

DXA 法による大学生男子柔道 選手の身体組成の縦断的検討

Longitudinal study of the body composition of male collegiate
judoka using DXA

前道俊宏*1, 筒井俊春*1, 飯塚哲司*2, 鳥居 俊*2

キー・ワード : Judo, DXA, Body composition
柔道, DXA, 身体組成

〔要旨〕 身体組成は運動能力を測る上で最も重要な因子の1つである。四肢の左右差など身体組成の結果に基づいた運動処方、運動能力を改善させることが期待される。また、長期間運動に取り組む事で、競技特性に合った身体組成に選手の身体を変化させる事も示唆されている。そこで本研究では、大学期における柔道競技の継続が骨、筋肉、脂肪などの身体組成に及ぼす影響を調査する事を目的とした。

被験者は大学生男子柔道選手28人であった。すべての被験者は大学入学以前より柔道競技を行っていた。身体組成は、大学1年から4年の毎年4月に二重エネルギー X線吸収法 (DXA 法) を用いて測定した。体重、体脂肪率、除脂肪量、脂肪量、骨量 (BMC)、骨密度 (BMD)、T-score、Z-score の8項目を調べた。

体重、体脂肪率は4年間で増加しなかった。骨量、骨密度は上肢、体幹、下肢、全身すべてにおいて有意に増加した。しかしながら、除脂肪量および脂肪量は、多くの部位で変化は見られなかった。

大学期における柔道競技の継続は、骨量と骨密度を増加させるが、除脂肪量、脂肪量において大きな変化は見られない。

1. 緒言

競技者における身体組成の把握は、パフォーマンス向上のための重要な要素の1つとして評価されている。田原ら¹⁾によると、バスケットボールにおいて競技レベルが高い選手ほど体脂肪率が少なく、除脂肪の占める割合が高い事を報告している。柔道は階級性の競技であるため増量や減量など体重調整が必要な競技であり、身体組成の重要度が高いと言える。しかし、部位により身体組成要素も異なり、運動による脂肪量の減少も部位や競技によって異なる²⁻⁴⁾ ことが報告されていることから、競技特性が身体組成に与える影響は大きい事が示唆される。特に、長期間にわたり特定競技の

専門的なトレーニングを実施すると、その競技独特の身体特性を有するようになる⁵⁾。テニスでは利き手が非利き手と比べ骨量、骨密度が高い^{6,7)} ことや野球の利き手が非利き手と比べて筋量が多い⁸⁾ ことなどがその例である。柔道も競技特性の1つとして「組み手 (釣り手/引き手) (刈り脚/軸脚)」が挙げられる。釣り手は相手選手の襟を、引き手は袖を持ち、競技内での役割が異なることや柔道の投げ技の多くは基本軸が対角線上になっているものが多くあることから、上肢・下肢共に組み手による左右差があることが推察される。また、柔道は対人競技である事から、身体に対する外力が加わる頻度や強度が一般人や他競技と比べ多いと考えられ、その影響がより顕著である⁹⁾ と考える。しかし、柔道における身体組成に関する検討は減量前後での変化⁹⁾ や横断研究¹⁰⁾ は全身、部位ごとで既にされているものの、長期間の

*1 早稲田大学大学院スポーツ科学研究科

*2 早稲田大学スポーツ科学学術院

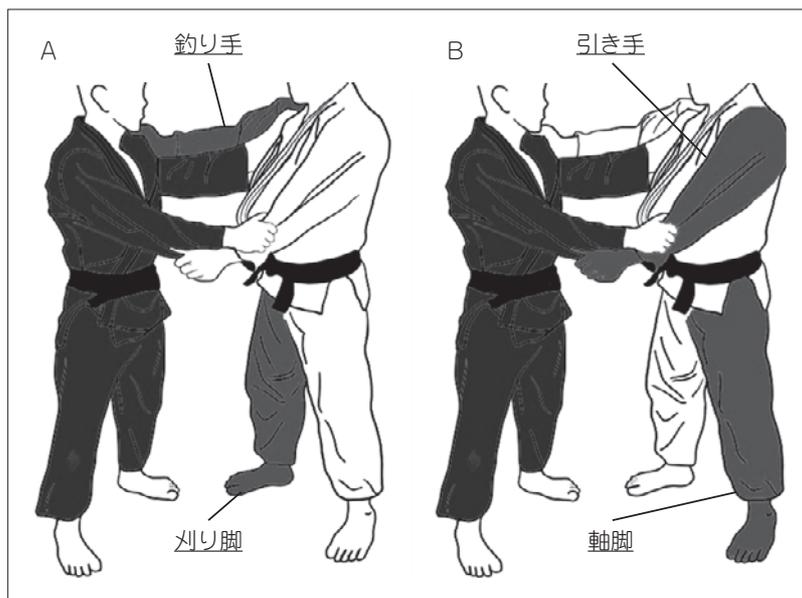


図1 組み手 (右組みの場合)
A: 釣り手・刈り脚 B: 引き手・軸脚

縦断研究や組み手のような競技特性を考慮した検討報告は見られない。また、大学生は中高生とは異なり、既に発育時期を終えている者が多く、成長による骨形成が少ない時期と考えられる。更に、大学の体育会系寮に所属している部員が対象である場合、同じ食事や運動など比較的生活様式が均一であると言える。その為、類似環境で過ごす発育時期を終えた大学生柔道選手を対象に縦断調査を行い、身体組成に変化が生じた場合、その要因は柔道競技による影響である可能性が高いと考えられる。

そこで本研究では、大学生男子柔道選手を対象に大学4年間での身体組成変化を部位別に検討すると共に、柔道の競技特性である組み手(釣り手/引き手)(刈り脚/軸脚)による左右差を上肢、下肢で検討を行った。

2. 方法

a. 対象

対象は大学体育会系部活動に所属し、階級変更を4年間の内で行っていない男子大学柔道選手28名(60kg級:2名, 66kg級:3名, 73kg級:5名, 81kg級:9名, 90kg級:6名, 100kg級:3名)であった。対象者全員が柔道練習を週6日各4時間程度、ウエイトトレーニングを週3回各1時間程度、ランニングトレーニングを週2回各1時間程度同様のメニューを行った。また、全員が

柔道部寮に入居しており、食事や生活パターンはほとんど同様であった。外傷・障害により1ヶ月間以上練習を離脱した者、4年間の間に階級変更を行った者は、本研究の除外対象とした。

本研究は著者の所属機関の早稲田大学人を対象とする研究倫理審査委員会の承認(2018-044)を受け実施した。研究協力に関して研究協力者には本研究の主旨を十分に説明し、同意を得た上で実施した。

b. 測定項目および方法

(1) 身体組成の測定

測定項目は、体重、体脂肪率、除脂肪量、脂肪量、骨量(Bone mineral content: BMC)、骨密度(Bone mineral density: BMD)、T-score、Z-scoreの8項目を二重エネルギーX線吸収法(Dual energy X-ray absorptiometry: DXA法)(Hologic QDR-4500 DXA scanner: Hologic社製)を用いて測定した。測定時期は毎年4月の同時期に行った。

①全身(Total)、体幹(Trunk)、上肢(LArm/RArm)、下肢(LLeg/RLeg)の6部位と②柔道の競技特性である組み手を考慮した上肢(釣り手/引き手)、下肢(刈り脚/軸脚)の4部位の2試行で測定結果を検討した。組み手は右組みの人の場合、右腕、右脚が釣り手、刈り脚、左腕、左脚が引き手、軸脚となる(図1)。左組みの人はこれが逆となる。

表 1 対象者基本情報

| 学年 | 年齢 (歳) | 身長 (cm) | 体重 (kg) | 体脂肪率 (%) | T-score (%) | Z-score (%) |
|----|------------|-------------|-------------|-------------|----------------|----------------|
| | mean ± SD | mean ± SD | mean ± SD | mean ± SD | mean ± SD | mean ± SD |
| 1 | 18.6 ± 0.6 | 172.0 ± 5.2 | 85.7 ± 14.1 | 15.7 ± 4.3 | 112.0 ± 6.7 | 112.5 ± 6.6 |
| 2 | 19.2 ± 0.5 | 171.7 ± 4.9 | 85.3 ± 12.7 | 14.9 ± 4.1 | 114.0 ± 5.8 | 114.9 ± 6.1 |
| 3 | 20.2 ± 0.5 | 172.0 ± 5.1 | 85.1 ± 13.0 | 14.3 ± 4.2 | 115.5 ± 6.2 | 116.6 ± 6.8 |
| 4 | 21.2 ± 0.5 | 172.3 ± 5.0 | 85.4 ± 13.1 | 14.8 ± 4.3 | 117.5 ± 6.8 | 118.5 ± 6.9 |

Values are mean ± SD

表 2 BMC・BMD 増加量

| | | BMD (g/cm ²) | BMC (g) |
|-------|-----|--------------------------|---------------|
| | | mean ± SD | mean ± SD |
| Total | 1/2 | 0.029 ± 0.019 | 90.23 ± 63.01 |
| | 2/3 | 0.017 ± 0.019 | 63.56 ± 68.96 |
| | 3/4 | 0.024 ± 0.029 | 47.69 ± 80.69 |
| Trunk | 1/2 | 0.251 ± 0.173 | 44.25 ± 48.69 |
| | 2/3 | 0.094 ± 0.131 | 30.75 ± 40.14 |
| | 3/4 | 0.084 ± 0.187 | 14.21 ± 47.92 |
| LArm | 1/2 | 0.019 ± 0.021 | 9.27 ± 6.90 |
| | 2/3 | 0.006 ± 0.021 | 4.78 ± 7.46 |
| | 3/4 | 0.016 ± 0.022 | 6.15 ± 7.38 |
| RArm | 1/2 | 0.015 ± 0.028 | 8.08 ± 9.21 |
| | 2/3 | 0.005 ± 0.023 | 0.61 ± 11.63 |
| | 3/4 | 0.022 ± 0.022 | 10.22 ± 7.78 |
| LLeg | 1/2 | 0.006 ± 0.034 | 5.48 ± 17.04 |
| | 2/3 | 0.007 ± 0.040 | 9.40 ± 15.60 |
| | 3/4 | 0.040 ± 0.029 | 12.51 ± 14.06 |
| RLeg | 1/2 | 0.006 ± 0.032 | 10.65 ± 11.75 |
| | 2/3 | 0.017 ± 0.026 | 9.31 ± 11.89 |
| | 3/4 | 0.023 ± 0.034 | -0.59 ± 23.13 |

Values are mean ± SD

(2) 統計処理

本研究で得られたデータはすべて平均値 ± 標準偏差で表し、統計処理には SPSS Statistic 24 (IBM 社) を用いた。検討①では各測定項目に一元配置分散分析を用いて解析を行い、主効果が認められた場合、事後検定として Tukey を用いた多重比較を実施した。また、検討②では各測定項目の学年ごとの変化及び組み手（釣り手/引き手）(刈り脚/軸脚) 間の比較に二元配置分散分析を用いて解析した。時間要因または組み手間の比較において主効果が認められた場合、事後検定として Bonferroni による多重比較を行った。尚、有意水準は検討①、検討②共に危険率 5% 未満とした。

3. 結果

体重、体脂肪率で各学年間に有意な差は見られなかった (表 1)。

検討①では、BMD, BMC 共に 6 部位全て 4 年間で有意に増加した。また、1 から 2 年、2 から 3 年、3 から 4 年の BMD, BMC 増加量に有意な差は見られなかった (表 2)。除脂肪量、脂肪量においては 4 年間の一部の時期で四肢に有意な増加が見られたが、全身、体幹で変化が見られなかった (表 3)。T-score, Z-score に関しては、1 から 4 年の間に有意な差が見られた (表 1)。

検討②でも同様に、4 部位全て 4 年間で有意に増加した。また、引き手と釣り手間、刈り脚と軸脚間で有意な差が見られた。引き手に対し釣り手、一方脚では、刈り脚に対し軸脚の方が BMC は多く、BMD は高かった (図 2)。

4. 考察

競技者を対象とした身体組成に関する報告は多数あり^{1,11)}、また、競技特性が身体組成に影響を与えることから、部位別、左右別など各々の競技特性を考慮した身体組成の検討報告もされるようになった^{12,13)}。そこで、本研究では、成長による骨形成が少ない時期である大学生を対象に、全身の身体組成変化と競技特性である組み手を考慮した身体組成変化の 2 つの検討を行い、柔道競技の継続による身体組成変化の縦断調査を行った。

柔道は階級性競技であるため、体重は一定の基準を保たなければならない。恩田ら⁹⁾は試合で最適なパフォーマンス発揮する上で、除脂肪量を増やし、脂肪量を減らすのが望ましいと述べている。しかし、除脂肪量、脂肪量は階級規定体重に合わせて調整するため大きな増減は出来ない。今回の対象者は、4 年間で階級を変更した者は 1 人もい

表 3 全身体組成推移

| year | | Total | | Trunk | | LArm | | RArm | | LLeg | | RLeg | |
|------|--------------------------|-----------------------|---|-----------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|---------------------|---|
| | | mean ± SD | | mean ± SD | | mean ± SD | | mean ± SD | | mean ± SD | | mean ± SD | |
| 1 | BMD (g/cm ²) | 1.281 ± 0.080 | | 1.118 ± 0.091 | | 0.946 ± 0.068 | | 1.000 ± 0.096 | | 1.401 ± 0.094 | | 1.417 ± 0.099 | |
| 2 | | 1.310 ± 0.073 *** | | 1.173 ± 0.077 *** | | 0.965 ± 0.071 * | | 1.016 ± 0.089 | | 1.407 ± 0.080 | | 1.423 ± 0.085 | |
| 3 | | 1.327 ± 0.074 **** | | 1.200 ± 0.088 *** | | 0.971 ± 0.074 * | | 1.021 ± 0.085 | | 1.414 ± 0.071 | | 1.441 ± 0.084 | |
| 4 | | 1.351 ± 0.080 **** | † | 1.221 ± 0.099 *** | † | 0.987 ± 0.070 **** | † | 1.043 ± 0.087 **** | † | 1.455 ± 0.081 **** | † | 1.464 ± 0.104 **** | † |
| 1 | BMC (g) | 3208.11 ± 290.25 | | 925.41 ± 99.95 | | 254.53 ± 31.08 | | 274.75 ± 35.33 | | 585.73 ± 65.35 | | 599.74 ± 60.74 | |
| 2 | | 3298.34 ± 268.00 *** | | 969.66 ± 90.58 ** | | 263.81 ± 30.97 *** | | 282.83 ± 32.98 * | | 591.20 ± 61.53 | | 610.39 ± 59.73 * | |
| 3 | | 3361.90 ± 243.08 **** | † | 1000.41 ± 93.60 **** | † | 268.58 ± 28.08 **** | † | 283.44 ± 31.61 * | | 600.60 ± 54.92 | | 619.69 ± 52.07 **** | |
| 4 | | 3409.58 ± 261.38 **** | † | 1014.63 ± 103.61 **** | † | 274.74 ± 31.01 **** | † | 293.67 ± 30.05 **** | † | 613.11 ± 58.95 **** | † | 619.10 ± 64.28 * | |
| 1 | LEAN (g) | 66365 ± 8251 | | 32273 ± 4464 | | 4343 ± 637 | | 4448 ± 730 | | 11221 ± 1252 | | 11438 ± 1338 | |
| 2 | | 67028 ± 7320 | | 32656 ± 3737 | | 4443 ± 616 | | 4523 ± 597 | | 11295 ± 1234 | | 11566 ± 1281 | |
| 3 | | 66967 ± 7367 | | 32473 ± 3942 | | 4493 ± 616 * | | 4548 ± 605 | | 11364 ± 1140 | | 11536 ± 1192 | |
| 4 | | 67089 ± 7764 | | 32640 ± 4157 | | 4511 ± 638 * | | 4606 ± 643 | | 11303 ± 1232 | | 11514 ± 1311 | |
| 1 | FAT (g) | 16162 ± 6314 | | 5643 ± 2958 | | 834 ± 363 | | 933 ± 354 | | 2593 ± 1060 | | 2621 ± 1109 | |
| 2 | | 15000 ± 6090 | | 5246 ± 2794 | | 767 ± 301 | | 805 ± 325 | | 2333 ± 945 | | 2342 ± 918 | |
| 3 | | 14811 ± 6387 | | 5317 ± 2966 | | 746 ± 303 * | | 804 ± 315 * | | 2206 ± 1009 * | | 2278 ± 999 * | |
| 4 | | 14908 ± 6053 | | 5353 ± 2783 | | 773 ± 292 | | 838 ± 313 | | 2265 ± 929 * | | 2260 ± 962 * | |

Value are mean ±SD

BMD, Bone mineral density ; BMC, Bone mineral content ; * P<0.05 vs first grade ; ** P<0.01 vs first grade ; *** P<0.001 vs first grade ; † P<0.05 vs second grade ; †† P<0.01 vs second grade ; ††† P<0.001 vs second grade ; † P<0.05 vs third grade ; †† P<0.01 vs third grade ; ††† P<0.001 vs third grade

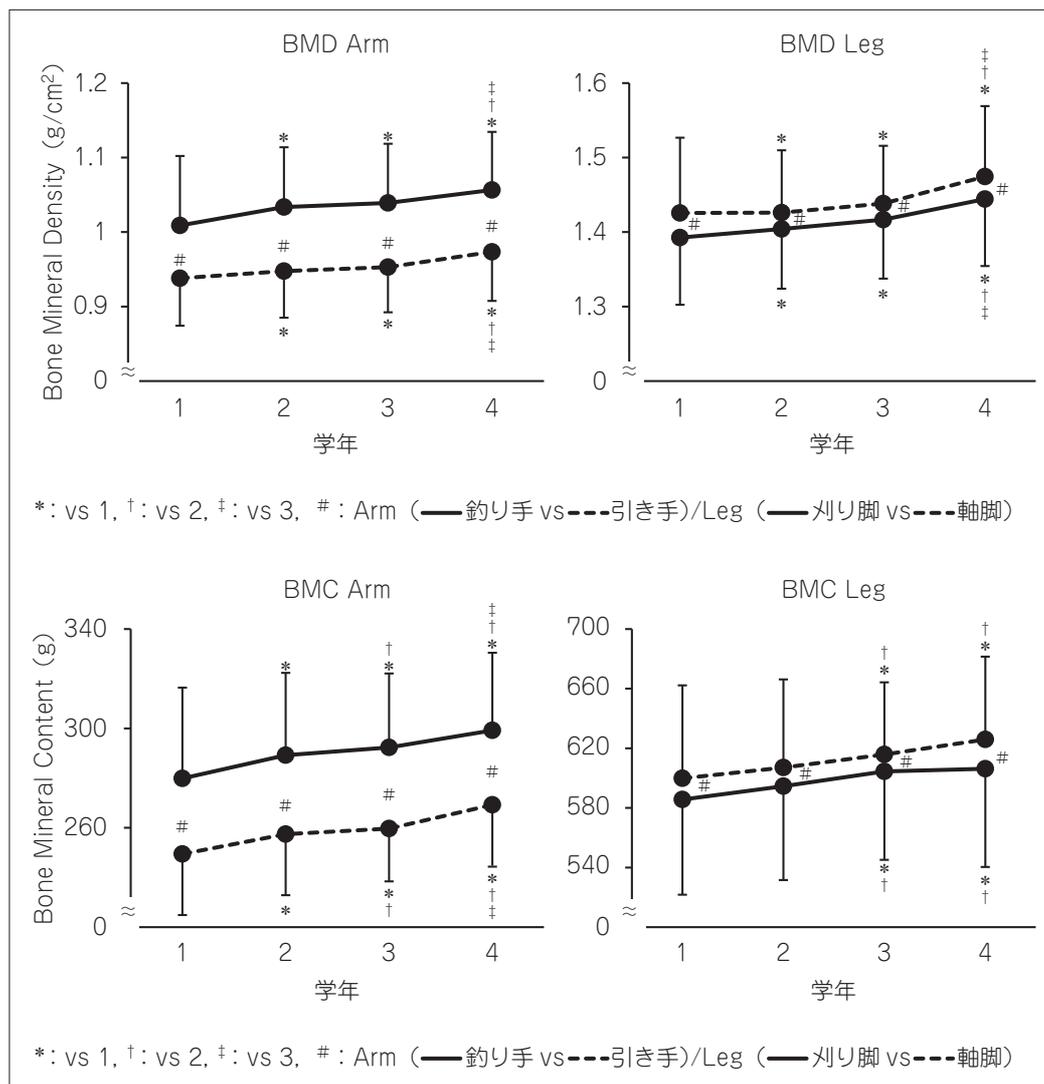


図2 BMC・BMD推移(釣り手/引き手)(刈り脚/軸脚)

なかった事から、階級を変更するような大きな体重の増減がない限り、除脂肪量、脂肪量での有意な増減は起こらないと考える。上肢、下肢の4ヶ所で除脂肪量は増加、脂肪量は減少が見られたが、すべて1年次と3年次、4年次を比較しての有意な増減であった。柔道競技に取り組む大学生の1年次と4年次の四肢の周径を比較したところ前腕部と下腿部で有意な増加が見られた¹⁴⁾。その要因として、相手選手の袖や襟を握る際に常に前腕の筋力発揮が要求される握力による影響¹⁴⁾や相手の投げ技や崩しに抗する為に、下肢筋群に強い筋収縮が強制されている¹⁵⁾ことによるものであると報告している。本研究でも上肢、下肢でのみ変化が見られた理由として、同様の理由が考えられる。

骨量、骨密度は全ての部位で増加が見られた。

全身骨密度と体重に高い相関があり¹¹⁾、対人競技や球技といった骨に筋力や重力がかかる競技は骨量が多い^{16~18)}と報告されている。柔道競技は他競技と比べ、平均体重が重く、対人競技であることから骨量、骨密度への影響は大きい。更に、1-2年時、2-3年時、3-4年時の骨量、骨密度の増加量に有意な差はなく、各学年間で同程度の増加が見られた。大学生は中高生と異なり、既に発育時期を終えている者が多く、成長による骨形成が少ない時期であることを考えると1-2年時と3-4年時の増加量が同程度であったことは、本研究の対象者が成長による骨形成の影響とは別に、柔道競技による影響を受けている事が考えられる。しかし本研究では、他競技や非運動群との比較が出来ていないため、今後比較検討を行い、競技による影響をより明確にする必要がある。

組み手による差異が上肢，下肢で共に見られ，腕では釣り手，脚では軸脚が有意に骨量は多く，骨密度は高かった。柔道の投げ技は釣り手と軸脚を使った対角線上の体軸を基本とした技が多い。相手の姿勢を崩す際に釣り手を多く使うこと，また，一本脚でかける技（内股，払い腰，大外刈りなど）の際に，軸脚に自体重に加え，相手選手の体重も加わることなどが左右差へ繋がった要因として考えられる。

5. 結論

大学期における柔道競技の継続は，骨量，骨密度を有意に増加させる一方で，除脂肪量，脂肪量は変化が見られなかった。また，上肢，下肢で骨量，骨密度に左右差が見られ，柔道の競技特性（組み手）が影響していることが示唆された。柔道は体重階級制競技である事が，除脂肪量が変化せず，骨量，骨密度が変化した要因と考える。

利益相反

本論文に関連し，開示すべき利益相反はなし。

文 献

- 1) 田原靖昭，綱分憲明，湯川幸一，他. 長崎県内男女エリートスポーツ選手の体格，身体組成，呼吸循環機能（最大酸素摂取量，最大酸素負債量）及び無酸素パワー—8年間の総まとめ. 長崎大学教養部創立30周年記念論文集. 1995; 35: 309-339.
- 2) Després JP, Tremblay A, Nadeau A, et al. Physical training and changes in regional adipose tissue distribution. *Acta medical Scandinavica*. 1987; 222: 205-212.
- 3) Krotkiewski M, Bjorntorp P. Muscle tissue in obesity with different distribution of adipose tissue. Effects of physical training. *International journal of obesity*. 1986; 10: 331-341.
- 4) Shimokata H, Muller DC, Andres R. Studies in the distribution of body fat: III. Effects of cigarette smoking. *Jama*. 1989; 261: 1169-1173.
- 5) 石田良恵，金久博昭，福永哲夫，他. 女子長距離ランナーにおける身体組成，体脂組成および皮下脂肪厚の特徴. *体力科学*. 1987; 36: 8-24.
- 6) Krahl H, Michaelis U, Pieper HG, et al. Stimulation of bone growth through sports: a radiologic investigation of the upper extremities in professional ten-

nis players. *The American Journal of Sports Medicine*. 1994; 22: 751-757.

- 7) Haapasalo H, Kannus P, Sievänen H, et al. Long term unilateral loading and bone mineral density and content in female squash players. *Calcified tissue international*. 1994; 54: 249-255.
- 8) 白木 仁，井脇 毅，宮永 豊. 投動作競技者の肩甲帯筋力および肩関節筋力に関する研究. *大学体育研究*. 1997; 19: 1-12.
- 9) 恩田哲也，有賀誠司，寺尾 保. 女子柔道選手の体重調整による体組成の変化. *東海大学スポーツ医学科学雑誌*. 2000; 12: 36-41.
- 10) 松本高明，齊藤 仁，杉野健二郎，他. 大学生柔道選手の部位別骨塩量. *国士舘大学体育研究所報*. 1993; 10: 35-40.
- 11) 鳥居 俊. スポーツ選手の全身骨塩量と体格との関係. *関東整災誌*. 1993; 24: 440-442.
- 12) 仲立 貴，韓 一栄，大野 誠. 女子バスケットボール選手と水泳選手の部位別左右別身体組成. *日本体育大学紀要*. 2008; 38: 1-8.
- 13) 鳥居 俊，鳥居直美，江川陽介. 男子大学生陸上競技選手の足部の形態および機能の左右差に関する研究. *早稲田大学体育学研究紀要*. 2000; 32: 23-28.
- 14) 小山泰文，森脇保彦，齊藤 仁，他. 本学体育学部武道学科柔道専攻学生の形態及び体力の縦断変化. *国士舘大学体育研究所報*. 2010; 29: 123-126.
- 15) 石田良恵，金久博昭，福永哲夫，他. 日本人一流競技選手の皮下脂肪厚と筋厚. *Jpn J Sports Sci*. 1992; 11: 587-596.
- 16) Fehling PC, Alekel L, Clasey J, et al. A comparison of bone mineral densities among female athletes in impact loading and active loading sports. *Bone*. 1995; 3: 205-210.
- 17) Heinonen A, Oja P, Kannus P, et al. Bone mineral density in female athletes representing sports with different loading characteristics of the skeleton. *Bone*. 1995; 17: 197-203.
- 18) 松本高明，岩原文彦. 競泳選手の骨量と骨代謝. *国士舘大学体育研究所報*. 1998; 16: 1-6.

(受付：2018年8月14日，受理：2019年11月7日)

Longitudinal study of the body composition of male collegiate judoka using DXA

Maemichi, T.*¹, Tsutsui, T.*¹, Iizuka, S.*², Torii, S.*²

*¹ Graduate School of Sport Sciences, Waseda University

*² Faculty of Sport Sciences, Waseda University

Key words: Judo, DXA, Body composition

[Abstract] Body composition is an important factor of motor quality, and exercise prescribed based on the results is expected to improve athletic performance. Participating in athletic training for a long time changes the body composition of athletes to fit the nature of the sport. Therefore, the purpose of this study was to investigate the effect of continuous judo training during the college years on body composition. The subjects were 28 male collegiate judoka. Body composition was annually measured in April using dual energy X-ray absorptiometry (DXA) from the first to the fourth years. Body weight and body fat percentage didn't increase over the four years. Bone mineral content and bone mineral density significantly increased in all body regions. However, muscle and fat significantly increased only in a few body regions. Continuous judo training during the college years increases bone mineral content and bone mineral density. Judo is characterized by being divided in weight classes. Therefore, it is considered that subjects in whom the factor of weight class didn't change during this research underwent changes in bone mineral content and bone mineral density instead of lean body mass.