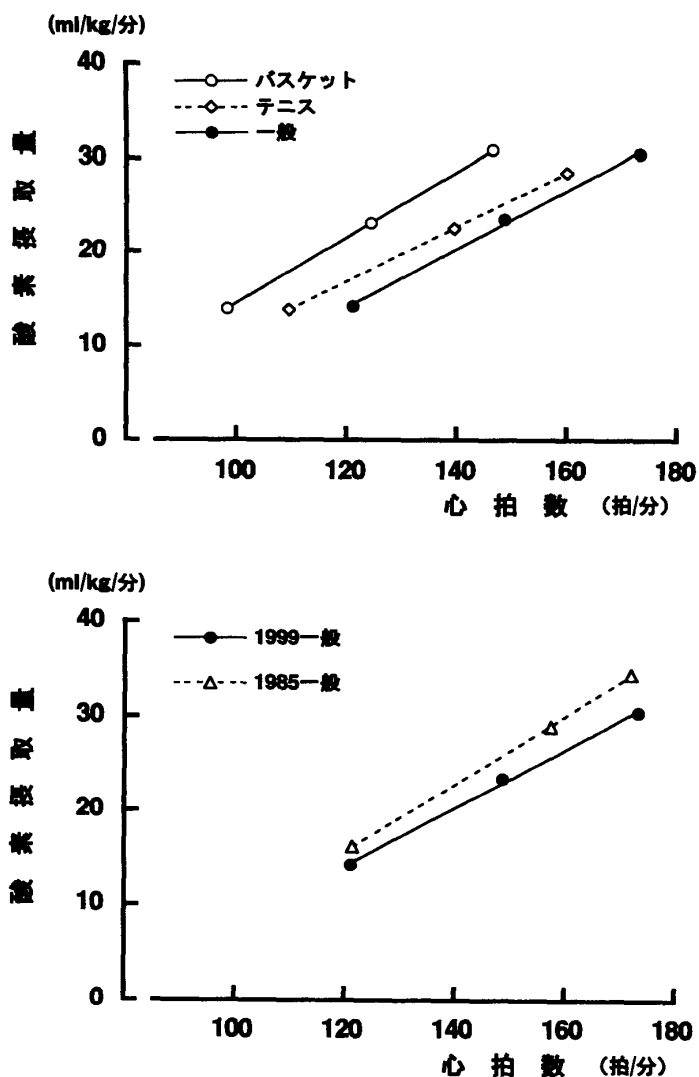


図4 心拍数と酸素摂取量の関係

直線回帰式	バスケットボール部	$Y = 0.351X - 20.59$
	ソフトテニス部	$Y = 0.291X - 18.14$
	一般学生 (1999)	$Y = 0.312X - 23.49$
	一般学生 (1985)	$Y = 0.362X - 27.87$

るが、練習中の平均心拍数は130拍程度^{2,5)}である。さらに、試合を分析すると¹¹⁾、1ポイントが決まるまでのラリーの本数はサーブとサーブレシーブの1往復が18%、3-4本目が最も多く31%、74%は3往復以内で決まってしまう競技であり、ほとんどの場合が1ポイントに要する時間は10秒以内となっている。しかもポイント間にはペアと相談したり呼吸を整えたりすることが可能で、自分のリズムで競技できるスポーツである。従って、ソフトテニスには試合には有酸素性運動能力をさほど必要とはしないスポーツ種目の代表と言える。勿論、練習では多くの運動量が負荷され、また、1日の試合数が多い等、スポーツ選手の基礎体力としての酸素摂取能力は必要であるが、バスケットボールと比較するなら、その必要性は低いと考えられる。従って、最大酸素摂取量における両群間の有意差は妥当な結果であると考えられる。

また、トレッドミルにおける3段階の同一負荷での酸素摂取量は3群間に差は認められなかったのに対し、心拍数について比較すると、一般学生が最も高く、次いでテニス部、バスケット部の順で、それぞれの差は約10拍/分もあった。このことは心拍数と酸素摂取量の関係式に表れており、直線が左方移動するほど同一負荷での心拍数が低いことを示すものである。つまり、心拍数の高かった一般学生は同一負荷の運動遂行に、より多くの循環系の負担が強いられていることを意味するものである。従って、有酸素性運動能力の劣る者は日常生活における行動においても、常に高い生体負担が強いられていることになり、つつい楽な日常行動を選択する結果となり、それが運動不足を助長することが推測できる。他方、能力の高い学生は日常生活で一般学生と同じ行動をする場合、生体負担度は低い状態、すなわち、より楽に遂行できることから、常に活動的な生活行動を選択するようになると考えられる。

次に、一般学生の結果を約20年前の報告^{10,15,16)}と比較した。今回参加した一般学生はスポーツ実習を選択履修している、いわば運動不足を克服しようと身体活動を取り入れている積極的学生であったにもかかわらず、約20年前の学生より有酸素性運動能力が低い傾向にあった。一般学生の体力は過去の運動経験年数で決まっている⁹⁾ところから、中学・高校で運動部経験のない学生の体力レベルは低いことが予想され、大学においてもスポーツ活動に積極的に参加する率は低い¹²⁾ことが考えられる。すなわち、一般の特にスポーツ活動に参加していない学生は今回の被験者よりももっと運動実践について積極性がなく、日常生活が非活動的であり、そして有酸素性運動能力が低い傾向にあることが懸念される。

中高年者では、近年の健康志向によってウォーキング・ジョキング愛好者が増加しているが、若者では、逆に運動離れが進み、そして若年女性の瘦身願望が「食べない・動かない」を助長し⁶⁾、一般的な体力低下を招来している¹⁾。今回の一般学生もおそらく同様な傾向にあ

り、約20年前の結果より有酸素性運動能力が低い傾向にあったと考えられる。

持久性トレーニングでは、有酸素性運動能力の低い学生はトレーニング効果が早く現れ、能力の高い学生はトレーニング効果を得るのに運動の強度・時間・頻度、あるいは期間を増加する必要があることが知られている⁸⁾。さらに、体力の低い学生は週1回でも1年間の体育実技によって体力測定の結果が向上した⁹⁾と報告されている。また、20才代から60才代までの対象者においても、日常の運動習慣の有無で有酸素性運動能力に有意差を認めている¹³⁾。したがって、運動の実施率の低い20才代女性に対しても日常生活の中に運動的要素を積極的に取り入れるよう啓蒙活動をし、そして呼吸循環系の機能を改善するための有酸素運動を実践させ、生活習慣病の予備軍の増加をくい止める方策を考えなければならない。厚生省の健康増進対策⁷⁾は勿論であるが、大学においても体育実技が選択制になるにあたっての文部省指導(学生が自由に使用できる施設の充実)に対する対策が講じられていない状況をどのように克服するか、特に私学全般の現状、さらに当大学のように高校との施設共用の状況は、難題が山積みである。

要 約

- 1) 一般学生、ソフトテニス部員、バスケットボール部員を対象に、トレッドミル歩・走行(運動負荷)に対する呼吸循環器系機能の応答について比較した。
- 2) 安静心拍数は運動部と一般学生の間に有意な差があり、同一負荷での値も3群間で約10拍ずつの差があった。
- 3) 最高心拍数はテニス部が191・一般学生184・バスケット部181拍/分で、運動遂行時間はバスケット部12分56秒、テニス部12分26秒、一般学生11分20秒であった。
- 4) 心拍数の回復状況はバスケット部が最も良く、次いでテニス部、一般学生は傾斜のなだらかな回復であった。
- 5) 一般学生の最大酸素摂取量は34.5ml/kg・分で約20年前の一般学生より低い傾向にあった。また、運動部のバスケット部47ml、テニス部41mlとは有意な差があった。
- 6) 心拍数と酸素摂取量の関係式では、バスケット部は他の群に比較して大きく左方移行した関係式、テニス部と15年前の学生がほぼ同様の傾向、今回の一般学生は15年前の学生よりやや右方移行した関係式を示した。
- 7) 以上の結果から、今回のスポーツ実習を履修した一般学生の呼吸循環器系機能は、運動部員に比較して明らかに低だけでなく、約20年前の学生よりも低い傾向にあり、有酸素性の運動習慣の必要性が伺われた。さらに、特別なスポーツ活動に参加していない一般の学

生を考えると日常生活の中に運動を取り入れる努力をしなければ、ますます運動不足が助長され、将来の生活習慣病が懸念される。

文 献

- 1) 林喜美子, 湊久美子, 岩本信子, その他: 女子大学生の日常生活中心拍数変動, 和洋女子大学紀要, 38, 家政系編, 87-98, (1998)
- 2) 平島朝子: エネルギー代謝について—本大学運動部員のエネルギー収支—, 平成4年度卒業論文, (1992)
- 3) 岩本信子, 小池宣子, 山田弘美, その他: 女子大学生の形態特性, 栄養摂取状況と運動経験, 和洋女子大学紀要, 37, 家政系編, 115-127, (1997)
- 4) 岩本信子, 湊久美子, 林喜美子: 本学女子バスケットボール選手の夏期強化練習期間における栄養摂取状況と血液性状について, 和洋女子大学紀要, 38, 家政系編, 10, 7-117, (1998)
- 5) 川崎尚身: コンディショニング, 平成5年度卒業論文, (1993)
- 6) 厚生省保健医療局: 国民栄養の現状 (平成9年度国民栄養調査結果), 109, (1999) 第一出版
- 7) 厚生統計協会: 国民衛生の動向, 厚生指標, 45, 9, 91-92, (1998) 厚生統計協会
- 8) 中嶋英昭, 永井信雄, 小川新吉: 女子学生の持久性トレーニング, 体育学研究, 19, 2, 107-115, (1974)
- 9) 中嶋英昭, 永井信雄: 女子学生の体力分析—運動経験・ローレル指数・体育実技授業による体力変化について—, 体育学研究, 23, 3, 229-239, (1978)
- 10) 中嶋英昭: 練習試合の心拍数とエネルギー消費量 (卓球, バドミントン, 硬式テニス), 和洋女子大学「学部創設35周年記念論文集」, 251-262, (1985)
- 11) 中嶋英昭: ソフトテニス公式試合でのゲーム分析, 未発表, (1997)
- 12) 落合優: 大学生における過去の運動部活動と現在のスポーツ参加状況との関連について, 体育科学, 25, 52-61, (1997)
- 13) 田村真一: 一般成人における自転車エルゴメータを負荷法とした換気閾値と最大有酸素性パワーの年齢別標準値, 体育科学, 25, 150-159, (1997)
- 14) 山地啓司: 運動処方のための心拍数の科学, 94, (1981) 大修館書店
- 15) 山岡誠一, 辻田純三, 有賀みさか: 女子学生に対する5分間トレーニングの効果, 体育科学, 1, 91-97, (1973)
- 16) 山岡誠一, 吉田和正, 平川和文: 女子学生に対する5分間トレーニングの効果 (第2報), 体育科学, 2, 190-196, (1974)

中嶋英昭 (家政学部健康栄養学科教授)

湊久美子 (家政学部健康栄養学科助教授)

林喜美子 (短期大学部食物栄養学科教授)

齋藤八千代 (家政学部健康栄養学科助手補)