研究ノート

大学体育スポーツ学研究　18,(2021),121-131

週1回の大学院体育授業におけるトレーニングが学生の持久力と筋力に及ぼす効果

福崎千穂[1)]

Exercise in physical education class improves endurance capacity and muscle strength in graduate students

FUKUSAKI Chiho [1)]

Abstract

Studies have shown that one session of exercise per week in physical education class improves the physical fitness of undergraduate students. Meanwhile, to the best of our knowledge, no such study has been conducted with graduate students thus far. Therefore, this study aimed to investigate the effects of exercise on graduate students through a physical education class. The class comprised lecture and exercise training and the duration of exercise was 40 minutes. This study specifically investigated the effects of this short-time exercise on the physical fitness. In one session, students ran 2 km in the aerobic exercise part and did 1 set of 9 machine exercises at an intensity of 70–80% of one repetition maximum (1RM) in the resistance exercise part. After a 4-week training period, students were instructed to try 2 sets of machine exercises (not necessarily have to complete 2 sets in all 9 machines). Both Japanese and foreign students took this physical education class. To limit the data attribute, this study analyzed the results of only male Japanese students (n = 213, 23.4 ± 2.1 years [mean ± standard deviation]). Endurance capacity and muscle strength were measured before and after an 8-week training period. Muscle strength was additionally measured after the 4-week training period. Endurance capacity and muscle strength were evaluated as running speed at target heart rate and 1RM values of the 9 strength training machines, respectively. The target heart rate was calculated using the following formula: (220 − age) × 0.75. Running speed significantly increased after the 8-week training ($p < 0.001$). All 1RM values of the 9 machines increased after the 4-week training (all $p < 0.001$) and further increased after the 8-week training (all $p < 0.001$). Additionally, there were significant negative correlations between the initial value and the rate of increase through the 8-week exercise training in all physical fitness parameters (running speed and 1RM values of 9 machines, all $p < 0.001$). These results suggest that one session of short-time exercise per week in class can improve the endurance capacity and muscle strength in graduate students and the improvement is greater in students with lower initial levels of physical fitness. Graduate students have a lesser chance of doing exercises than undergraduate students. This study demonstrated the significance of a physical education class in graduate school.

キーワード：大学院生 , 持久力 , 筋力
Keywords: graduate students, endurance capacity, muscle strength

Ⅰ．緒言

子どもの体力の低下が叫ばれて久しい．平成の30年間だけをみても，例えば男子の握力は，7歳から19歳までの全ての年代で低下が確認されている（スポーツ庁 , 2019）．中でも低下が著しいのが19歳である．7歳，9歳，11歳，13歳, 16歳男子では平成元年から平成30年までの低下が5%前後にとどまっているのに対し，19歳男子では10%以上の低下となっている．女子でも同様の傾向が認められ，7歳から16歳までの年代では平成30年は平成元年に対して低下が5%未満であるのに対し，19歳では10%近く低下している. 持久的な体力の指標である持久走の値をみると，男女とも13歳，16歳では平成元年と平成30年の値はほぼ変わらないが，19歳では男子は5%以上，女子は5%弱低下している（持久走のデータは13，16，19歳のみ）．19歳での低下が著しい要因として，授業や部活動，民間クラブ

1）東京大学大学院　新領域創成科学研究科　生涯スポーツ健康科学研究センター
Research Center for Total Life Health and Sports Sciences, Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo

連絡先　福崎千穂
Corresponding author: *fukusaki@edu.k.u-tokyo.ac.jp*　*cfukusaki@gmail.com*

等での運動実践の機会が，高等学校卒業後に減少していることが考えられる．中でも体育が正課授業として組み込まれている高等学校までは，半ば強制的に運動実践の機会が与えられているが，卒業後は運動実践の機会が減少しているケースが多いと考えられる．

大学での体育授業は，基本的に週1回，1回約90分を15週程度で実施されているが，そのような限られた運動実践でも学生の体力が向上する可能性が示されている（林・宮本 , 2009；片岡ほか , 2017；内田 , 2000；内田・神林 , 2006；磨井・柳川 , 2013）．高等学校を卒業し，運動実践の機会が減少した学生に対して，大学体育は体力を維持増進させる機会としての役割を担っているといえる．一方，大学院生を対象とした体育授業については，ほとんど報告がない．筆者の所属する大学院（本学大学院）では，平成22年度より大学院生を対象とし，体力向上や健康づくりに関する講義とトレーニング実践とを組み合わせた「健康スポーツ科学」授業を開講してきた．大学院では，学部に比べて体育会系運動部や運動サークルといった受け皿が少なくなる．5万人規模で大学院生の運動習慣を調査した学生の健康白書2015（一般社団法人国立大学法人保健管理施設協議会 , 2018）によると，運動習慣のある者の割合は，学部では男子67.8%，女子53.6%に対し，大学院では男子60.8%，女子52.9%であり，特に男子で運動習慣のある者の割合が低下していることが報告されている．さらに運動実施の頻度別にみると，「時々運動する」学生の割合は学部生と大学院生に大差はないが，「毎日運動する」学生は，学部では男子13.9%，女子10.8%であるのに対し大学院では男子6.4%，女子5.6%と半減している．文部科学省が「大学における体育・スポーツは，初等中等教育の時期と社会人とをつなぎ，生涯にわたるスポーツ習慣を形成･定着させる観点から重要な意味を持っている．特に，入学後は高等学校に比べて一般に体育の授業時間数が減少することから，運動の習慣がこの期間に途絶えてしまうことのないよう，配慮しなければならない」と提言しているが（文部省 , 1998），学部よりも運動の機会が減少しがちな大学院においても，学部に引き続き同様の配慮がなされるべきである．

そこで本研究では，大学院における週1回の体育授業が大学院生の体力に及ぼす効果について検討することを目的とした．基本的に1回の授業の中で講義とトレーニング実践を組み合わせて実施したため，トレーニングの時間はウォーミングアップを除くと40分程度であった．そのような短い時間の運動実践であっても体力改善に効果があるのかどうか検討した．また，週1回の体育授業が体力を向上させるという報告は，筋力トレーニングを主体とした授業で筋力の向上を確認したものが多く（林・宮本 , 2009；石倉ほか , 2017；内田 , 2000；磨井・柳川 , 2013），持久的なトレーニングを実施し持久的体力が向上したと報告しているものはほとんどない．そこで本研究では，週1回短時間の持久的トレーニングが持久的体力を改善させるかどうかについても検討を加えることとした．

Ⅱ．方法

1. 対象者

健康スポーツ科学授業を平成22年度～平成30年度に履修した本学大学院生を対象とした．彼らの大半が体育やスポーツ科学を専門としない学生であった．トレーニングルームの広さやマシンの台数の関係から，1授業の参加人数は最大24名とした．履修者には，日本人学生だけでなく外国人留学生も含まれていたが，運動実践の効果を検証するため属性を日本人男子学生に絞って解析を行った．また，トレーニングを実施した8週のうち，欠席あるいは持久的トレーニングと筋力トレーニングの全てを見学した回が半数以上ある学生のデータも除外し，計213名のデータを解析対象とした（うち体育・スポーツ科学を専門とする学生は18名）．痛みなどにより，トレーニングの一部を実施しなかった場合は出席として取り扱った．対象者の年齢は23.4 ± 2.1歳（平均値 ± 標準偏差）であった．本研究は，東京大学倫理審査専門委員会の承認を受けて実施された．

2. 授業内容

平成22～26年度は1回100分，平成27～30年度は1回105分の授業を週1回，半期15回として実施した．シラバスに記載された授業の目的は「『健康スポーツ科学』では，心身の健康づくりのための運動方法とその効果に関する基礎的な知識を学び，同時に実践を通して具体的な運動方法を習得することを目指しています．本授業では，エアロビックトレーニングやレジスタンストレーニングの方法や効果に関する講義を行ない，それらを踏まえて実際にトレーニングを実施します．将来にわたって自分でトレーニングが実践できるよう，知識と方法を習得することを目標としています」とした．授業の内容は表1の通りであった．シラバスでは持久的トレーニングをエアロビックトレーニングと表記し，筋力トレーニングをレジスタンストレーニングと表記したため，表1内でもその表現を残した．基本的に，1回の授業のうち前半に講義，後半にトレーニング実践を組み合わせて構成した．トレーニング実践は，ストレッチング，持久的トレーニング，筋力トレーニングを毎回必ず含むこととし，ストレッチング約10分（授業の指示をする

表 1. 授業内容

第1週	オリエンテーション1　健康・体力の向上のために適切な運動について（講義）
第2週	オリエンテーション2　体力測定・トレーニングで使用する機器を使ってみる，測定練習（実技）
第3週	体力測定およびトレーニング値の算出1（レジスタンストレーニング時の1RM値の算出）
第4週	体力測定およびトレーニング値の算出2（目標心拍数時の走速度を求める）
第5週	適切なトレーニング処方（講義），トレーニング実践1回目
第6週	エアロビックトレーニングの効果（講義），トレーニング実践2回目
第7週	レジスタンストレーニングの効果（講義），トレーニング実践3回目
第8週	筋に対する神経支配とレジスタンストレーニングの効果の現れ方（講義），トレーニング実践4回目
第9週	体力測定（中間測定）およびトレーニング値の算出（レジスタンストレーニング時の1RM値の算出）
第10週	トレーニングの原則（講義），トレーニング実践5回目
第11週	筋の基本的構造・レジスタンストレーニングで対象としている筋群（講義），トレーニング実践6回目
第12週	筋紡錘・腱紡錘での反射と適切なストレッチングの方法・ストレッチングの効果（講義），トレーニング実践7回目
第13週	血流を制限したトレーニングと高強度インターバルトレーニング（講義），トレーニング実践8回目
第14週	体力測定（最終測定）およびトレーニング値の算出1（レジスタンストレーニング時の1RM値の算出）
第15週	体力測定（最終測定）およびトレーニング値の算出2（目標心拍数時の走速度を求める）

体力測定およびトレーニング値の算出1・2では，学生全体を2グループに分け，レジスタンストレーニングの1RM値測定とエアロビックトレーニングの目標心拍数時の走速度測定のどちらか一方を先に行い，翌週にもう一方を行った．
本文中では「持久的トレーニング」と「筋力トレーニング」という言葉を用いているが，本表ではシラバス通り「エアロビックトレーニング」と「レジスタンストレーニング」という言葉を用いた．

時間を含む），持久的トレーニング約20分（移動や心拍計の着脱時間を含む），筋力トレーニング約20分（移動時間や待ち時間を含む）を割り当てた．ストレッチングの終了時に，参加学生をランダムに2グループに分け，1グループは持久的トレーニングを先に行い次に筋力トレーニングを実施，もう1グループは筋力トレーニングののち持久的トレーニングを実施した．トレーニングの記録表を配布し，実施したトレーニングの内容を記録させた．

持久的トレーニングは400 mのグラウンドを5周の計2 kmのランニングとした．ランニング実施前に心拍計（FT1, Polar社製）を装着し，（220－年齢）×0.75で求められる目標心拍数（75% HR_{max}）を目安にランニングするよう指示した．1周ごとに，スタート地点に立っているティーチングアシスタントに心拍数を報告し，ティーチングアシスタントはその値を記録した．雨の日には4台のトレッドミルと4台の自転車エルゴメーターを利用し，室内での持久的トレーニングを実施した．出席学生が16名以下の場合（2グループに分けた際に1グループが8名以下の場合）は，トレッドミル約8分と自転車エルゴメーター約8分の計16分を入れ替えで実施した．出席学生が16名より多い場合には，トレッドミル，自転車エルゴメーター，ストレッチングの3つの内容に分け，それぞれを約5分ずつ実施した．雨天による室内での持久的トレーニング時にも，グラウンドでのランニング時と同様心拍計を装着し，目標心拍数を目安に運動を実施するよう指示した．グラウンドでのランニング時には，ティーチングアシスタントが記録した5周の心拍数をトレーニング記録表に記入させた．室内でのトレッドミルと自転車エルゴメーターを実施した際には，それぞれ走速度と実施時間，自転車負荷値と実施時間を記録させた．

筋力トレーニングは，9台のマシンを用いて行った（表2）．基本的にある関節の屈曲，伸展方向どちらものトレーニングが含まれるように配置されており，腹筋群に拮抗する背筋群のトレーニングマシンがなかったため，ストレッチング終了時に自重でのバックエクステンションを20回行った．トレーニング期間前半4週は，「70～80%1RMの負荷で8～10回の繰り返し」を1セットとして，9台あるマシンそれぞれを1セットずつ実施するよう指示した．後半4週は，すべての種目でなくてよいので2セット目も取り組むよう指示した．それぞれのマシンについて，トレーニングで実施した「負荷・繰り返し回数・セット数」をトレーニング記録表に記入させた．

3. 測定項目

持久的トレーニングと筋力トレーニングの評価項目は，トレーニング値の設定にも関わる「75% HR_{max} 時の走速度」と「各筋力トレーニングマシンの1RM 値」とした．75% HR_{max} 時の走速度を求めるために，3段階の走速度で3分ずつ走り，3分の終了直前の心拍数を計測した（Thompson et al., 2009）．速度の切り替え時には基本的には休息をはさまず，3段階連続して行った．学生は2人組または3人組となり，2人組の場合には1人が走り，もう一人は心拍数の計測と記録を担当した．3人組の場合には，上記2名に加え，もう一人は心拍計の装着などをして次にランニングをするための準備を行った．3段階の走速度は，6.5 km/ 時，9.5 km/ 時，12.5 km/ 時をデフォルトとして指定したが，測定の前週の測定練習の際にトレッドミル上でこの3速度で走ってもらい，速すぎてそれぞれ3分間の実施が難しいと判断した際にはより遅い3速度でのランニング（例えば6.5 km/ 時，8.5 km/ 時，10.5 km/ 時など）を実施し，12.0 km/ 時では心拍数が上がらない場合にはより速い速度でのランニング（例えば7.0 km/ 時，11.0 km/ 時，15.0 km/ 時など）を実施するよう指示した．最終的に速度－心拍数関係の回帰直線を求めるため，3速度間の間隔が等しくなるような速度設定を依頼した．記録した3点の速度－心拍数関係から回帰直線を求め，心拍数が75%HR_{max} 時の走速度を求めた（Thompson et al., 2009）．学生には方眼紙を配布し，定規を使って回帰直線を引いて走速度を推定させた．本研究では学生の測定結果に基づき，回帰直線を Microsoft Excel を用いて再計算し，75%HR_{max} 時の走速度を算出した．3点の回帰直線の相関係数が0.9以下の2名のデータは解析から除外した．測定は，トレーニング開始前および8週のトレーニング終了後の2回行った．下肢に痛みがあり測定ができないケースもあったため，2回の測定が実施できた学生のデータのみを解析対象とした（n = 205）．

1RM 測定は，ある負荷で挙上不可能に達するまでの繰り返し回数を求め，その回数と挙上した負荷が1RM の何% にあたるかの関係（石井 , 2000）から，1RM 値を推定する方法を用いて実施した．測定の前週の測定練習時には，各マシンの動作を確認し，また「かなり重い」と感じる負荷を確認してもらった．マシンの動作確認では，デモンストレーションを交えて動作範囲と活動する筋群について説明し，その動作範囲での動作を行うよう指示した．上記の1RM 推定方法では，繰り返し回数が増えるほど1RM の推定値の精度が悪くなるため，「かなり重い」と感じ10回以内で挙上不可能に達するような負荷を選択するよう指示した．測定当日は，各マシンにおいて軽い負荷で数回動作を繰り返し，ウォーミングアップと動作確認を行ってから1RM 測定を実施した．繰り返し回数が10回を超えたマシンについては，後日再測定を実施した．1RM 測定は，トレーニング開始前，トレーニング4週終了後（中間測定），トレーニング8 週終了後（最終測定）の3回行った．後半4週のトレーニング期間では，中間測定での1RM 値に基づいてトレーニング値を再設定した．上肢や下肢に痛みがある場合には，測定可能なマシンのみ測定を実施してもらった．また，あるマシンが故障していて測定が出来なかった回のある年度もあり，3回の測定が実施できた学生のデータのみを解析対象とした．マシンごとの解析対象者数は表2の通りであった．

表 2. 授業内でのトレーニングによる最大挙上重量の変化

マシン名	筋　群	対象者数（名）	トレーニング前	4週後	8週後
レッグエクステンション	大腿四頭筋	192	66.4 ± 21.8	77.7 ± 23.6 $*_a$	84.0 ± 23.3 $*_b$, †
レッグカール	ハムストリングス	173	60.9 ± 17.0	69.4 ± 18.8 $*_a$	74.4 ± 18.0 $*_a$, †
インクラインレッグプレス	大腿四頭筋　大殿筋　ハムストリングス	191	182.0 ± 57.1	213.0 ± 63.5 $*_a$	240.2 ± 73.9 $*_a$, †
チェストプレス	大胸筋　上腕三頭筋　三角筋	193	60.2 ± 18.6	67.4 ± 19.8 $*_a$	70.3 ± 21.8 $*_a$, †
ラットプルダウン	広背筋　上腕二頭筋	194	44.9 ± 12.6	50.5 ± 13.0 $*_b$	53.2 ± 13.1 $*_b$, †
ショルダープレス	三角筋　僧帽筋　上腕三頭筋	194	54.6 ± 15.3	61.2 ± 15.6 $*_a$	64.2 ± 16.8 $*_a$, †
アームカール	上腕二頭筋　上腕筋	194	31.0 ± 8.8	34.3 ± 9.2 $*_b$	37.6 ± 10.0 $*_b$, †
トライセップスプレスダウン	上腕三頭筋	189	32.5 ± 8.5	34.7 ± 8.1 $*_a$	36.5 ± 8.7 $*_a$, †
アブドミナル	腹直筋	193	57.0 ± 13.1	63.7 ± 13.5 $*_a$	67.6 ± 14.3 $*_b$, †

測定値の単位はすべて kg.
*a：vs トレーニング前，Wilcoxon の符号順位検定＋ Bonferroni 補正，$p < 0.001$.
*b：vs トレーニング前，対の t 検定＋ Bonferroni 補正，$p < 0.001$.
†：vs 4 週後，Wilcoxon の符号順位検定＋ Bonferroni 補正，$p < 0.001$.

4. 統計解析

授業内でのトレーニング実践の効果について検討するため，75%HR_{max} 時の走速度と各筋力トレーニングマシンの1RM 値に対して統計解析を行った．トレーニング前後の値の比較においては，まず比較する2群の差の正規性の検定を Kolmogorov-Smirnov 法を用いて行った．その結果，75%HR_{max} 時の走速度においては正規性が認められなかったため，Wilcoxon の符号順位検定を用いてトレーニング前とトレーニング後の値の差の検定を行った．マシンの1RM 値は測定回数が3回であったため，多重比較を行った．その際，比較する2群の差に正規性が認められた場合は Bonferroni 法による補正を用いた対の t 検定を行い，正規性が認められなかった場合には Bonferroni 法による補正を用いた Wilcoxon の符号順位検定を行った．各マシンにおいてどちらの検定を用いたかについては，表2に記載した．75%HR_{max} 時の走速度の検定における有意水準は $p < 0.05$とし，多重比較における有意水準は$p < 0.05/3$とした．

体力の初期値とトレーニング効果の大きさとの関係を検討するため，初期値（トレーニング前の値）とトレーニングによる変化率との間の相関関係を求めた．変化率は，（トレーニング8週後の値－初期値）÷ 初期値×100として求めた．75%HR_{max} 時の走速度は初期値がマイナスあるいは0に近い値を示す学生が4名おり，それらの変化率を計算するとマイナスに大きくあるいはプラスに大きな値を示してしまうため，相関関係の算出からは除外した．Kolmogorov-Smirnov 法を用いて初期値と変化率それぞれの正規性の検定を行った結果，すべてのパラメーターにおいて，どちらか一方または両変数に正規性が認められなかった．そのため Spearman の順位相関を用いて相関係数 r_s を算出した．75%HR_{max} 時の走速度については，除外した4名の値を含んだ検討も行うため，トレーニング8週後の値から初期値を引いたものを変化量とし，初期値と変化量の分布に対しても Spearman の順位相関係数 r_s を求めた．有意水準は $p < 0.05$とした．

対の t 検定および Wilcoxon の符号順位検定においては，効果量として Cohen's d を算出した．Cohen's d 値0.2, 0.5, 0.8をそれぞれ効果量小，中，大の目安とした（Cohen, 1988）．また，Spearman の順位相関係数については95% 信頼区間（95%CI）を算出し，95%CI に r_s=0を含んだ場合には，無相関の可能性を棄却できないと判断した．

Cohen's d は G*Power 3 Ver.3.1.9.23（Faul et al., 2007）を用いて算出した．また Spearman の順位相関係数 r_s およびその95%CI は統計解析ソフト R Ver.3.6.2（R Foundation for Statistical Computing 社製）を用いて算出した．それ以外の統計解析は IBM SPSS Statistics 21.0（日本アイ・ビー・エム社製）を用いて行った．

Ⅲ．結果

75%HR_{max} 時の走速度は，トレーニング開始前7.72 ± 2.22 km/ 時であったのが，8週間後には8.52 ± 1.75 km/ 時となり，値が有意に上昇した（$p < 0.001$，Cohen's d = 0.439）．変化の典型的な例を図1左（学生 A）に示す．各走速度に対してトレーニング後は心拍数が低下しており，結果として75%HR_{max} 時の走速度が上昇していた．学生 A の例では，トレーニング前の75%HR_{max} 時の走速度は6.67 km/ 時であったのが，トレーニング後は7.58 km/ 時となっていた．また学生全体の75%HR_{max} 時の走速度の分布をみると，トレーニング前は5 km/ 時以下の学生が14名おり，0 km/ 時以下の学生も3名いたが，トレーニング後は5 km/ 時以下の学生が5名となり，マイナスの値を示す学生は0名となった（図2）．75%HR_{max} 時の走速度がマイナスの値を示した学生（学生 B）の例を図1右に示す．トレーニング前は速度6 km/ 時という遅い速度でのジョギングでも心拍数は175拍 / 分という高い値を示していたが，トレーニング後は148拍 / 分に下がっていた．

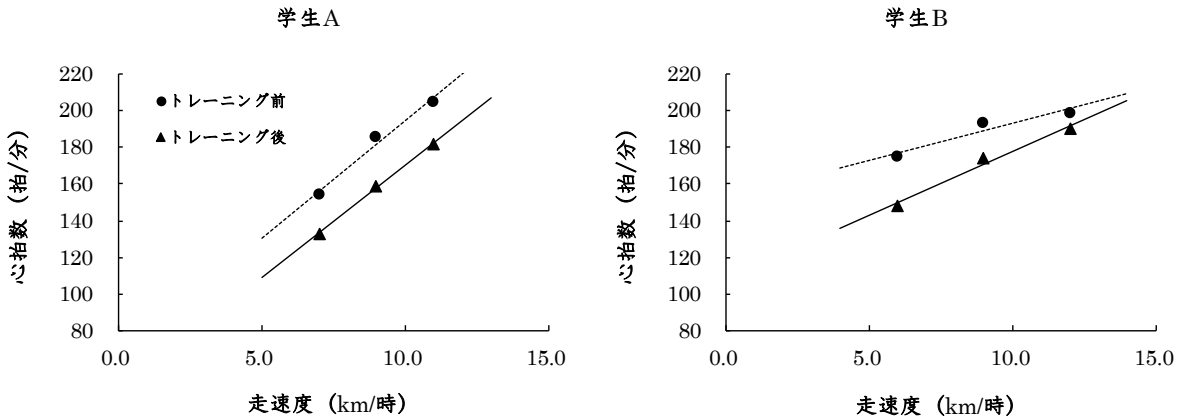

図 1. 走速度－心拍数関係のトレーニングによる変化の例

学生 A は典型的な例であり，学生 B は目標心拍数時の走速度がトレーニング前にマイナスの値を示した学生の例である．

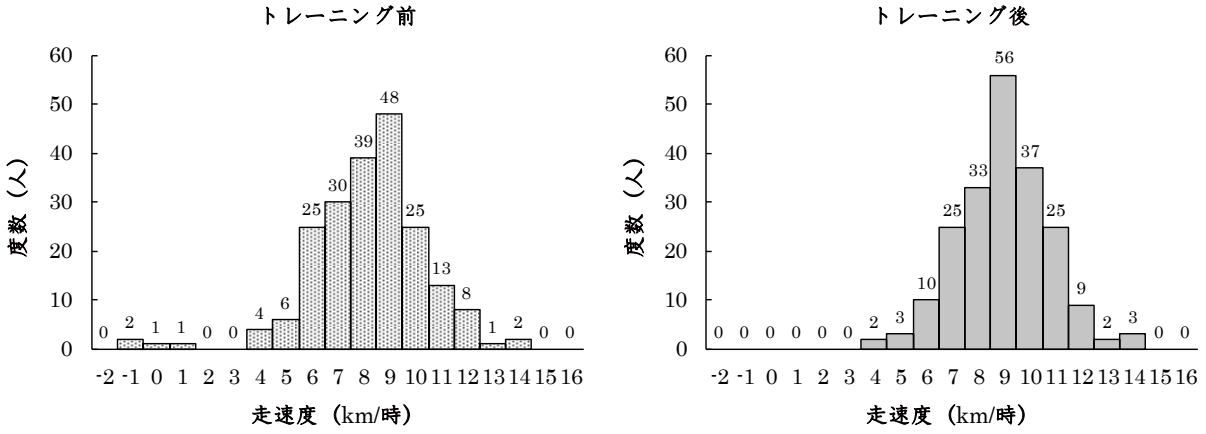

図 2. 目標心拍数時の走速度ヒストグラムのトレーニングによる変化

走速度目盛りは前の目盛りより大きく，その目盛り以下の値を含む．例えば目盛り値9km/時では，8km/時より速く，9km/時以下の速度を示す．また図中の数字は度数を示す．

マシンの1RM値については，いずれのマシンにおいてもトレーニング開始前に比べ中間測定（レッグエクステンション，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.917$；レッグカール，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.874$；インクラインレッグプレス，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.825$；チェストプレス，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.796$；ラットプルダウン，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.930$；ショルダープレス，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.876$；アームカール，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.668$；トライセップスプレスダウン，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.417$；アブドミナル，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.852$）および最終測定（レッグエクステンション，$p < 0.001$，Cohen's $d = 1.228$；レッグカール，$p < 0.001$，Cohen's $d = 1.208$；インクラインレッグプレス，$p < 0.001$，Cohen's $d = 1.164$；チェストプレス，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.862$；ラットプルダウン，$p < 0.001$，Cohen's $d = 1.173$；ショルダープレス，$p < 0.001$，Cohen's $d = 1.072$；アームカール，$p < 0.001$，Cohen's $d = 1.017$；トライセップスプレスダウン，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.679$；アブドミナル，$p < 0.001$，Cohen's $d = 1.053$）時に値が有意に上昇しており，また最終測定は中間測定に比べても値が有意に上昇していた（レッグエクステンション，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.622$；レッグカール，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.651$；インクラインレッグプレス，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.832$；チェストプレス，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.310$；ラットプルダウン，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.485$；ショルダープレス，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.369$；アームカール，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.703$；トライセップスプレスダウン，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.544$；アブドミナル，$p < 0.001$，Cohen's $d = 0.509$；表2）．

75%HR_{max}時の走速度の初期値とトレーニングによる変化量および変化率を図3に示す．初期値と変化量は有意な負の相関関係を示し（$r_s = -0.479$，$p < 0.001$，95%CI = [−0.579，−0.367]），初期値と変化率もまた有意な負の相関関係を示した（$r_s = -0.507$，$p < 0.001$，95%CI = [−0.603，−0.396]）．1RM値については，いずれのマシンにおいても初期値とトレーニングによる変化率に有意な負の相関関係が認められた（図4；レッグエクステンション，$r_s = -0.524$，$p < 0.001$，95%CI = [−0.619，−0.413]；

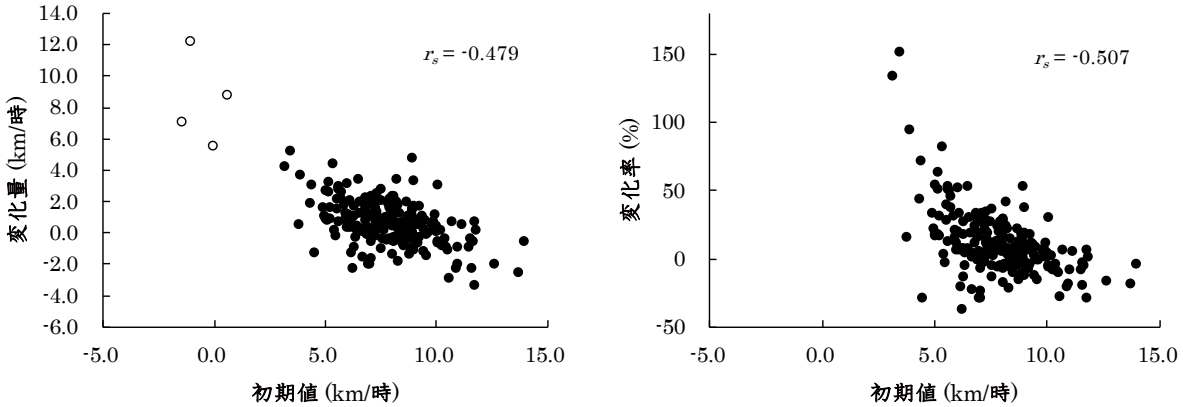

図 3. 目標心拍数時の走速度の初期値とトレーニングによる変化量および変化率

左は8週間のトレーニングによる変化量を示し，右は変化率を示す．左図で初期値が0付近であった4名のデータ（○）は，変化率を算出すると大きなマイナスあるいはプラスの値となるため，初期値と変化率の相関関係の算出時には除外した．r_sはSpearmanの順位相関係数を示す．

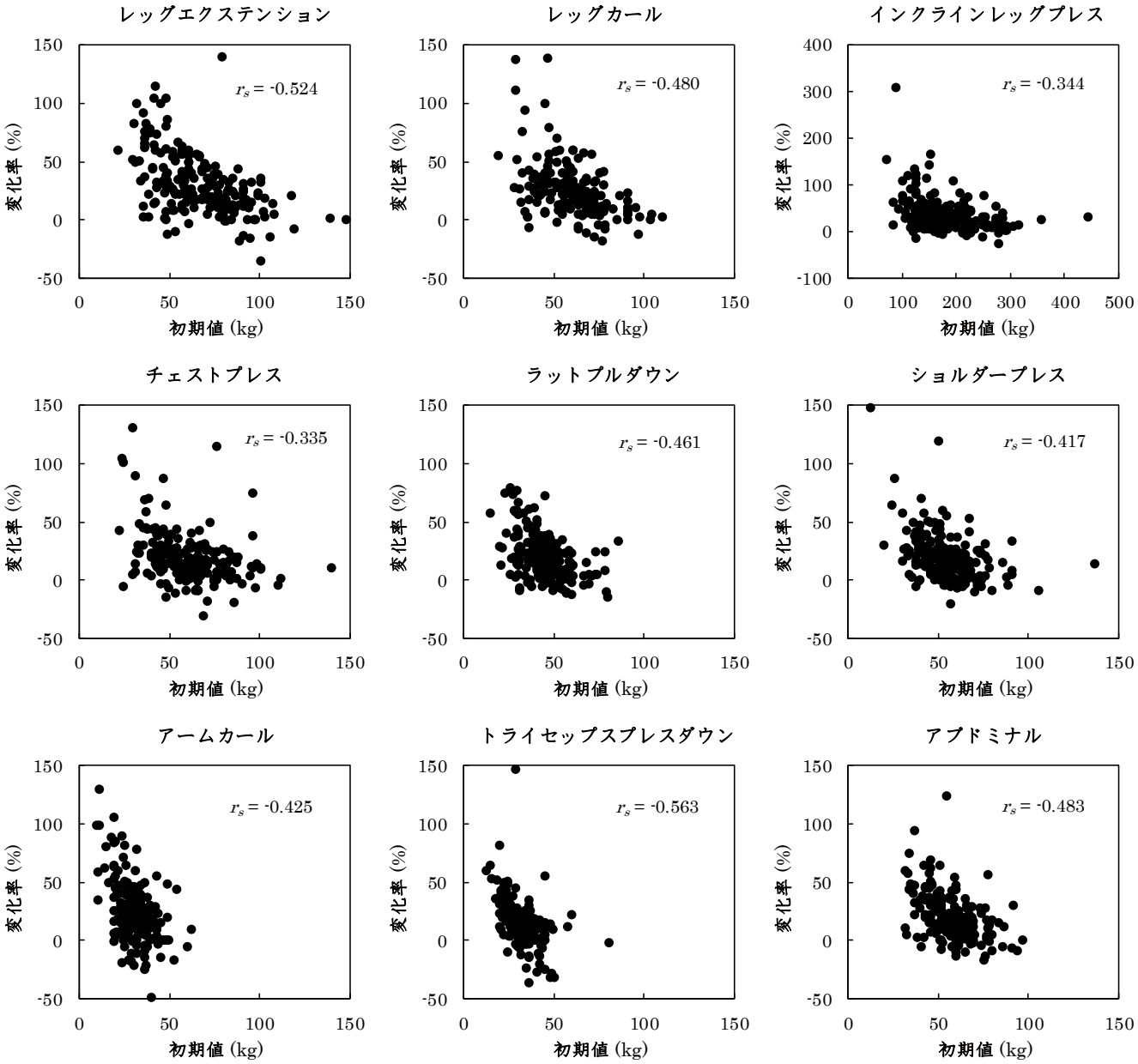

図 4. 各マシンにおける 1RM の初期値とトレーニングによる変化率

変化率は初期値と 8 週間のトレーニング後の値から算出した．r_s は Spearman の順位相関係数を示す．
インクラインレッグプレスのみ軸のスケールが異なる．

レッグカール, $r_s = -0.480$, $p < 0.001$, 95%CI = [−0.587, −0.356]；インクラインレッグプレス，$r_s = -0.344$，$p < 0.001$，95%CI = [−0.463, −0.212]；チェストプレス，$r_s = -0.335$，$p < 0.001$，95%CI = [−0.455, −0.203]；ラットプルダウン，$r_s = -0.461$，$p < 0.001$，95%CI = [−0.565, −0.342]；ショルダープレス, $r_s = -0.417$, $p < 0.001$, 95%CI = [−0.527, −0.294]；アームカール, $r_s = -0.425$, $p < 0.001$，95%CI = [−0.534, −0.302]；トライセップスプレスダウン，$r_s = -0.563$，$p < 0.001$，95%CI = [−0.653, −0.457]；アブドミナル，$r_s = -0.483$，$p < 0.001$，95%CI = [−0.585, −0.367]).

Ⅳ．考察

本研究では，週1回の体育授業が大学院生の持久力と筋力に及ぼす効果について検討することを目的とした．その結果, 持久力の指標とした目標心拍数時の走速度は, トレーニング前に比べて8週後に上昇した．また，筋力の指標とした各マシンの1RM 値は，トレーニング開始4週後でトレーニング前に比べて増加し，8週後ではトレーニング前や4週後よりも増加していた．また, 体力の初期値とトレーニングによる変化率の関係をみたところ，いずれの項目も初期値と変化率の間に有意な負の相関関係が認められ，初期値が低い学生ほど変化率が高いことが明らかとなった．

今回は，大学院生に対して実施したことに加え，1回あ

たりの運動実施時間が短いことが特徴的であった．持久的トレーニングと筋力トレーニングを合わせて40分程度の時間で実施したため，持久的トレーニングは「それぞれの目標心拍数を維持したペースで2 km」とした．筋力トレーニングは前半4週は9台のマシンをそれぞれ「70～80%1RMの負荷で8～12回の繰り返しを1セット」をノルマとし，後半4週は時間を見ながら2セット目も取り組めるマシンがあれば取り組むということとした．アメリカスポーツ医学会の最新の基準（Riebe et al. , 2018）によれば，一般成人の持久的トレーニングの基準は「1日30～60分の中強度の有酸素性の運動を週に5日以上，または1日20～60分の高強度の有酸素性の運動を週に3日以上，高強度と中強度を組み合わせた場合には1日20～60分の運動を週に3～5日以上」である．最高心拍数を基準とした運動強度でみると，中強度の運動は64～76%HR_{max}，高強度の運動は77～95%HR_{max}となっている．一方，筋力トレーニングの基準は，定期的なトレーニングを行っていない人では，一つの筋群につき「60～70%1RMの負荷で8～12回の繰り返しを1セットとし，2～3分のインターバルで2～4セット実施．それを週2～3日」であり，定期的なトレーニングを行っている人では，上記基準の強度が「80%1RM以上になるよう徐々に増加させる」となっている．今回はこうした基準に比べ強度は保てているものの，頻度や量は少ないトレーニング実践であった．これまで週1回の体育授業における筋力トレーニングによって，筋力が増強することを報告してきた先行研究のトレーニング量をみると，林・宮本（2009）および石倉ほか（2017）の先行研究では，週1回の授業時間内に，70%1RM程度の負荷で10回程度の繰り返しを少なくとも3セットは実施している．種目数は，それぞれ「6種目」と「少なくとも5種目」であった．磨井・柳川（2013）の先行研究では，16種類のウェイトトレーニングを70%1RMの負荷で最低1セットに加え3種目のスロートレーニングを1セット実施しており，セット数は少ないものの種目数が多いトレーニング内容となっている．内田（2000）の先行研究では，女子大学生のみを対象としており，50%1RMの負荷で反復回数を種目によって20回または15回とし，2セットのトレーニングを実施している．本研究でのトレーニングはこれらに比べても少ないトレーニング量であったが，トレーニング開始4週後，8週後に1RM値が上昇することを確認した．トレーニング刺激に対する筋の応答を考えると，前半4週は神経系の適応が生じ（Moritani and deVries, 1980；Sale, 1988），筋出力が上昇した可能性が考えられる．後半4週にさらに筋力が上昇した理由が，神経系の適応のみであるのか，少しでも筋肥大の応答が生じていたのかについては，筋のサイズに関する測定を行っていないため不明である．本授業の履修者の中には，マシンを使ったトレーニングを実施するのが初めてという学生も含まれていた．そのため，本研究で得られた1RM値の上昇にはマシンへの慣れの影響が少なからず含まれていると考えられる．しかしながら，トレーニングを繰り返し実施した4週目以降でも1RM値は上昇していたため，単に慣れの影響だけでなく，トレーニングによる生理的変化は生じていたと考えている．

筋力トレーニングに比べ，体育授業での持久的トレーニングの効果に関する先行研究は少なく，中でも「効果が認められた」と報告している論文はほとんどない．例えば，半期のエアロビクス授業を実施した佐々木ほか（1999）の先行研究では，毎回60分前後のエアロビクス実践によって，自転車エルゴメーターを用いて測定した有酸素性作業能力は改善しなかったと報告している．一方，効果が認められたとしている片岡ほか（2017）の研究では，授業時間内に筋力トレーニングと持久的トレーニングを実施しており，持久的トレーニングはトレッドミルを用いたランニングやエアロバイクなどを毎回20分以上実施している．本研究では2 kmのランニングを実施したが，1 kmを10分程度のかなりゆっくりのランニングで2 kmを20分かかる計算となるため，持久的トレーニングを20分以上実施した学生はいなかったものと思われる．実際に，心拍計の着脱も含めて20分程度の時間を充てており，その時間が足りないほどの学生はいなかった．400 mのグラウンドを1周するごとにティーチングアシスタントに心拍数を伝えるよう指示していたが，目標心拍数を下回ることなく，むしろやや高めの心拍数で走っている学生がほとんどであった．片岡ほか（2017）の実践した授業では，持久的トレーニングの強度に対する指示はなく，毎回20分以上という時間に関する指示のみであったが，少なくとも時間に関しては本研究よりも長い時間持久的トレーニングを実施していたといえる．本研究では，週1回2 kmという短い時間のランニングを75%HR_{max}を下回らない強度で実施することにより，8週後に持久力が向上するという効果を確認した．

本研究で得られた体力向上の効果が学生の初期の体力と関連があるかを検証するため，各種目の初期値とトレーニングによる変化率との相関関係を調べたところ，すべての項目において有意な負の相関関係が認められた．すなわち，スタート時の値が低い人ほど，その項目のトレーニング効果が高いことが明らかとなった．このような負の相関関係は，週1回の授業内での筋力トレーニングの効果を検証した林・宮本（2009）および磨井・柳川（2013）の先行研究でも確認されている．また，授業ではないトレーニング実験においても，筋力トレーニングの効果は初期値が低い人ほ

ど高いことが報告されている（Häkkinen，1985；Peterson et al.，2005）．これは，本研究のような週当たりのトレーニング量（負荷×繰り返し回数×セット数）の少ない筋力トレーニングのみならず（Peterson et al，2005），アメリカスポーツ医学会の指針（Riebe et al. , 2018）で示されたような十分な筋力トレーニングを実施した場合においても確認されている（Häkkinen，1985；Peterson et al.，2005）．一方，持久的トレーニングにおける初期値―変化率関係については，筆者の知る限り授業時での報告はなく，また本研究のように週当たりのトレーニング時間が短いトレーニング実験での報告もない．アメリカスポーツ医学会の指針（Riebe et al. , 2018）で示されているような十分な持久的トレーニングを実施した場合には，持久力向上に対する初期値の影響は少なく，遺伝的要因の影響が強いと言われている（Sarzynski et al., 2017；Williams et al., 2017）．したがって，本研究において示された初期値―変化率関係は，トレーニング時間が少ないという条件下で生じたものであるかもしれない．この点については，今後さらなる検証が必要であるが，少なくとも本研究では，週1回2 kmという短いトレーニング時間の持久的トレーニングにおいて，初期値が低い人ほど効果が高いということを新たに示したといえる．

今回のトレーニングの効果に関連が強い初期の体力レベルは，遺伝的要因と運動習慣などの環境的要因によって決定される．調査ごとに値のばらつきはあるものの，持久力においても筋力においても，遺伝の影響はおおよそ50％程度と言われている（Miyamoto-Mikami et al.，2018；Zempo et al.，2017）．初期の体力レベルに関係が深い遺伝子型は持久力と筋力で異なっており（Bray et al., 2009），かつ環境的要因も学生それぞれによって異なる．初期の体力レベルが低い人ほどトレーニング効果が高いということは，もともとの体力レベルが高い人では，今回のトレーニングによる効果は得られにくいということでもあり，授業という限られた時間の中で個人の特性に応じた効果的なトレーニングを実施していくことを考えると，受講学生の体力レベルとトレーニング内容とその効果に関する研究が今後広く行われていく必要があると思われる．初期の体力レベルに影響を与える遺伝的要因については，授業の中での調査は難しいと言える．一方，環境的要因の一つである運動習慣の調査は可能である．運動部や運動サークルに所属し，運動習慣のある学生を対象とした体育授業内でのトレーニング効果を検証した先行研究（九鬼ほか , 2019）もあるが，体力レベルに影響を与え，さらにトレーニング量を考える上でも必要となる運動習慣を考慮した研究が行われる必要があると考えている．一方で，もともとの体力レベルが高く授業内でのトレーニングだけでは効果が得られにくい場合には，授業時間以外でのトレーニングの実施を，授業として積極的に促す必要もあると言える．

本研究は授業の中での取り組みであり，研究としての限界を含んでいる．一つは，トレーニング内容をすべての学生で統一できていないという点である．特に筋力トレーニングの後半（5～8週目）では，人によりまたマシンごとにトレーニング量が異なっていた．また授業期間中の授業以外でのトレーニングや運動の実施に対しても制約を加えなかった．授業をきっかけに興味を持ってトレーニングを始めたと話している学生も数名おり，それらのデータも含んだ結果となっている．このような学生は今回の解析対象者数に対してわずかな人数であるため，データ自体に大きな影響を与えてはいないと考えている．被験者一人ひとりに丁寧に対応するトレーニング実験に比べ，測定条件のコントロールや測定精度の維持が難しかった点も研究としての限界である．図3および図4をみると，8週後に値が低下している学生がいることがわかる．これら学生のレポートをみると，前期は，測定日の気温が高くすぐに疲れてしまった（特に持久力測定において）といったコメントが多く，後期は，お正月休みを挟んでしまいその間何もしなかったこと，あるいは体重が増加してしまったことが影響したのではないかといったコメントが多く見受けられた．また，前期，後期に共通して，測定日に風邪気味であったり睡眠不足であったりと体調が万全でなかったこと，初回測定時のマシンの可動域が十分でなく（十分に伸展させていない，または屈曲させていないなど），1RM値が高く見積もられてしまったことなどを書いているケースが多かった．方法にも記載した通り，事前にマシン使用に関する説明を行い，学生が自身でも練習を行ってからの測定であり，また測定の前週には，測定に備えて睡眠不足や筋肉痛等がないよう体調を整えて出席するよう伝えてもいたが，測定時の状態のコントロールが難しかったといえる．コントロール群がないのも研究としての限界の一つである．また，身長，体重，体脂肪率といった形態計測や，筋厚や周径囲など筋のサイズの測定を実施していれば，筋力や持久力といった出力だけでなく体に生じた変化も確認することができたと思われる．今後は合わせて測定する必要があると考えている．

成績評価は，筆記試験とレポート，授業への取り組みという点から行った．筆記試験は講義内容から出題し，レポート課題は体力の変化のグラフを作成しそれに対して考察を加えるという内容とした．レポート課題では授業に対する感想は求めていなかったが，コメントを書いている学生が何名かいた．そのいくつかは，「講義を通して，自分の身体能力の向上が見られて大変満足しています．当たり前のことかもしれませんが，自分のトレーニングに対して，定

量的に評価できることはとてもわかりやすいです．自分の現状を知り，それに合わせてトレーニングを行い，もともとの自分を超えることはとても楽しいことです」，「週に1度のトレーニングでここまで筋力が向上するとは予想外であった．週に3回程度，少なくても2回はトレーニングを行わないと効果があまりないのではないかと考えていたので，自分の体ではあるが，変化に驚いた．これでトレーニングを終えず，継続していくことが大切であり，週に2，3回程度やることが望ましいが，1回でも効果があったので，あまりスケジュール的に無理のない範囲で継続していきたいなと思った」，「これまでは自分の感覚だけでトレーニングを行っていましたが，やはり1 RM などをきちんと測定し，適切な負荷を設定してトレーニングを行うと，トレーニングをしていて，辛いと思うことがないなと感じました．また，今回のレポートのように自分自身のトレーニングの効果をグラフとして確認すると，確実に筋力が向上していることが分かり，達成感も得ることができました」，「修士生活に入って以来，本当に運動をしていなかったため，今回の授業は実際に運動もできて本当によかったと思っています．また，多少なりとも運動に対する知識が入り，これから少しずつ日常的に運動しようと思うきっかけになりました」といったものであり，「運動習慣が得られにくい中でのトレーニング実践授業の意義」，「少ない介入でも体力が向上することへの驚きと喜び」，「変化を客観的に評価することで得られる納得感」，「今後もトレーニングを行う意欲」が共通して記載されていた．今回実施した内容・手法での大学院における体育授業は，社会に出る前の学生に適切なトレーニング方法やトレーニング効果を知識として伝え，実際のトレーニング実践によって体力向上という結果をもたらした．大学院では，学部に比べ運動実践の機会が少ないことが指摘されているが，本授業によって週1回でも運動実践の機会を提供できたこと，また研究の限界の中で記載した通り，授業をきっかけに自主的にトレーニングを始めた学生がいたこと，さらにコメントにあるように「今後もトレーニングを行う意欲」が芽生えたことは，本授業が大学院における運動実践の機会の増加に貢献し，また授業期間終了後の運動習慣の形成にも貢献した可能性を示していると言える．今回の取り組みは，文部科学省が提唱するところの「初等中等教育の時期と社会人とをつなぎ，生涯にわたるスポーツ習慣を形成・定着させる観点から重要な意味を持っている」取り組みであったと考えている．

Ⅴ．結論

本研究では，大学院における週1回の体育授業によって，大学院生の持久力と筋力が向上することを示した．また，体力の初期値が低い学生ほどトレーニング効果が高いことを示した．基本的に講義とトレーニング実践とを組み合わせて実施したため，トレーニングの時間は持久的トレーニングと筋力トレーニングを合わせて40分程度の短いものであった．それにもかかわらず，平均的にみれば体力の向上が確認された．大学院においてこのような授業を実施することは，学部時代よりも運動の機会が減少しがちな大学院生に運動実践の機会を与え，彼らの体力の維持向上に有用であることが示された．

謝辞

健康スポーツ科学授業の実施にあたり，ティーチングアシスタントとして長年補助をしてくださった現・東京大学大学院総合文化研究科特任研究員の小嶋裕太氏，非常勤講師として授業を一部担当下さった現・福井工業大学スポーツ科学部講師の前川剛輝氏に心より御礼申し上げます．

文献

Bray, M. S., Hagberg, J. M., Pérusse, L., Rankinen, T., Roth, S. M., Wolfarth, B., and Bouchard, C.（2009）The human gene map for performance and health-related fitness phenotypes: the 2006–2007 update. Medicine & Science in Sports & Exercise, 41：34–72.

Cohen, J.（1988）Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences（2nd ed.）. Lawrence Erlbaum Associates.

Faul, F., Erdfelder, E., Lang, A. G., and Buchner, A.（2007）G*Power 3: A flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences. Behavior Research Methods, 39：175–191.

Häkkinen, K.（1985）Factors influencing trainability of muscular strength during short term and prolonged training. Strength and Conditioning Journal, 7(2)：32–37.

林直亨･宮本忠吉（2009）週１回の大学授業における筋力トレーニングが筋力に与える影響．体育学研究，54：137–143.

一般社団法人国立大学法人保健管理施設協議会（2018）学生の健康白書 2015. http://www.htc.nagoya-u.ac.jp/wp-content/uploads/2019/09/hakusho2015.pdf,（参照日 2020 年 7 月 11 日）.

石井直方（2000）みんなのレジスタンストレーニング．山海堂，p105.

石倉恵介・佐藤和・富川理充（2017）週一回の大学体育授業におけるトレーニングが身体に及ぼす影響．専修大学スポーツ研究所紀要，40：21–29.

片岡悠妃・図子浩二・遠藤俊典・安井年文・藤林献明（2017）大学体育におけるフィットネストレーニング授業の実践的検討～学生の主体的な取り組みによる授業の実践過程～．大学体育学，14：35–47.

九鬼靖太・吉田拓矢・川原布紗子・水島淳・谷川聡・木内敦詞（2019）週１回の大学体育授業における筋力トレーニングが日常的な運動習慣を有する男子大学生の体重，筋力および筋力トレーニングの継続に及ぼす影響．筑波大学体育系紀要，

42：45–55.
Miyamoto-Mikami, E., Zempo, H., Fuku, N., Kikuchi, N., Miyachi, M., and Murakami, H.（2018）Heritability estimates of endurance-related phenotypes: A systematic review and meta-analysis. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 28：834–845.
文部省（1998）我が国の文教施策．心と体の健康とスポーツ．https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpad199801/hpad199801_2_053.html,（参照日 2020 年 2 月 16 日）.
Moritani, T. and deVries, H. A.（1980）Potential for gross muscle hypertrophy in older men. Journal of Gerontology, 35：672–682.
Peterson, M. D., Rhea, M. R., and Alvar, B. A.（2005）Applications of the dose-response for muscular strength development: a review of meta-analytic efficacy and reliability for designing training prescription. Journal of Strength and Conditioning Research, 19：950–958.
Riebe, D., Ehrman, J. K., Liguori, G., and Magal, M.(eds.)(2018) ACSM’s Guidelines for Exercise Testing and Prescription（10th eds.）. Wolters Kluwer.
Sale, D. G.（1988）Neural adaptation to resistance training. Medicine & Science in Sports & Exercise, 20：S135–S145.
Sarzynski, M. A., Ghosh, S., and Bouchard, C.（2017）Genomic and transcriptomic predictors of response levels to endurance exercise training. The Journal of Physiology, 595：2931–2939.
佐々木玲子・小森康加・田中伸明・鈴木智子（1999）週 1 回の体育実技における運動継続実施が及ぼす効果について－「エアロビクス」履修女子学生を対象とした実態調査 (I) －．慶応義塾大学体育研究所紀要，38：57–65.
スポーツ庁（2019）平成 30 年度体力・運動能力調査結果の概要及び報告書について．https://www.mext.go.jp/sports/b_menu/toukei/chousa04/tairyoku/kekka/k_detail/1421920.htm,（参照日 2020 年 2 月 16 日）.
Thompson, W. R., Gordon, N. F., and Pescatello, L. S.（eds.）（2009）ACSM’s Guidelines for Exercise Testing and Prescription（8th eds.）. Lippincott Williams & Wilkins, pp. 76–79.
内田英二（2000）女子大学生における週 1 回の resistance training による最大挙上重量および周径囲の変化．國學院短期大学紀要，18：A3–A10.
内田英二・神林勲（2006）週 1 回 8 週間のサーキットトレーニングが大学生の体力および感情に与える影響．体育学研究，51：11–20.
磨井祥夫・柳川和優（2013）週 1 回の授業におけるレジスタンストレーニングが大学生の筋力に及ぼす影響．広島体育学研究，39：1–10.
Williams, C. J., Williams, M. G., Eynon, N., Ashton, K. J., Little, J. P., Wisloff, U., and Coombes, J. S.（2017）Genes to predict VO_{2max} trainability: a systematic review. BMC Genomics, 18（Suppl 8）：831.
Zempo, H., Miyamoto-Mikami, E., Kikuchi, N., Fuku, N., Miyachi, M., and Murakami, H.（2017）Heritability estimates of muscle strength-related phenotypes: A systematic review and meta-analysis. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, 27：1537–1546.

（2020年３月30日受付
2020年８月21日受理）

英文抄録の和訳

週1回の大学での体育授業における運動実践によって学生の体力が向上する可能性が示されている．一方，大学院生を対象とした体育授業についてはほとんど報告がない．本研究では，大学院における週1回の体育授業が大学院生の体力に及ぼす効果について検討することを目的とした．講義とトレーニング実践を組み合わせた形式で授業を行ったため，トレーニング実践の時間は1回あたり40分程度であった．このような短いトレーニング時間でも体力が向上するかどうかについて検討を加えた．1回の授業において，持久的トレーニングとして2kmのランニングと，9台のマシンを用いた筋力トレーニングを実施した．筋力トレーニングは，70～80%1RMの負荷で，前半4週は1セット，後半4週はすべての種目でなくてよいので2セット目も取り組むよう指示した．授業は日本人のみでなく留学生も履修していたが，属性を統一して解析するため，日本人男性213名のデータを対象とした（23.4 ± 2.1歳，平均値 ± 標準偏差）．持久力の測定を8週のトレーニング期間前後に実施した．筋力の測定は，8週前後に加え，4週終了後にも実施した（中間測定）．持久力の評価指標は目標心拍数時の走速度とし，筋力の評価指標は各マシンの1RM値とした．目標心拍数は，（220－年齢）×0.75で求めた．目標心拍数時の走速度は，トレーニング実施前に比べ8週終了後に有意に上昇した（$p < 0.001$）．マシンの1RM値は，いずれのマシンにおいてもトレーニング開始前に比べ4週終了後に有意に上昇しており（9台とも $p < 0.001$），8週終了後は，4週終了後からさらに値が上昇した（9台とも $p < 0.001$）．また，持久力と筋力のいずれの項目においても，初期値とトレーニングによる変化率の間に有意な負の相関関係が認められた（走速度および9台のマシンとも $p < 0.001$）．これらの結果から，週1回，短い時間内での持久的トレーニングと筋力トレーニングの実施によって，大学院生の持久力と筋力が向上することが明らかとなった．またその向上は，初期値が低い人ほど大きいことが明らかとなった．大学院では，学部に比べてクラブやサークルでのスポーツ活動の機会が減少する．本研究は，大学院における体育授業の実施が大学院生の体力の維持向上に有用であることを示した．