

原 著

男子大学生における最大酸素摂取量及び 至適運動強度としての二重積屈曲点との関連性について

庄野菜穂子^{1,2}・音成 道彦²

(¹西九州大学 健康福祉学部 スポーツ健康福祉学科
²ライフスタイル医科学研究所)

西九州大学健康福祉学部紀要52, 13-19 (2023) (2023年1月19日受理)

Estimated of Maximal Oxygen Uptake among Male College Students, and its Relationship with Double Product Break Point as an Index of Optimum Exercise Intensity

Naoko SHONO^{1, 2}, Michihiko OTONARI²

¹*Nishikyushu University, Faculty of Health and Social Welfare Sciences*
²*Institute of Lifestyle Medical Science*

(Accepted: January 19, 2023)

Abstract

The purpose of this study was to determine aerobic capacity by estimated maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_2\max$) and elucidate its relationship with the double product break point (DPBP) among male college students in their education classes. In study 1, among 92 male students of the department of rehabilitation a significant positive correlation was found between the work rate and the pulse rate during the multistage exercise load, therefore $\dot{V}O_2\max$ was assumed to be accurately measured. In study 2, among 68 male students of the department of sports health and welfare, DPBP was determined continuously from the systolic blood pressure and the heart rate during the ramp exercise load. The work load at DPBP was divided by body weight (Watts@DPBP/Wt) and then used as an optimal exercise intensity. Their $\dot{V}O_2\max$ was also estimated in another day by the same method of study 1. In the lower $\dot{V}O_2\max$ group the body weight was significantly higher but the Watt@DPBP/Wt was significantly lower compared with the higher $\dot{V}O_2\max$ group. In conclusion, it is valuable to measure aerobic capacity by submaximal exercise stress test in college education classes to make the students aware of themselves and improve health literacy.

キーワード：大学授業，体力測定，有酸素能力，最大酸素摂取量，最大下運動負荷試験

Key word : college education class, physical fitness test, aerobic capacity, maximal oxygen uptake, submaximal exercise stress test

1. 諸 言

青少年（6～19歳）における体力・運動能力は平成29～30年ごろをピークとして、コロナ禍を経て合計得点が低下傾向にあり、特に20メートルシャトルランや1000m・1500m 持久走など全身持久力の低下が懸念されている¹⁾。

全身持久力の測定方法としては上記の他、踏み台昇降運動、6分間歩行テスト、12分間走行テストなどが知られているが、いずれも相対評価である。それに対して最大酸素摂取量（以下 $\dot{V}O_2\max$ ）は全身持久力の絶対評価であり、また健康関連体力としてのエビデンスも豊富である。すなわち高い $\dot{V}O_2\max$ は競技者の持久的パフォーマンスにおいて有利であるばかりか、将来的な生活習慣病の発症リスクや心血管疾患やがん死亡率が抑えられることが明らかになっている²⁻⁷⁾。

$\dot{V}O_2\max$ の直接測定には呼気ガス分析装置・技術・時間が必要となり簡便性・汎用性に欠けるため、呼気ガスの代わりに心拍数と酸素摂取量の比例関係から $\dot{V}O_2\max$ を推定できる間接法が確立し広く活用されている。そのほか乳酸閾値(LT)、換気閾値(VT)、二重積変移点(Double Product Break Point, 以下 DPBP) などの最大下有酸素性作業能力についても $\dot{V}O_2\max$ と同様に健康関連体力指標となることが示唆されており、これらはまた至適運動強度の目安になる指標でもある⁸⁾⁹⁾。しかしLTを求めるには耳朶などからの微量採血、VTを求めるには呼気ガス分析、DPBPを求めるには連続的な血圧測定が可能な負荷心電図装置を要するなど、いずれも簡便な方法とは言い難い。

我々はこれまで肥満症患者を対象とした臨床研究においては $\dot{V}O_2\max$ 推定やLT測定、地域保健事業等においてはより効率的に測定できるDPBP測定を採用してきた。その結果、肥満者では $\dot{V}O_2\max$ が低い者ほど血管における慢性炎症のレベルが高いことや、LT強度での運動療法による $\dot{V}O_2\max$ 向上と抗炎症効果について報告した¹⁰⁾¹¹⁾。また地域住民を対象とした介入研究ではDPBP強度の運動療法と食事療法によって、DPBP仕事率の改善と動脈硬化惹起性の小粒子高密度低比重リポタンパクの改善との間に有意な関連を報告した¹²⁾。

これまで大学生における $\dot{V}O_2\max$ に関する報告¹³⁾¹⁴⁾は散見されるが、DPBPに関する報告は少なく¹⁵⁾、 $\dot{V}O_2\max$ とDPBPの関係について検討した報告は見当たらない。我々は本学授業においてそれらの意義と測定方法について教授してきたことを踏まえ、男子大学生における測定結果を総括し報告する。また現在佐賀県が進めているSSP構想におけるアスリート医科学支援事業の一端として、西九州大学が準備中であるフィットネスチェックにも活用できる知見として提供したい。

2. 研究1) 健常な男子大学生における $\dot{V}O_2\max$ 推定値の評価

2.1 方 法

2.1.1 対象者

研究1の対象者は、2011年度から2013年度にリハビリテーション学部に入学者、フィットネス・スポーツ（1年次）またはウェルネス・スポーツ（2年次）を受講した男子学生98名（年齢 19 ± 1 歳、体重 66.3 ± 12.0 kg）である。倫理面の配慮として、事前に測定の意義について十分に説明し、測定前の問診と体調確認によって運動禁忌と判断される者は測定を免除すること、測定中に体調異常の発生や本人の申し出等があれば直ちに測定を中止すること、データは将来的に研究目的で使用する場合があります、使用する場合は統計処理を行って個人が特定されないように配慮することを説明した上で、口頭での同意を得た者が測定に参加した。

2.1.2 $\dot{V}O_2\max$ の測定・算出方法

$\dot{V}O_2\max$ 推定値を求めるために、最大下多段階漸増運動負荷試験を行った。神埼キャンパスのトレーニングセンターに設置された電磁ブレーキ式自転車エルゴメーター（AERROBIKE 75XL III, KONAMI）を用いて、学生同士ペアを組ませ複数人同時に実施した。負荷プロトコルは、日常身体活動量に応じて初期負荷および漸増幅をそれぞれ決定し、進藤ほか¹⁶⁾の方法に沿って、予測最大心拍数（ $HR_{\max} = 220 - \text{年齢}$ ）の40%、50%、60%、70%相当の心拍数になるよう第1負荷から第4負荷を調節した。各負荷の運動時間は4分間とし、エルゴメーターに付随の耳朶脈拍センサーで脈拍数を確認しながら、各負荷の3分30秒から4分の30秒間における脈拍数の最頻値と主観的疲労感を記録した¹⁷⁾。

脈拍数と仕事率との一次方程式より80% HR_{\max} に相当する仕事率を算出し、オストランドのノモグラム¹⁷⁾から $\dot{V}O_2\max$ （単位：l/分）を導きだし、年齢補正係数を乗じ、さらに日本人の体格による補正を加えて（福岡大学運動生理学研究室 資料）、体重で除し体重あたりの $\dot{V}O_2\max$ （単位：ml/kg/分）としてあらわした。

2.1.3 統計処理

測定で得られた数値は、すべて平均値±標準偏差で示した。運動負荷試験中の心拍数と仕事率との相関関係は、個別にピアソンの相関係数を求め、危険率（ p ）5%未満をもって統計学的に有意と判定した。

2.2 結 果

負荷試験を免除した者や測定中に体調不良の発生した者はいなかった。4段階の多段階漸増運動負荷試験を遂

表 1. 研究 1) 対象者の身体的特性

	人数 (人)	体重 (kg)	推定 $\dot{V}O_2\text{max}/\text{wt}$ (mL/min/kg)
リハ11	25	67.0 ± 13.7	40.6 ± 8.8
リハ12	40	65.5 ± 11.5	40.3 ± 5.1
リハ13	27	66.6 ± 11.5	42.4 ± 6.1
全体	92	66.3 ± 12.0	41.0 ± 6.6

数値は平均値±標準偏差で示した。リハ11；リハビリテーション学部2011年度入学者，リハ12；リハビリテーション学部2012年度入学者，リハ13；リハビリテーション学部2013年度入学者

行したのは、98名中92名（93%）であった。途中で負荷試験を中止したのは6名（リハ12が3名，リハ13が3名）であった。いずれも第3負荷で目標心拍に達したためであったが、測定精度を揃えるため分析対象からは除外した。表1に研究1対象者の人数，体重，体重あたりの $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定値を示す。

体重あたり $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定値は、全体の平均で 41.0 ± 6.6 ml/min/kgであった。最も高い値は 64.9 ml/min/kg，最も低い値は 25.5 ml/min/kgであった。

運動負荷試験における仕事率は、第1負荷 73 ± 13 watts，第2負荷 98 ± 15 watts，第3負荷 123 ± 18 watts，

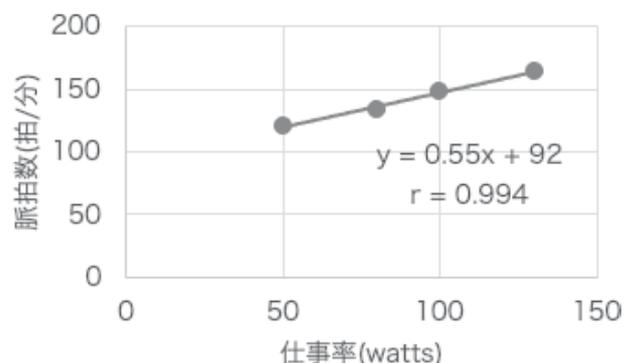


図 1. 多段階漸増運動負荷試験中の仕事率と脈拍数の関係を示す一例

図中の式は仕事率を独立変数，脈拍数を従属変数として求めた一次回帰式。rは相関係数

第4負荷 150 ± 24 watts，各負荷間の仕事率の差は平均でそれぞれ25watts，25watts，27wattsであった（表2）。

運動負荷試験における脈拍数は1分間にそれぞれ，第1負荷 120 ± 13 拍，第2負荷 137 ± 14 拍，第3負荷 154 ± 15 拍，第4負荷 171 ± 15 拍，各負荷間の脈拍数の差はいずれも17拍であり，仕事率の漸増とともにほぼ直線的に脈拍数が増加した（表3）。

運動負荷試験中の脈拍数が HR_{max} に占める割合は、第

表 2. 多段階漸増運動負荷試験における段階ごとの仕事率

	仕事率 (watts)				
	人数 (人)	第1負荷	第2負荷	第3負荷	第4負荷
リハ11	25	59 ± 13	85 ± 19	113 ± 24	138 ± 31
リハ12	40	78 ± 8	103 ± 10	126 ± 15	153 ± 21
リハ13	27	78 ± 9	103 ± 10	128 ± 12	155 ± 18
全体	92	73 ± 13	98 ± 15	123 ± 18	150 ± 24

数値は平均値±標準偏差で示した。リハ11；リハビリテーション学部2011年度入学者，リハ12；リハビリテーション学部2012年度入学者，リハ13；リハビリテーション学部2013年度入学者

表 3. 多段階漸増運動負荷試験における段階ごとの脈拍数

	脈拍数 (拍/分)				
	人数 (人)	第1負荷	第2負荷	第3負荷	第4負荷
リハ11	25	118 ± 11	131 ± 7	149 ± 7	165 ± 8
リハ12	40	124 ± 13	143 ± 15	159 ± 15	177 ± 15
リハ13	27	118 ± 13	134 ± 16	152 ± 17	167 ± 15
全体	92	120 ± 13	137 ± 14	154 ± 15	171 ± 15

数値は平均値±標準偏差で示した。リハ11；リハビリテーション学部2011年度入学者，リハ12；リハビリテーション学部2012年度入学者，リハ13；リハビリテーション学部2013年度入学者

表 4. 多段階漸増運動負荷試験における段階ごとの脈拍数が最大心拍数に対する割合

	% HRmax (%)				
	人数 (人)	第1負荷	第2負荷	第3負荷	第4負荷
リハ11	25	59	65	74	82
リハ12	40	62	71	79	88
リハ13	27	58	67	75	83
全体	92	60	68	77	85

数値は平均値±標準偏差で示した。リハ11；リハビリテーション学部2011年度入学者，リハ12；リハビリテーション学部2012年度入学者，リハ13；リハビリテーション学部2013年度入学者

1 負荷では60%, 第 2 負荷では68%, 第 3 負荷では77%, 第 4 負荷では85%であった (表 4)。

運動負荷試験中の仕事率と脈拍数との関係の一例を図 1 に示した。対象者ごとに個別に算出した仕事率と脈拍数との相関係数は 0.99 ± 0.02 ($p < 0.001$) であった。

2.3 考 察

最大酸素摂取量の間接測定の方法は酸素摂取量と心拍数との直線的な比例関係に基づいているため、測定精度を高めるためには各負荷での脈拍数を正確に測定すると同時に、仕事率の変化に伴う脈拍数変化との関係において高い直線性が得られることが重要となる。今回の測定では全ての対象者における 4 段階の仕事率とその時の脈拍数との間に強い相関を認めたことから、本研究で得られた $\dot{V}O_2\max$ 推定値は高い精度で信用できると考えられた。

一般的に体力測定では前提として参加者が最大努力を行う必要があるが、実際には心理的消極性が結果に反映され得るものであり、それは測定精度にも影響する。本学でも20m シャトルランや50m 走において参加学生の約 1 割は消極的取り組みだったことが報告されている¹⁸⁾。しかし $\dot{V}O_2\max$ 測定は自律神経の支配下にある運動生理的反応に基づくデータであり、体調不良や精神的緊張等による心拍数の変動は起こり得るが、心理的消極性によってコントロールできる性質のものではない。

$\dot{V}O_2\max$ は生活習慣病の罹患率・死亡率やアスリートの競技成績などと密接な関係が示されており、その測定意義は計り知れない。また、今回は入学まもない学生同士がお互いに測定を実施しているにもかかわらず、良好な結果が得られたことから、カリキュラムの中で取り組む内容として高い優先順位を有するものと考えられた。

また、この測定原理は、脈拍数と仕事率という簡単な測定項目の一次関数式から導き出された数値を、オストランドのモノグラムに活用するという、極めてシンプルなものであり、自己の測定データを用いて計算能力の獲得を意図したりメディア教育の教材として、かつ、データサイエンスの基礎的データとしても利用価値が高いものであると考えられる。

健康づくりのための運動基準2013 (厚生労働省) では18~39歳男性の $\dot{V}O_2\max$ 基準値を39ml/kg/分と定めている¹⁹⁾。92名の全体平均では 41.0 ± 6.6 でこの基準値を上回ってはいるが、他大学の結果 (神奈川大学 46.7 ± 12.8 , 鹿児島大学 45.2 ± 3.5)¹³⁾¹⁴⁾と比較すれば高いわけではない。また分布は幅広く、39ml を下回った人数は32名 (34.5%) という結果であった。本学では平成26年スポーツ健康福祉学科設立以降、授業で新体力テストが実施されていたが、コロナ禍での感染予防対策として令和元年から3年連続で20メートルシャトルランは省略となっている。何らかの方法で全身持久力を測定し、その方法や意義について学習する機会を設けることは必要であろう。 $\dot{V}O_2\max$ は20メートルシャトルランからの換算表 (文部科学省) を用いて推定することも可能である¹⁴⁾。

3. 研究 2) 健常な男子大学生における $\dot{V}O_2\max$ と DPBP との関連性

3.1. 方 法

3.1.1 対 象 者

研究 2 の対象者は、2014年度から2019年度健康福祉学部スポーツ健康福祉学科に入学し、3 年次または 4 年次に選択必修科目「運動負荷試験」を受講した男子学生68名 (年齢 20.6 ± 0.5 歳, 体重 65.5 ± 8.4 kg) である。倫理面の配慮として、事前に測定の意義について十分に説

表 5. 研究 2) の対象者の身体的特性

		全体	低体力群	高体力群
人数	(人)	68	34	34
年齢	(歳)	20.6 ± 0.5	20.7 ± 0.5	20.6 ± 0.6
体重	(kg)	65.5 ± 8.4	69.5 ± 8.1	61.4 ± 6.6 **
安静時心拍数	(拍/分)	71.4 ± 10.6	72.1 ± 10.5	70.8 ± 10.8
推定 $\dot{V}O_2\max$ /wt	(ml/min/kg)	41.6 ± 5.5	37.4 ± 3.9	45.8 ± 3.1 **
DPBP 発現時の仕事率と心拍数				
仕事率	(watts)	70.6 ± 19.0	68.3 ± 16.8	72.9 ± 21.0
心拍数	(拍/分)	117.8 ± 14.9	120.7 ± 14.5	114.9 ± 14.9
%HRR	(%)	35.9 ± 12.3	38.1 ± 11.2	33.8 ± 13.1
Watts@DPBP/Wt		1.08 ± 0.28	0.99 ± 0.23	1.18 ± 0.30**

数値は平均値 ± 標準偏差で示した。** ; $p < 0.01$

明し、測定前の問診と体調確認によって運動禁忌と判断される者は測定を免除すること、測定中に体調異常の発生や本人の申し出等があれば直ちに測定を中止すること、データは将来的に研究目的で使用する場合があります、使用する場合は統計処理を行って個人が特定されないように配慮することを説明した上で、口頭での同意を得た者が測定に参加した。

3.1.2 DPBP の測定・算出方法

DPBP を測定するための Ramp 式漸増運動負荷試験（以下 Ramp 負荷）は、医師である著者が経営するライフスタイル医科学研究所に設置している DPBP 解析プログラムが搭載された自動運動負荷装置 ML-3600（フクダ電子）、自転車エルゴメータ Well Bike Be250（フクダ電子）、自動血圧計 Tango（Sun Tech）を用い学外実習として実施した。講義で説明した通り事前のメディカルチェックと当日の体調チェックを医師の監視下で行った。学生同士で問診（現病歴、既往歴、家族歴、生活習慣、自覚症状など）を行ったあと、安静時血圧を自動血圧計 TM2655P（フクダ電子）、安静時標準12誘導心電図を血圧脈波測定検査装置 VS-3000E（フクダ電子）で測定した。血液検査については実習前に献血をするか、医療機関受診中であれば主治医の許可を受けて検査結果を持参させた。以上の内容について問題がないことを確認した者について測定対象とし、昼食摂取後2時間以上経過した15時から開始した。

心拍数（以下、HR）は胸部双極誘導により測定した心電図の R-R 間隔を自動計算して算出した。自転車エルゴメータのサドルに座った状態で安静を保った後、心電図と血圧に問題がないことを確認した上で運動負荷試験を開始した。1ワット2分間の warming up 後 Ramp 負荷に移行した。負荷の漸増方法は性、年齢、体重、運動習慣、生活習慣病危険因子に基づき1分あたりの漸増幅を個別に設定し、Ramp 負荷開始5分前後での DPBP 発現を想定した負荷に設定した。Ramp 負荷中は自動血圧計で20から30秒毎に収縮期血圧（SBP）と HR を測定した。SBP と HR から自動計算された二重積（DP）と仕事率との関係をモニター画面で確認しながら、仕事率の増加に伴い DP が急増する屈曲点である DPBP は自動判定を目視で確認した上で必要に応じて微調整を行ない判定した。Ramp 負荷開始から8分～10分程度で負荷ピークとし、その後4分間は DPBP 相当負荷で固定負荷を行った後、その半分の負荷で2分間 cooling down を行なった。図2に一例を示す。中止基準としては、主観的疲労感（Borg 指数）が17（かなりきつい）、自覚症状、他覚所見、HR_{max} の85%、SBP250mmHg、心室性期外収縮 Lawn II 度（頻発性）以上、明らかな ST レベルの低下・上昇などがいずれか一つでも当てはまる場合

【体力（心肺持久力）測定の結果】

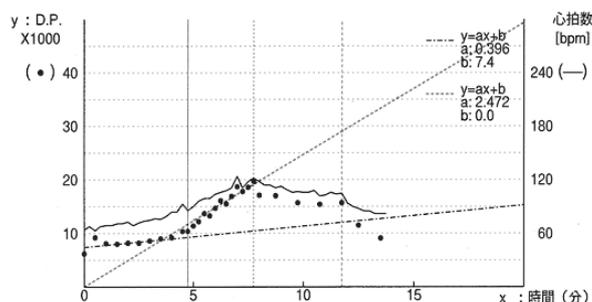


図2. Ramp 漸増負荷試験中の二重積 (●) 及び心拍数 (○) における変化の一例

0～8分まで Ramp 負荷を掛け、その後12分までは固定負荷、14分まで回復を確認した。

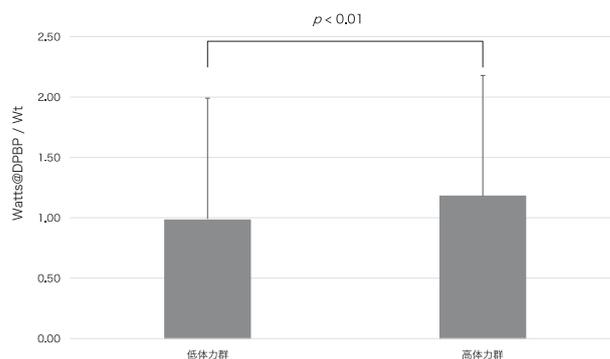


図3. 単位体重あたり DPBP に相当する仕事率 (Watts@DPBP / Wt) の比較

DPBP; Double Product Break Point (二重積屈曲点), Wt; 体重

とした。

各対象者における DPBP レベルの HR について相対的運動強度を求めため、HR_{max} と安静時心拍数との差で求められる予備心拍数 (HR Reserve; HRR) に対する DPBP に相当する HR の比 (%HRR) を求めた。

3.1.3 $\dot{V}O_2\text{max}$ の測定・算出方法

Ramp 漸増負荷試験とは1ヶ月程度離れた別の日程において、研究1と同様の方法で多段階漸増運動負荷試験を実施し $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定値を求めた。

3.1.4 統計処理

測定で得られた数値は、すべて平均値 ± 標準偏差で示した。対象者の群わけでは、本研究対象集団における $\dot{V}O_2\text{max}$ 推定値より相対的な低 $\dot{V}O_2\text{max}$ 群（低体力群）34名と高 $\dot{V}O_2\text{max}$ 群（高体力群）34名の2群で比較を行なった。群間の比較は、対応のない t 検定をおこない、危険率 (p) 5%未満をもって統計学的に有意と判定した。

3.2 結果

負荷試験を免除した者や測定中に体調不良が発生した者はおらず、68名全員が2種類の運動負荷試験を安全に

遂行できた。体重の比較においては、低体力群が 69.5 ± 8.1 kg、高体力群が 61.4 ± 6.6 kgであり、低体力群が危険率1%水準で有意に高値を示した。体重あたりの $\dot{V}O_2$ max 推定値の比較においては、低体力群が 37.4 ± 3.9 ml/min/kg、高体力群が 45.8 ± 3.1 ml/min/kgであり、高体力群が危険率1%水準で有意に高値を示した。

DPBP 発現時の仕事率は、低体力群が 68.3 ± 16.8 watts、高体力群が 72.9 ± 21.0 wattsであり、統計学的に有意差は認められなかった。DPBP 発現時のHRは、低体力群が 120.7 ± 14.5 bpm、高体力群が 114.9 ± 14.9 bpm、DPBP 発現時のHRより算出した相対的運動強度(%HRR)は、低体力群が $38.1 \pm 11.2\%$ 、高体力群が $33.8 \pm 13.1\%$ であり、いずれも統計学的に有意差は認められなかった。 $\dot{V}O_2$ max と DPBP 発現時の仕事率(Watts)との間に有意な相関は認められなかった。しかし DPBP 発現時の仕事率を体重で除した Watts@DPBP/Wt を求めると、全体で 1.08 ± 0.28 、低体力群 0.99 ± 0.23 、高体力群 1.18 ± 0.30 であり、高体力群が危険率1%水準で低体力群より有意に高値を示した(表5、図3)。

3.3 考察

若年者を対象とした DPBP の測定に関する報告例は極めて少ない。矢倉ら¹⁵⁾は、本研究と同年代の学生(男性10名女性4名、年齢 21.3 ± 3.1 歳、平均体重 60.4 ± 9.5 kg)を対象として DPBP に相当する仕事率は 59.7 ± 24.9 Watt だったと報告している。この結果には女性も含まれていることから本研究の結果と単純に比較できないものの、性差および体重差を考慮すれば本研究で得られた DPBP に相当する仕事率は妥当な結果であると考えられる。しかし矢倉らの報告¹⁵⁾では性差や体重によるバイアスが含まれていることから、本研究では男子学生のみとし、また体重比を用いることで体重の影響を補正した上で検討した。

DPBP、VT、LT などの変移点は運動強度の増加に対してほぼ同期して出現することから、高い関連性を有する最大下有酸素能力の指標とされている⁸⁾²⁰⁾。今回健常男子大学生における Watts@DPBP/Wt は、外来の生活習慣病患者を対象とした Watts@LT/Wt¹⁰⁾¹¹⁾²¹⁾²²⁾あるいは地域在住の中老年者を対象とした Watts@DPBP/Wt¹²⁾より相対的に高値であった(1.08 v.s. $0.49 \sim 0.65$)。一般に中老年者では加齢とともに有酸素能力や筋力などの体力全般が低下するため、体重の半分程度の自転車仕事率が至適運動強度となるのに対し、若年健常男性では体重相当の自転車仕事率が至適運動強度であることが明らかとなった。

対象者の $\dot{V}O_2$ max を基準としてグループ分けをおこなった2群間の比較において、体重および Watts@DPBP/Wt には有意な差が認められた。一方 DPBP 発現時の

仕事率の絶対値、HR、%HRR には2群間で有意差が認められなかったことから、体重増加傾向が見られる若年者はすでに有酸素性作業能や至適運動強度レベルの低下が生じている可能性が示唆された。本研究では体脂肪率の測定を実施していないため断定はできないが、問診情報から推測すると低体力群と高体力群の体重差は体脂肪率の差である可能性が高い。 $\dot{V}O_2$ max や DPBP に相当する仕事率を除脂肪体重あたりで評価すれば、両群間に差がなくなる可能性は考えられる。

我々がLTを測定した先行研究では、変形性膝関節症を有する肥満者と正常膝肥満者においてLT時のHRには有意差がないが、LT時の体重あたり仕事率(Watts@LT/Wt)は前者が有意に低かった(0.49 v.s. 0.61)²¹⁾。また肥満高血圧群と肥満正常血圧群でも Watts@LT/Wt は前者が有意に低かったが、LT強度の運動療法に伴い両群とも有意に改善した(肥満高血圧群： $0.55 \rightarrow 0.80$ 、肥満正常血圧群： $0.65 \rightarrow 0.88$)²²⁾。すなわち変移点相当の体重あたり仕事率は生活習慣病の危険因子を反映しているとともに、運動療法によって改善しうる指標である。今回測定に参加した学生の日常生活およびトレーニング習慣については不明であるが、授業の一環としてこのような測定を実施しフィードバックを行うことによって自分自身の体力レベルを知り、適正な生活習慣を身につけるきっかけとなれば、生涯を通じた健康リテラシーの獲得に有効であると考えられる。

4. まとめ

①大学授業においても $\dot{V}O_2$ max 推定値は高い精度で測定可能であった。②本学の男子学生における $\dot{V}O_2$ max の平均値は健康づくりのための運動基準2013(厚生労働省)をわずかに上回ったが、基準値を下回った者が約30%存在した。③健常男子大学生における DPBP 相当の自転車仕事率/体重比の実態が明らかになった。最大酸素摂取量によって分類した低体力群は高体力群より体重は重いにも関わらず DPBP 相当の自転車仕事率は有意に軽いことが明らかとなった。

謝辞

本研究の対象となった学生の皆さんに心より感謝します。

利益相反

本研究における利益相反はありません。

5. 参考文献

- 1) 令和3年度全国体力・運動能力、運動習慣等調査結果（スポーツ庁）
https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/kodomo/zencyo/1411922_00003.html（参照日2022年10月13日）
- 2) Kodama S et al. (2009) Cardiorespiratory fitness as a quantitative predictor of all-cause mortality and cardiovascular events in healthy men and women: a meta-analysis. *JAMA*. 20; 301(19): 2024-35.
- 3) Carnethon MR et al. (2005) Prevalence and cardiovascular disease correlates of low cardiorespiratory fitness in adolescents and adults. *JAMA*. 294 (23): 2981-8.
- 4) Blair, S.N., Kohl, III H.W., Paffenbarger, R.S., Clark, D.G., Cooper, K.H., and Gibbons, L.W. (1989) Physical fitness and all-cause mortality: a prospective study of healthy men and women. *JAMA*, 262: 2395-2401.
- 5) Lee, C.D., Blair, S.N., Jackson, A.S. (1999) Cardio-respiratory fitness, body composition, and all-cause and cardiovascular disease mortality in men. *Am. J. Clin. Nutr.*, 69: 373-380.
- 6) Sawada, S.S., Muto, T., Tanaka, H., Lee, I.M., Paffenbarger, R.S., Shindo, M., and Blair, S.N. (2003) Cardiorespiratory fitness and cancer mortality in Japanese men: A prospective study. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 35: 1546-1550.
- 7) Sawada, S.S., Lee, I.M., Muto, T., Matsuzaki, K., and Blair, S.N. (2003) Cardiorespiratory fitness and the incidence of type 2 diabetes. *Diabetes Care*, 26: 2918-2922.
- 8) Tanaka, H., Kakiyama, T., Takahara, K., Yamauchi, M., Tanaka, M., Sasaki, J., Taniguchi, T., Matsuo, H., and Shindo, M. (1995) The association among fat distribution, physical fitness, and the risk factors of cardiovascular disease in obese women. *Obes. Res.*, 3: S 649-S 653.
- 9) Otsuki, T., Maeda, S., Sugawara, J., Kesen, Y., Murakami, H., Tanabe, T., Miyauchi, T., Kuno, S., Ajisaka, R., and Matsuda, M. (2006) Age-related reduction of systemic arterial compliance relates to decreased aerobic capacity during sub-maximal exercise. *Hypertens. Res.*, 29: 759-765.
- 10) Michishita, R., Shono, N., Inoue, T., Tsuruta, T., and Node K. (2008) Associations of monocyte, neutrophil counts and C-reactive protein with maximal oxygen uptake in overweight women. *J. Cardiol*. 52:247-253.
- 11) Michishita, R., Shono, N., Inoue, T., Tsuruta, T., and Node K. (2010) Effect of exercise therapy on monocyte and neutrophil counts in overweight women. *Am.J.Med. Sci.*339(2); 152-156.
- 12) Kawano, M., Shono, N., Yoshimura, T., Yamaguchi, M., Hirano, T., and Hisatomi, A. (2009) Improved cardio-respiratory fitness correlated with changes in the number and size of small dense LDL: in a randomized controlled trial with exercise training and dietary instruction. *Int.Med.* 49:231-239.
- 13) 石井哲次 (2017) 大学生の体力と健康に関する研究. *人文学研究所報*58 : 55-66.
- 14) 飯干 明・福満 博隆・末吉 靖宏・橋口 知・長岡 良治・徳田 修司・西種子田 弘芳 (2008) 鹿児島大学生の持久力の現状について. *鹿児島大学教育センター年報*. 5 : 28-32.
- 15) 矢倉千昭・木原勇夫 (2001) 至適運動強度の指標になる二重積屈曲点法に収縮期の血圧変化が及ぼす影響. *島根医科大学紀要*, 24 : 39-44.
- 16) 進藤宗洋・田中宏暁・北嶋久雄・森洗・吉田吉男 (1980) エルゴメトリー—有酸素的運動による負荷検査—. *臨床病理*. 28 : 12-18.
- 17) Astrand, P. O. & K. Rodahl (1986) *Textbook of work physiology*. McGraw-Hill, New York
- 18) 近藤 芳昭・池田 知子 (2015) 体力測定における参加態度の実態について. *西九州大学健康福祉学紀要*, 45 : 27-32.
- 19) 厚生労働省. *健康づくりのための身体活動指針（アクティブガイド）*. 2013. <https://www.mhlw.go.jp/stf/houdou/2r9852000002xple-att/2r9852000002xpr1.pdf>
- 20) Riley, M., Maehara, K., Porszasz, J., Engelen, M.P., Bart-Stow, T.J., Tanaka, H., Wasserman, K. (1997) Association between the anaerobic threshold and the break-point in the double product/work rate relationship. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 75: 14-21.
- 21) Michishita, R., Shono, N., Kasahara, T., Katoku, M., Tsuruta, T., (2008) The Possible influence of osteoarthritis of the knee on the risk factors for coronary heart disease in postmenopausal obese women. *Obesity. Res. Clin. Pract.* 2:29-34.
- 22) Shono, N., Michishita, R., Tsuruta, T., (2006) Evaluation of exercise prescription based on the heart rate and work rate at the lactate threshold in obese subjects with and without hypertension. *Jpn. J. Phys. Fit. Sports. Med.* 55:S 125-128.