

週1回の大学スポーツ実技が下肢の筋力・筋パワー維持に及ぼす影響

一川大輔¹⁾, 安田智洋²⁾

Effect of weekly sports participation through physical education class at university on muscle strength and power in the lower body

Daisuke ICHIKAWA¹⁾ and Tomohiro YASUDA²⁾

Abstract

The purpose of this study was to compare lower body-based physical fitness tests of university students before and after 15-week of sports activity in a university physical education class. Eighty male university students participated in this study. They took a physical education class (softball, futsal or basketball) in university once a week for 10 weeks. Measurements taken at 2nd and 3rd class (pre) and at 14th and 15th class (post) were: body weight, body mass index (BMI), systolic and diastolic blood pressures (SBP and DBP), resting heart rate, muscle thickness (MT) for anterior and posterior thigh and posterior lower leg, girth for thigh and lower leg, muscle strength margin with squat-to-stand motion (MSM), knee extension muscle strength (KE), standing broad jump (SBJ), 30-s chair test (CS-30), one-legged standing with eyes closed and handgrip (HG). Body weight, BMI, SBP and DBP were decreased ($p < 0.05$) from pre to post (Body weight: 62.8 ± 8.2 kg vs. 61.8 ± 7.4 kg, BMI: 21.5 ± 2.6 kg/m² vs. 20.9 ± 3.3 kg/m², SBP: 118.6 ± 10.2 mmHg vs. 112.3 ± 10.3 mmHg, DBP: 71.0 ± 9.1 mmHg vs. 65.8 ± 9.2 mmHg, respectively). There were differences ($p < 0.05$) in MT between pre and post for posterior thigh and lower leg, but not for anterior thigh. MSM, SBJ and CS-30 were increased ($p < 0.05$) from pre to post (MSM: $197.7 \pm 17.8\%$ vs. $202.4 \pm 20.1\%$, SBJ: 211.4 ± 0.2 cm vs. 221.5 ± 0.2 cm, CS-30: 36.9 ± 4.0 times vs. 39.2 ± 4.3 times, respectively). There was no difference ($p > 0.05$) between pre and post in KE (41.6 ± 9.2 kg vs. 43.3 ± 9.5 kg). One-legged standing with eyes closed was increased ($p < 0.05$) from pre to post (60.4 ± 37.1 sec vs. 77.0 ± 40.4 sec). Our results indicate that weekly sports activity in a university physical education class effects in lower muscle strength and power in university students.

キーワード：下肢筋力、筋力余裕度、筋厚、運動介入

Keywords ; lower muscle strength, muscle strength margin, muscle thickness, exercise intervention

緒言

文部科学省は、昭和39年以降、体力・運動能力調査を開始し、平成11年からは「新体力テスト」として、4つの世代カテゴリーにおいて実施する際のテスト項目を示している(文部科学省スポーツ・青少年局, 2009)。同省は、12歳から19歳までのカテゴリーでは、全身持久力を評価するためのテスト項目として持久走(男子1500m, 女子1000m)もしくは20mシャトルランを設定している。一方、20歳から64歳までのカテゴリーでは、急歩もしくはシャトルラン(往復持久走)を設定しており、運動負荷の高い持久走は含まれていない。

我々の調査(一川ほか, 2014)では、大学入学後に運動活動を継続している学生は、約17.2%しかいないことが明らかとなっている。しかしながら各大学での新体力テストにおいて、個々に現況の身体活動量を把握せず、また入学した際の年齢が異なる学生に持久走を入学直後に実施する場合がある。また、運動活動を継続している学生とそうでない学生の測定データを一元的に平均値化し評価したデータを提示するなど、大学における体力テスト測定には、安全性配慮の欠如や評価法において問題点があると考えられる。

大学生は高齢者と異なり、週1回程度の少ない運動介入であっても体力が変化することが明らかとなっている。内田・神林(2006)によれば、週1回8週間のサーキットトレーニング

1) 東洋大学理工学部 Faculty of Science and Engineering, Toyo University

2) 聖隷クリストファー大学看護学部 School of Nursing, Seirei Christopher University

ングを実施した結果、女子学生における体力指標のうち、特に筋持久力が向上したことを報告している。また、林・宮本(2009)によれば、週1回の筋力トレーニングを実施した結果、男子大学生のベンチプレスとアームカールの1RMでの数値が有意に増加したことを報告している。このような大学体育における運動効果に関する研究は、諸外国でも行われており、Danoff and Raupers (2014)によれば、1セメスター14週の大学スポーツ実技授業を利用し、毎回50分間の体力トレーニングを中心としたエクササイズを実践し、授業期間前後での生理学的指標と体力テストの記録を測定し、単一群の介入結果の比較を行った。その結果、安静時の心拍数が有意に低下し、また握力や腕立て、腹筋などの体力指標が有意に向上したことを報告している。

青年期から高齢期では、上肢よりも下肢のほうが運動機能の低下が著しいことが生理学研究から認められている(安部・福永, 1995; Janssen et al., 2000)。これは、下肢はサルコペニア(加齢性筋萎縮症)の影響を受けやすい一方で、上肢は比較的日常生活で常に動かしているため、その筋力低下が緩やかとなることが要因であると考えられている。下肢筋力は歩行や起居能力と強く関連するが、その下肢筋力測定には、大型の専用機器を必要とすることがこれまで問題であった(関根・小川, 2013)。しかしながら、現在は下肢の筋力や筋パワーを簡易に測定できる機器が開発され、大学体育授業内でも測定したデータを即時にフィードバックすることが可能となった。

我々は、男子大学生に超音波Bモード測定装置を用い、大腿部前面筋厚と膝関節伸展筋力との間には有意な相関関係があることを確認した(一川ほか, 2014)。この関係性は、高齢期の男女における、大腿部前面筋厚と膝関節伸展筋力の関係性を調査した研究結果と同様であった(大淵ほか, 2009; 江崎ほか, 2010)。また、下肢筋力と筋持久力を評価する上で、30秒椅子立ち上がりテスト(30-s chair stand test: CS-30)がよく利用される。このテストは、踏み台昇降テスト用の台(高さ40 cm)を利用し、座位姿勢から立位動作を両脚で30秒間実施した場合の回数で下肢の機能を評価するテストである。CS-30と下肢筋パワーの指標である膝関節伸展筋力との間には、大学生を用いた若年者と高齢者の両方において有意な相関関係が認められている(中谷ほか, 2002a; 2002b)。

そこで本研究は、10週にわたり男子大学生が大学スポーツ実技を実践することで、どのような生理学的変化を示すのかを調査するため、特に下肢筋組織の生理学的指標と筋機能に着目し、身体への危険性を少なくした体力テストを導入した。そのうち徒歩や自転車での通学・移動などを除き、定期的な運動を全く実践していない者を分析対象とし、授業前

後の変化を評価することを目的とした。

方法

1. 被験者

東洋大学川越キャンパスにて、2014年度春学期(前期)スポーツ健康科学実技Iを履修する健康な男子大学生112名を対象とした。被験者となる大学生は健康診断における内科検診・血圧・心電図等に、特別な異常が認められないものを対象とした。被験者には、1回目の授業オリエンテーション時に予め実験内容を十分説明し、同意が得られる場合に同意書に署名・捺印し、本測定に参加する意志を確認した。なお、本研究はヒトを対象とする研究遂行に際して、その全ての過程において人権の尊重と安全確保を最優先するために、ヘルシンキ宣言の精神に沿い、人権擁護に配慮した。また本研究における授業履修者は、1年生が含まれる場合もあることから、未成年に対する対応を含め、東洋大学生命科学部・総合情報学部・理工学部の「ヒトおよびヒト由来物質を対象とした研究に関する倫理指針」(承認番号: 2012-R-05)の承認を受けて実施された。本測定に利用する手法は、全て非侵襲型測定であり、被験者にはこの実験への参加は強制ではなく、一旦引き受けても途中で辞退できること、また測定中に体調が悪くなる場合には、中止できることを説明した。

2. 測定および分析方法

(1) 身体特性

身体特性として身長・体重を測定し、体格指数(body mass index: BMI)を算出した。また、血圧計(デジタル自動血圧計, HEM-1040, オムロン社製)を用い、安静時座位の姿勢で上腕の位置を心臓の高さと同じにした状態で、収縮期血圧・拡張期血圧と安静時の脈拍数を測定した。

(2) 筋厚・体肢長・周径囲

右脚膝蓋骨中点と大転子および外踝中点の位置を同定し、大腿長・下腿長を測定した。その後、大腿長の遠位50%(大腿部50%部位, 大腿直筋上および半膜様筋上)において大腿部周径囲を測定し、右脚膝蓋骨中点から下腿長全体に対する30%遠位(下腿部30%部位, 腓腹筋外側頭上)において下腿部周径囲を測定した(宮谷ほか, 2003)。筋組織厚(筋厚)は、先に測定した大腿長の50%部位において、汎用超音波画像診断装置(プロサウンドC3, ALOKA社製)を用い、大腿部前面筋厚(Muscle thickness of the anterior thigh: MTa)と大腿部後面筋厚(Muscle thickness of the posterior thigh: MTp)の2箇所を計2回ずつ測定した。また下腿長30%部位において、下腿部後面筋厚(Muscle thickness of the calf: MTc)を計2回ずつ測定した。その後、

記録された超音波断層画像は、画像解析ソフト (Image J 1.46r, National Institute of Health 製) を用い、筋厚を mm 単位で算出した。なお、超音波画像診断装置における測定精度および再現性については、MRI 法での筋断面積と筋体積を比較した先行研究により確認されている (Miyatani, et al., 2000; Miyatani, et al., 2001; Miyatani, et al., 2004; 熊谷, 2011)。

(3) 体力テスト

下肢筋パワーを評価する体力テストとして、筋力余裕度を各 2 回測定した。これは下肢の筋力発揮特性に特化し、膝関節の最大屈曲姿勢から全速力で立ち上がる際の膝関節と股関節の筋力 (関節モーメント) を胸部と大腿部に装着する簡易加速度 (ジャイロ) センサから下肢筋力のパフォーマンスを同定することができる機器である (Yoshioka, et al., 2013)。なお、この測定値は、日常生活に必要なとされる最小筋力値 (100%) との相対的な比率 (筋力余裕度) に変換して出力される。

また大腿四頭筋の筋パワー指標として、片脚膝関節伸展筋力 (片脚用筋力測定台, T. K. K. 5715, 竹井機器工業社製) を右脚で各 2 回測定した。さらに両脚での下肢運動パフォーマンス評価として立幅跳の値を各 2 回測定した。筋持久力の測定として、踏み台昇降テスト用の踏み台を利用し、CS-30 を各 2 回実施した。また平衡感覚能力の指標として右脚での閉眼片足立ち時間を各 2 回測定した。さらに、上肢の筋力指標として右手での握力 (デジタル握力計, T. K. K. 5401, 竹井機器工業社製) を各 2 回測定した。なお、閉眼片足立ち立ちのみ、2 回試行の最大値を記録として採用し、その他の種目は、2 回試行の平均値を採用した。

(4) 統計処理

測定値は、全て平均値 ± 標準偏差で示した。各測定値の対応関係は、Pearson の積率相関係数分析を用い、有意差検定には対応のある t 検定を用いた。なお、統計学的

有意水準は 5% 未満とし、全ての統計処理は、IBM SPSS Statistics Version 22 を用いた。

3. 測定と授業スケジュール

計 15 週での授業期間を利用した測定は、pre 測定として授業の 2 回目・3 回目 (2 回目欠席者対象) に行われ、post 測定として 14 回目・15 回目 (14 回目欠席者対象) に行われた。4 回目から 13 回目のスポーツ実技は、各学生が履修登録で選択した単一種目 (ソフトボール、フットサル、バスケットボールのいずれか) を行った。なお、本研究でのスポーツ種目ごとの活動強度は、ソフトボール (4.0 ~ 6.0 メッツ)、フットサル (7.0 ~ 10.0 メッツ: サッカーとして算出)、バスケットボール (6.0 ~ 8.0 メッツ) であった (中江ほか, 2012)。西脇ほか (2014) が報告しているように、大学生の健康づくりを行う観点において、1 週間に 4.0 メッツの運動を確保することは重要である。同期間は、同時限を担当する 3 名の教員が測定からスポーツ実技のスケジュールを同調して進行するよう配慮し授業を展開することで、運動介入として 4.0 メッツ以上の運動活動を実施したと評価した。

・授業スケジュール一覧

- 1 回目: オリエンテーション (履修登録の説明, 受講票の作成など事務作業, 授業内測定に対する説明, 同意書の記入等)
 - 2 回目: 下肢筋厚と筋力に関わる pre 測定を行う。終了後は各スポーツ実技を行う。
 - 3 回目: 2 回目授業での測定未終了者および欠席者の pre 測定を行う。測定済みの学生は合同でスポーツ実技を行う。
 - 4 回目 ~ 13 回目: スポーツ実技 ①~⑩
 - 14 回目: 下肢筋厚と筋力に関わる post 測定を行う。終了後は各スポーツ実技を行う。
 - 15 回目: 14 回目授業での測定未終了者および欠席者の post 測定を行う。測定済みの学生は合同でスポーツ実技を行う。
- 授業総括

表 1 被験者の身体特性

	pre		post		
年齢 (歳)	18.5	± 0.7			
身長 (cm)	170.9	± 5.5			
体重 (kg)	62.8	± 8.2	61.8	± 7.4	*
BMI (kg/m ²)	21.5	± 2.6	20.9	± 3.3	*
収縮期血圧 (mmHg)	118.6	± 10.2	112.3	± 10.3	*
拡張期血圧 (mmHg)	71.0	± 9.1	65.8	± 9.2	*
安静時脈拍 (bpm)	78.2	± 11.9	76.7	± 9.6	

n = 80, 平均値 ± 標準偏差, *: p < 0.05 difference between pre and post.
body mass index: BMI

結 果

被験者数は112名であったが分析対象の条件として、大学スポーツ実技以外に徒歩や自転車での通学・移動などを除き、定期的な運動を全く実践していないこと、またpre測定とpost測定を全て完了できたことを条件に分類を行った結果、分析対象者は80名となった。表1に被験者の身体特性を示した。体重は、preでは 62.8 ± 8.2 kg, postでは 61.8 ± 7.4 kgであり、postで有意な低下を認めた ($p < 0.05$)。また、BMIは、preでは 21.5 ± 2.6 kg/m², postでは 20.9 ± 3.3 kg/m²であり、有意な低下を認めた ($p < 0.05$)。収縮期血圧は、preでは 118.6 ± 10.2 mmHg, postでは 112.3 ± 10.3 mmHgであり、有意な低下を認めた ($p < 0.05$)。また拡張期血圧は、preでは 71.0 ± 9.1 mmHg, postでは 65.8 ± 9.2 mmHgであり、有意な低下を認めた ($p < 0.05$)。一方、安静時脈拍は、preでは 78.2 ± 11.9 bpm, postでは 76.7 ± 9.6 bpmであり、有意な変化を認めなかった。

表2に、右脚筋厚と下肢長および周径囲を大腿部と下腿部それぞれに示した。なお、下肢筋量総和の指標として、先

行研究に倣い、筋厚3部位の合計値である下肢筋厚合計値 (Total amount of MTa, MTp, and MTc: MTtot) を算出した (船津ほか, 2013)。その結果、MTaは、preでは 51.0 ± 0.6 mm, postでは 50.8 ± 0.7 mmであり、有意な変化を認めなかった。一方、MTpは、preでは 62.1 ± 0.6 mm, postでは 60.8 ± 0.5 mmであり、postで有意な低下を認めた ($p < 0.05$)。またMTcは、preでは 68.5 ± 0.5 mm, postでは 66.1 ± 0.6 mmであり、postで有意な低下を認めた ($p < 0.05$)。MTtotは、preでは 181.7 ± 1.4 mmであり、postでは 177.7 ± 1.4 mmであり、postで有意な低下を認めた ($p < 0.05$)。大腿部50%部位周径囲は、preでは 50.4 ± 4.1 cm, postでは 49.6 ± 3.8 cmであり、postで有意な低下を示した ($p < 0.05$)。一方、下腿部30%部位周径囲は、preでは 36.8 ± 3.4 cm, postでは 36.9 ± 3.1 cmであり、有意な変化を認めなかった。

表3には、下肢筋機能や運動パフォーマンス機能を評価できる体力テストの結果を示した。筋力余裕度は、preでは $197.7 \pm 17.8\%$, postでは $202.4 \pm 20.1\%$ であり、有意な増加を認めた ($p < 0.05$, 図1-A)。一方、右脚の膝関節伸展筋

表2 右脚の筋厚・体肢長・周径囲

	pre		post	
大腿部前面筋厚 (MTa) (mm)	51.0	± 0.6	50.8	± 0.7
大腿部後面筋厚 (MTp) (mm)	62.1	± 0.6	60.8	± 0.5 *
下腿部後面筋厚 (MTc) (mm)	68.5	± 0.5	66.1	± 0.6 *
下肢筋厚合計値 (MTtot) (mm)	181.7	± 1.4	177.7	± 1.4 *
大腿長 (cm)	39.6	± 1.7		
下腿長 (cm)	39.2	± 1.8		
大腿部50%部位周径囲 (cm)	50.4	± 4.1	49.6	± 3.8 *
下腿部30%部位周径囲 (cm)	36.8	± 3.4	36.9	± 3.1

平均値 \pm 標準偏差

*: $p < 0.05$ difference between pre and post.

muscle thickness of the anterior thigh: Mta

muscle thickness of the posterior thigh: MTp

muscle thickness of the calf: MTc

total amount of MTa, MTp, and MTc: Mttot

表3 下肢筋力および体力テストの結果

	pre		post	
筋力余裕度: 両脚 (%)	197.7	± 17.8	202.4	± 20.1 *
膝関節伸展筋力: 右脚 (kg)	41.6	± 9.2	43.3	± 9.5
立幅跳: 両脚 (cm)	211.4	± 0.2	221.5	± 0.2 *
CS-30: 両脚 (回)	36.9	± 4.0	39.2	± 4.3 *
閉眼片足立ち時間: 右脚 (秒)	60.4	± 37.1	77.0	± 40.4 *
握力: 右手 (kg)	41.1	± 6.8	40.0	± 6.4 *

平均値 \pm 標準偏差, *: $p < 0.05$ difference between pre and post.

30-s chair stand test: CS-30

力は, pre では 41.6 ± 9.2 kg, post では 43.3 ± 9.5 kg であり, 有意な変化を認めなかった。また立幅跳は, pre では 211.4 ± 0.2 cm, post では 221.5 ± 0.2 cm であり, 有意な増加を認めた ($p < 0.05$, 図 1-B)。CS-30 は, pre では 36.9 ± 4.0 回, post では 39.2 ± 4.3 回で有意な増加を認めた ($p < 0.05$, 図 1-C)。また右脚の閉眼片足立ち時間は, pre では 60.4 ± 37.1 秒, post では 77.0 ± 40.4 秒であり, 有意な増加を認めた ($p < 0.05$, 図 1-D)。一方, 右手の握力は, pre では 41.1 ± 6.8 kg, post では 40.0 ± 6.4 kg であり, 有意な低下を認めた ($p < 0.05$)。

考 察

本研究の結果, 徒歩や自転車での通学・移動などを除き, 定期的な運動を全く実践していない男子大学生が, 10 週にわたる週 1 回の大学スポーツ実技を実践することで, 体重・BMI・血圧の低下を示した。一方, 大腿部前面の筋厚は変化を認めなかったが, 大腿部後面および下肢後面の筋厚は低下を示した。また, 下肢筋力・筋パワーに関わる体力指標のうち筋力余裕度・立幅跳・CS-30・閉眼片足立ちの記録が向上を示した(図 1)。

肥満は, 内科的疾患や若死のリスクを増大する。BMI は, 若年者と中高年者の体脂肪率と高い相関関係を有し, 病気のリスクを分類する上で, 広く利用されている (Villareal et

al., 2005)。青年期の男子大学生は, 生理学的な終末身長に到達していることから, 本研究の週 1 回の運動介入により体重が減少することは, BMI が低下することに直結する。日本人中高年者においては, BMI が 21 から 27 kg/m^2 である場合は, 主要な病気による死亡率が低下することが報告されている (Sasazuki et al., 2011)。なお, 本研究の被験者の中には BMI が 27 kg/m^2 を上回る学生が 4 名存在したが, post では, BMI が平均 $3.1 \pm 1.3\%$ 低下していた。

アメリカ合衆国の大学生男女 79 名に, 1 セメスター (14 週) にわたり 50 分間の体力トレーニングを運動介入として週 2 回実践したところ, 安静時脈拍が有意に低下した報告がある (Danoff and Raupers, 2014)。しかしながら, 本研究での安静時脈拍には, 変化が認められなかった。よって, 球技を中心とするスポーツ実技に体力トレーニングを加えることで, 学生の循環器系機能を高めるような授業を構築することも重要であると考えた。

本研究では, pre と post で下肢筋群の筋厚を 3 箇所測定し比較検討した結果, MTa は post で維持されていたものの, MTp と MTc は低下を示した。本研究の大学生は pre に比べて post では平均 1.0kg の体重減少が観察されており, この変化が筋厚 (骨格筋量) にも影響を及ぼした可能性が考えられる。Chaston ほか (2007) は, 多くの場合, 体重減少では脂肪量だけではなく除脂肪量 (骨格筋量や臓器など) の低下を招く可能性が高いことを指摘している。したがって,

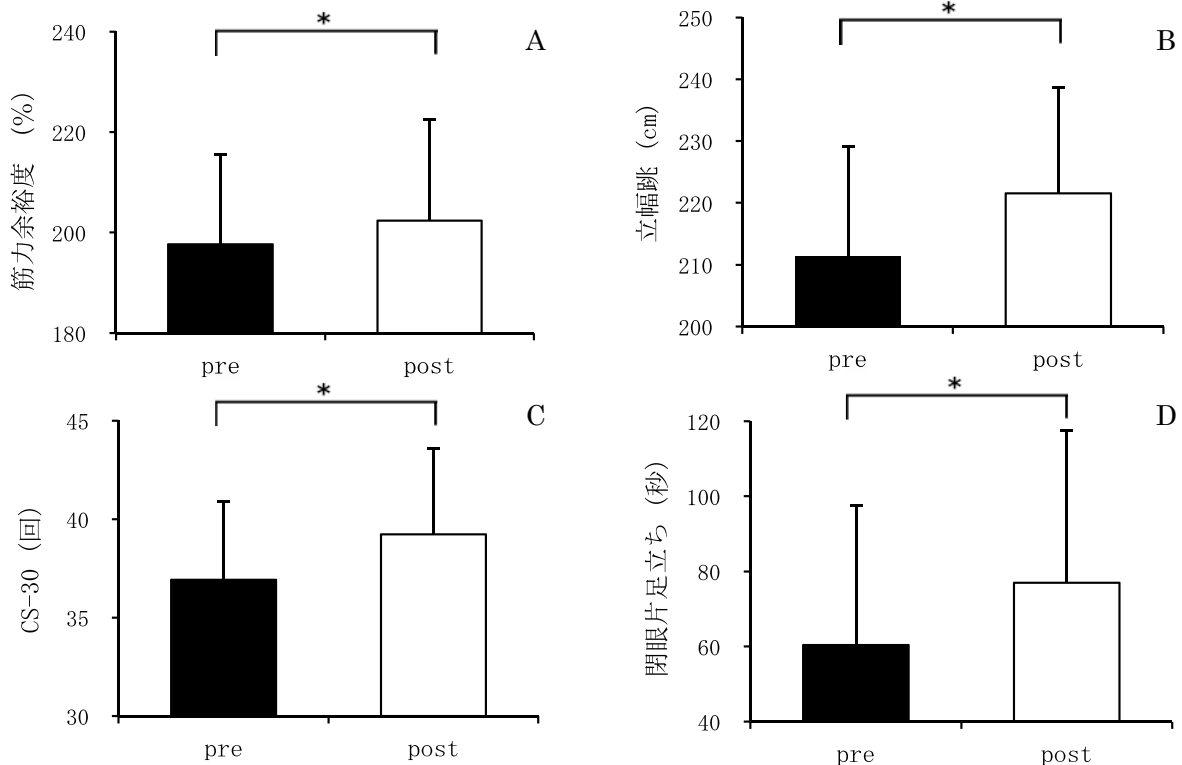


図 1 筋力余裕度 (A), 立幅跳 (B), CS-30 (C), 閉眼片足立ち (D) の pre と post の比較
 平均値 ± 標準偏差, *: $p < 0.05$ difference between pre and post.

本研究の post では、体重減少のために筋厚が低下しやすい状況であったと考えられる。本研究では体重減少の原因は明らかにできていないが、大学生の体重変化と骨格筋量の変化については今後より詳しい調査が必要である。

Abe et al. (2011) は、152名の若年女性と157名の高齢女性の筋厚を測定した。その後さらに被験者を、週1回以上の習慣的なスポーツ運動を実施している群とそうでない群の4グループに分け、身体各箇所の筋厚を比較した。その結果、習慣的なスポーツ運動を実施している若年者群(週2.5回程度)と高齢者群(週5.7回程度)は、いずれも運動を実施していない群よりも、MTaとMTpの筋厚が有意に高いことを報告した。これまでの報告を考慮すると、低強度の運動でも筋厚は増大することは可能と考えられたが、本研究の運動期間と運動頻度では筋厚を変化するには、質と量ともに足りていなかったことが推測された。本研究では被験者が有意な体重の減少を示したため、筋厚変化にも影響を及ぼしたと考えられるが、健常な男子大学生が筋厚を維持もしくは増大を目指すには、下肢筋力の強化に特化したトレーニングを大学体育授業に取り入れる必要性が見出され、またその際の生理学的変化を評価する重要性が示唆された。

本来、下肢の最大筋力を把握するにはフリーウェイトを用いたスクワット動作時の最大拳上重量を測定する必要があるが、これには危険性が常に伴うことが問題であった。一方、筋力余裕度計は重量を保持することなく、座位から立位姿勢に移る際の立ち上がり動作から相対的な下肢筋力を評価できる。またスポーツ選手から高齢者まで幅広く応用出来る機器であるため、大学生自身が現状を理解する上で利用する意義があると考えた。さらに筋力余裕度計の信頼性は動作分析で評価した結果との高い相関関係($r = 0.996$)が認められており、信頼性が高いことから採用した(Yoshioka, et al., 2013)。

本研究の男子大学生が pre から post で筋力余裕度を有意に増加したのは、週1回の大学スポーツ実技を実践し、膝関節と股関節の屈曲伸展運動を繰り返す中で、青年期の若年者が本来有する下肢の運動機能を回復した結果と考えた。一方、膝関節伸展筋力は、pre から post で有意な増加を示さなかった($p = 0.096$)。先述の通り筋力余裕度は、運動介入後に有意な増加を示したが、この測定値は、股関節と膝関節の発揮する筋力の合計値から算出されていることから、膝関節の筋力に変化を生じない分を股関節筋力の増大により補うことで、立ち上がり動作の改善がなされていることが推察された。

立幅跳は、垂直方向と水平方向への2次元動作であり、発着発達段階にある小学生では、学年を経るごとに跳躍距離が伸びることは明らかとなっている(比留間・植屋, 2007)。

また、吉本ほか(2012, 2015)によると、中学生では疾走速度と跳躍能力に及ぼす要因は膝関節トルクが関連していることを報告したが、男子大学生は、終末身長に到達していることから、立幅跳の跳躍距離が pre から post で伸びた要因を探るには、さらに各個人の跳躍動作をバイオメカニクスの観点から詳細な分析を加えることが重要と考えた。

CS-30は、pre から post で大きな変化を示し、中谷ほか(2002a)の示す、性別階級別評価表のカテゴリーで評価すると「やや優れている」から「優れている」へ改善したことが分かった。CS-30は、股関節と膝関節の屈曲伸展運動に関わる筋持久力に依存することから、この改善した生理学的要因を探るには等速性筋力測定機器などで正確に筋持久力の測定を行い、無作為抽出した被験者を対象に測定する必要があるが、大学体育授業内でこのような測定は困難であると考えられる。

閉眼片足立ちの姿勢を維持するには、前庭神経・体性感覚・筋骨格筋システムを正しく働かせなければ、バランスを保ち行うことはできないと考えられている(Hu and Woollacott, 1994)。加齢とともにその記録は下降の一途を辿り、60歳代からの低下は著しい(Bohannon, et al., 1984; 宮武ほか, 2011)。加えて、30歳代から40歳代において運動習慣のある群と運動習慣のない群の記録を比較すると、運動習慣のある群の記録が有意に高かったことが報告されている(宮武ほか, 2011)。本研究では、pre から post にかけて記録時間の大きな延伸が認められたが、今後は個人ごとに重心動揺検査などを実施し、足圧変化を捉える測定を導入することも検討する必要性が見出された。

最後に握力についてであるが、本研究の男子大学生では記録の向上を認めなかった。一方、アメリカ合衆国における、大学生における週2回の運動スポーツ授業の効果を検証した研究では、握力が有意に増加した報告がある(Danoff and Raupers, 2014)。また国内の研究では、週1回の筋力トレーニングにより、ベンチプレスやアームカールの拳上重量が有意に増大したと報告した研究がある(林・宮本, 2009)。それゆえ上肢の筋力は、体力トレーニングを利用すれば比較的改善しやすい項目と考えられるが、本研究ではこのような結果は得られなかった。

本研究の結果、球技を中心した週1回のスポーツ実技を行うことで大腿部前面の筋厚が維持され、その筋機能が高まることで下肢筋群の筋力・筋パワーを向上する可能性を示唆した。特に、今回用いた下肢の体力テスト項目は、大腿部前面の筋機能に依存する運動様式を多く導入しており、またこれらの項目は日常生活動作と関連が深いものである。それゆえ今後大学生に対する体力テストの一環として実施する意義があると考えた。

研究の限界と今後の課題

本研究は単一群のみの研究であり、バイアスやその他の要因(季節変動・生活習慣)が含まれる。また、授業シラバスを同一にする必要があり、3つのスポーツ種目の運動負荷(強度と時間)が異なる中で測定を実施せねばならず、このことが結果に影響を与えていることも考慮しなければならない。今後は、対照群のデータ収集を進めるため、大学スポーツ実技を履修せず、かつ徒歩や自転車での通学・移動などを除き、定期的な運動活動を全く実践していない被験者に対する同様の測定を進める必要があると考えた。

結 論

本研究は、男子大学生が10週にわたる大学スポーツ実技を実施することで、どのような生理学的変化を示すのかを下肢筋群の機能を中心に測定し、授業期間前後で評価した。その結果、体重・BMI・収縮期血圧・拡張期血圧は、postで有意な低下を認めた。また、大腿部前面の筋厚は変化を認めなかったが、大腿部後面および下肢後面の筋厚が低下し、下肢筋厚合計値に影響を及ぼしていた。一方、筋力余裕度・立幅跳・CS-30・閉眼片足立ちの記録は、postで有意な向上を示した。以上のことから、大学スポーツ実技を実践すると、大腿部後面・下腿部後面の筋厚の低下が観察される場合でも大腿部前面の筋厚は維持することが可能であり、大腿部前面の筋群が大きく貢献する筋力や筋パワーには改善をもたらすことがわかった。

謝 辞

なお、本研究は、平成26年度公益社団法人全国大学体育連合大学体育研究助成金(課題番号:26-01)の交付を受け実施した。また吉岡紳輔准教授(東京大学大学院総合文化研究科)には技術的協力を賜りました。ここに記して深謝申し上げます。

文 献

安部 孝・福永 哲夫(1995)日本人の体脂肪と筋肉分布. 杏林書院, p.149.

Abe, T., Kawakami, Y., Bembem, M. G., and Fukunaga, T. (2011) Comparison of age-related, site-specific muscle loss between young and old active and inactive Japanese women. *Journal of Geriatric Physical Therapy*, 34: 168-173.

Bohannon, R. W., Larkin, P. A., Cook, A. C., Gear, J., and Singer, J. (1984) Decrease in timed balance test

scores with aging. *Physical Therapy*, 64: 1067-1070.

Chaston, T. B., Dixon, J. B., and O'Brien, P. E. (2007) Changes in fat-free mass during significant weight loss: a systematic review. *International Journal of Obesity*, 31: 743-750.

Danoff, J. V., and Raupers, E. G. (2014) Effect of a One-Semester Conditioning Class on Physiological Characteristics of College Students. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28: 3115-3120.

江崎 千恵・村田 伸・宮崎 純弥・堀江 淳・村田 潤・大田 尾浩(2010) 地域在住高齢者の大腿周径および大腿四頭筋筋厚と大腿四頭筋筋力との関連. *理学療法科学*, 25: 673-676.

船津 京太郎・村木 里志・網分 憲明(2013) 3-8歳児における下肢筋厚の発育と疾走能力との関係. *体力科学*, 62: 131-139.

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.

比留間 浩介・植屋 清見(2007) 発達バイオメカニクスからみた児童の立ち幅跳びの動作特性. *山梨大学教育人間科学部紀要*, 9: 55-62.

Hu, M. H., and Woollacott, M. H. (1994) Multisensory training of standing balance in older adults: I. Postural stability and one-leg stance balance. *Journal of Gerontology*, 49: M52-M61.

一川 大輔・山崎 享子・安田 智洋(2014) 超音波Bモード法による下肢筋厚と体力テストとの関係: スポーツ健康科学実技Iにおける大学新入生男子を対象として. *スポーツ健康科学紀要*, 11: 1-10.

Janssen, I., Heymsfield, S. B., Wang, Z., and Ross, R. (2000) Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 yr. *Journal of Applied Physiology*, 89: 81-88.

熊谷 賢哉(2011) 測定姿勢が超音波Bモード法による筋厚の測定に与える影響. *長崎国際大学論叢*, 11: 1-7.

宮谷 昌枝・東 香寿美・金久 博昭・久野 譜也・福永 哲夫(2003) 下肢筋厚における加齢変化の部位差および性差: 20歳代と70歳代の比較. *体力科学*, 52: 133-140.

宮武 伸行・宮地 元彦・村上 晴香(2011) 日本人の閉眼片足立ちの評価と運動習慣との関連. *保健の科学*, 53: 275-278.

Miyatani, M., Kanehisa, H., and Fukunaga, T. (2000) Validity of bioelectrical impedance and ultrasonographic methods for estimating the muscle volume of the upper arm. *European Journal of Applied Physiology*, 82: 391-396.

Miyatani, M., Kanehisa, H., Ito, M., Kawakami, Y., and Fukunaga, T. (2004) The accuracy of volume estimates using ultrasound muscle thickness measurements in different muscle groups. *European Journal of Applied Physiology*, 91: 264-272.

Miyatani, M., Kanehisa, H., Masuo, Y., Ito, M., and Fukunaga, T. (2001) Validity of estimating limb muscle volume by bioelectrical impedance. *Journal of Applied Physiology*, 91: 386-394.

文部科学省スポーツ・青少年局(2009)新体力テスト実施要項. http://www.mext.go.jp/a_menu/sports/stamina/03040901.htm

- 中江 悟司・田中 茂穂・宮地 元彦 (2012) 改訂版『身体活動のメッツ(METs)表』. <http://www0.nih.go.jp/eiken/programs/2011mets.pdf>
- 中谷 敏昭・川田 裕樹・灘本 雅一 (2002a) 若年者の下肢筋パワーを簡便に評価する30秒椅子立ち上がりテスト(CS-30テスト)の有効性. 体育の科学, 52: 661-665.
- 中谷 敏昭・灘本 雅一・三村 寛一・伊藤 稔 (2002b) 日本人高齢者の下肢筋力を簡便に評価する 30 秒椅子立ち上がりテストの妥当性. 体育学研究, 47: 451-461.
- 西脇 雅人・木内 敦詞・中村 友浩 (2014). 大学体育授業時間内における身体活動量を効果的に増大させる方法の検討: 無作為割り付け介入試験. 大学体育学, 10: 21-29.
- 大淵 修一・新井 武志・小島 基永・河合 恒・小島 成実 (2009) 超音波測定による大腿前面筋厚と膝伸展筋力の関係. 理学療法科学, 24: 185-190.
- Sasazuki, S., Inoue, M., Tsuji, I., Sugawara, Y., Tamakoshi, A., Matsuo, K., and Tsugane, S. (2011) Body mass index and mortality from all causes and major causes in Japanese: results of a pooled analysis of 7 large-scale cohort studies. *Journal of Epidemiology*, 21: 417-430.
- 関根 里恵・小川 純人 (2013) サルコペニア24のポイント: 高齢者への適切なアプローチをめざして. フジメディカル出版, pp. 42-46.
- 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.
- Villareal, D. T., Apovian, C. M., Kushner, R. F., and Klein, S. (2005) Obesity in older adults: technical review and position statement of the American Society for Nutrition and NAASO, The Obesity Society. *Obesity Research*, 13: 1849-1863.
- Yoshioka, S., Nagano, A., Hay, D. C., Tabata, I., Isaka, T., Iemitsu, M., and Fukashiro, S. (2013) New Method of Evaluating Muscular Strength of Lower Limb Using MEMS Acceleration and Gyro Sensors. *Journal of Robotics and Mechatronics*, 25: 153-161.
- 吉本 隆哉・高井 洋平・藤田 英二・福永 裕子・金高 宏文・西 蘭 秀嗣・金久 博昭・山本 正嘉 (2012) 小・中学生男子の下肢筋群の筋量および関節トルクが走・跳躍能力に与える影響. 体力科学, 61: 79-88.
- 吉本 隆哉・高井 洋平・藤田 英二・福永 裕子・山本 正嘉・金久 博昭 (2015) 発育期男子における 50 m 走の疾走速度に与える身体組成, 力発揮能力および跳躍能力の影響. 体力科学, 64: 155-164.

(2015年9月30日受付)
(2016年1月31日受理)

英文抄録の和訳

本研究の目的は、15週にわたる大学体育授業の中でスポーツ活動を行った場合、その授業前後で大学生の下肢体力テスト結果を比較することであった。健康な男子大学生80名がこの研究に参加した。学生らは、大学体育授業のうち10週間、ソフトボール・フットサル・バスケットボールの何れかを選択し週1回実践した。測定は2・3回目(pre)と14・15回目(post)の授業時に実施した。測定項目は、身長・体重・体格指数(body mass index: BMI)・収縮期血圧・拡張期血圧・安静時脈拍、大腿部筋厚(前面・後面)・下腿部筋厚(後面)・筋力余裕度・膝関節伸展筋力・立幅跳・30秒椅子立ち上がりテスト(30-s chair stand test: CS-30)・閉眼片足立ち時間・握力であった。体重, BMI, 収縮期血圧, 拡張期血圧はpreからpostで有意な低下($p < 0.05$)を示した(体重: 62.8 ± 8.2 kg vs. 61.8 ± 7.4 kg, BMI: 21.5 ± 2.6 kg/m² vs. 20.9 ± 3.3 kg/m², 収縮期血圧: 118.6 ± 10.2 mmHg vs. 112.3 ± 10.3 mmHg, 拡張期血圧: 71.0 ± 9.1 mmHg vs. 65.8 ± 9.2 mmHg)。筋厚はpreからpostで大腿部後面と下腿部後面には有意な変化を認めた($p < 0.05$)が、大腿部前面には有意差を認めなかった。筋力余裕度・立幅跳, CS-30はpreからpostで有意な増加($p < 0.05$)を示した(筋力余裕度: $197.7 \pm 17.8\%$ vs. $202.4 \pm 20.1\%$, 立幅跳: 211.4 ± 0.2 cm vs. 221.5 ± 0.2 cm, CS-30: 36.9 ± 4.0 回 vs. 39.2 ± 4.3 回)。膝関節伸展筋力は, preからpostで有意な変化($p > 0.05$)を認めなかった(41.6 ± 9.2 kg vs. 43.3 ± 9.5 kg)。閉眼片足立ち時間はpreからpostで有意な増加($p < 0.05$)を示した(60.4 ± 37.1 秒 vs. 77.0 ± 40.4 秒)。我々の研究の結果、大学体育授業における毎週の定期的なスポーツ活動が、大学生の下肢筋力・筋パワーに影響を及ぼすことが示唆された。