

競技特性による上腕骨長の違い —大学生野球選手と大学生競泳選手との比較—

原 著

Differences in humerus length due to the characteristics of the sport
—Comparison between college baseball players and college swimmers—

坂模 航^{*1}, 山本亮太^{*1}, 筒井俊春^{*2,3}, 鳥居 俊^{*2,3}

キー・ワード : baseball, humerus, growth cartilage plate
野球, 上腕骨, 成長軟骨板

〔要旨〕 本研究の目的は男子大学生野球選手を対象に投球側・非投球側の上腕骨長を比較することとした。対象は野球のように非対称性競技特性をもつ競技に取り組んできた男子大学生野球選手 37 名, 競泳のような対称性競技特性をもつ競技に取り組んできた男子大学生競泳選手 71 名であった。DXA 装置を用いた全身スキャンにより, 得られた画像から上腕骨長の計測を行い, 野球群は投球側 (D 側), 非投球側 (ND 側), 競泳群は利き側 (D 側), 非利き側 (ND 側) に分け解析を行った。野球群, 競泳群の D 側, ND 側の上腕骨長を比較するため, 二元配置分散分析を行った (競技間×投球側間 [D 側・ND 側])。野球群, 競泳群の上腕骨長の D 側, ND 側の間に有意な交互作用が認められた ($F=4.024$ $p=0.047$)。野球群・競泳群の間に主効果が認められ ($p<0.001$), D 側・ND 側いずれも野球群の上腕骨長が競泳群より有意に低値を示した。D 側・ND 側間の比較では野球群で有意な主効果が認められ ($p=0.004$), ND 側の上腕骨長が D 側より有意に高値を示した。競泳群では D 側, ND 側の間に有意な主効果は認められなかった。野球の一侧上肢を頻回に使う競技特性によって, D 側の上腕骨は発育抑制が生じ, ND 側より低値を示す可能性が示唆された。

1. 緒言

利き側, 非利き側で使用頻度が異なる動作を繰り返す競技を長年続けていると骨形態に利き側, 非利き側で異なる変化が生じることが明らかとなっている^{1,2)}。Krahl ら³⁾はエリートテニス選手を対象に利き手側, 非利き手側の上腕骨長を比較し, ラケットを使用する利き手側の上腕骨長は非利き手側より有意に高値を示すことを報告した。また, Johansson ら⁴⁾は若年エリートテニス選手 (17.4 ± 2.7 歳) を対象に利き手側と非利き手側の上腕骨近位骨端核の形態を比較し, 利き手側の骨

端核は非利き手側と比較し, 側方および腹側の骨端核が長くなっていることを明らかにした。Krahl ら³⁾と Johansson ら⁴⁾の報告から, テニス選手では一侧上肢への負荷が上腕骨の成長軟骨板に加わっていたことで, 利き手側の骨端核の形態を変化させ, 非利き手側よりも骨長増大を示す競技特異的な変化が生じていた可能性が考えられる。

一方, テニスと同様に一侧上肢を頻回に使用する競技として野球がある。筒井ら⁵⁾は発育期野球選手 (13.2 ± 0.5 歳) を対象に投球側と非投球側の上腕長を比較し, 投球側と非投球側の上腕長に有意な差はみられなかったことを明らかにした。また, 柏口ら⁶⁾は 14 歳から 34 歳の野球選手を対象に投球側と非投球側の上腕骨長の比較を行ったところ, 投球側の上腕骨長が非投球側より短かった対象の割合が多かったことを報告した。野球のような投球動作を行う競技では, 上腕骨に加わる捻転

*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

*3 早稲田大学発育発達研究所

Corresponding author : 鳥居 俊 (shunto@waseda.jp)

ストレスによって上腕骨の形態を変化させ、投球側上腕骨の後捻角が増大することが報告されている⁷⁾。一側上肢を頻回に使用する競技であっても上腕骨の骨形態の適応は競技によって異なると考えられる。

Ogden⁸⁾の成長軟骨板の閉鎖時期の報告によると、上腕骨近位は18歳～21歳頃、肘関節近位は14歳～18歳頃とされている。成長軟骨板の閉鎖前に軟骨板に過大な負荷が加わってしまうことで、骨端線障害が生じ骨長の発育を阻害してしまう可能性が考えられる。野球の投球動作におけるArm Cocking期で投球側上腕に高い外旋ストレスが加わる⁹⁾。Sabickら¹⁰⁾は投球動作におけるArm Cocking期の外旋ストレスは上腕骨骨端線障害の要因となることを明らかにした。これまで投球側と非投球側の上腕骨長の比較を行ったものは発育期を対象とした検討であり^{5,6)}、上腕骨の骨端線はまだ閉鎖前と予想され、発育期から一定の野球競技歴がある野球選手を対象として投球側・非投球側の上腕骨長を比較したものはない。発育期からの投球動作による負荷が継続的に成長軟骨板に加わることで、発育の終末段階と考えられる野球選手では投球側と非投球側の上腕骨長に顕著な差が生じていると考えられる。

そこで本研究の目的は、大学生野球選手を対象に、投球側・非投球側の上腕骨長を比較することとした。また、オーバーヘッド動作で、対称性競技特性をもつ競泳に取り組んできた大学生競泳選手との比較も検討を行った。仮説は、投球による高い負荷が継続的に上腕骨に加わっていることによって、大学生野球選手の上腕骨長は非投球側と比較し、投球側で低値を示す、とした。

2. 対象および方法

1) 対象

対象は野球のような非対称性競技特性をもつ競技に取り組んできた男子大学生野球選手37名、競泳のような対称性競技特性をもつ競技¹¹⁾に取り組んできた男子大学生競泳選手71名とした。対象の基本情報を表1に示す。年齢、身長、体重いずれも野球群と競泳群の間で有意な差はみられなかった。本研究は「早稲田大学人を対象とする研究に関する倫理審査委員会」の承認(2023-043)を得て実施しており、対象者には本研究の意図を十分に説明し、同意を得た上で実験に参加してもらった。

表1 基本情報

	野球群 (n=37)	競泳群 (n=71)	p
年齢 (歳)	20.0±1.0	20.3±1.1	0.108
身長 (cm)	174.2±5.0	175.2±4.6	0.256
体重 (kg)	72.0±5.1	73.5±5.2	0.149

2) 測定方法

上腕骨長の測定には二重エネルギー X 線吸収法 (Dual X-ray Absorptiometry : DXA) 装置 (Hologic社製 : Delphi-A) の whole body mode を用いた。測定肢位は筒井ら⁵⁾の方法に基づき、臥位姿勢は肩関節 45 度外転位、前腕回内位とし、全身スキャンを行った。本研究は DXA 画像の解析画面から subregion 機能を用いて、pixel 数で表される座標から骨画像上の上腕骨の長さを計測した。DXA 画像から算出される座標の 1pixel は横 0.2cm、縦 1.3cm となっており、ピタゴラスの定理より骨長を算出した。例えば、座標 A 点 (X_A, Y_A)、座標 B 点 (X_B, Y_B) に対して、線分 AB 長さの算出方法は、 $[1.3 \times (Y_B - Y_A)]^2 + [0.2 \times (X_B - X_A)]^2$ の平方根となる。本研究における上腕骨長は上腕骨先端から肘関節裂隙とし、それぞれの位置の座標を確認し、算出方法にあわせて計算し得られた数値を骨長とした (図 1)。上腕骨長の解析は全て 1 名の検者が実施し、級内相関係数 ICC (1, 3) は 0.883 (95% 信頼区間 : 0.774-0.947) を示した。また、本研究の絶対信頼性¹²⁾として、標本の標準誤差、最小可検変化量の 95% の信頼区間である MDC₉₅ を求め、標準誤差は 0.47cm、MDC₉₅ は 1.30cm を示した。

3) 統計解析

野球群は投球側 (Dominant side : 以下 D 側)、非投球側 (Non-dominant side : 以下 ND 側)、競泳群は利き手側 (D 側)、非利き手側 (ND 側) に分け、分析を行った。D 側と ND 側の分類は DXA 測定から上肢の骨密度の値から判断し、骨密度が大きい方を D 側とした。

結果には野球群と競泳群の D 側、ND 側の上腕骨長の平均値を示した。上腕骨長の D 側、ND 側と競技間の比較には二元配置分散分析を用い、post-hoc test に Bonferroni 検定を用いた。また、上腕骨長を身長で除した値を上腕骨長身長比とし、野球群と競泳群の上腕骨長身長比の比較には対応のない t 検定を用いた。

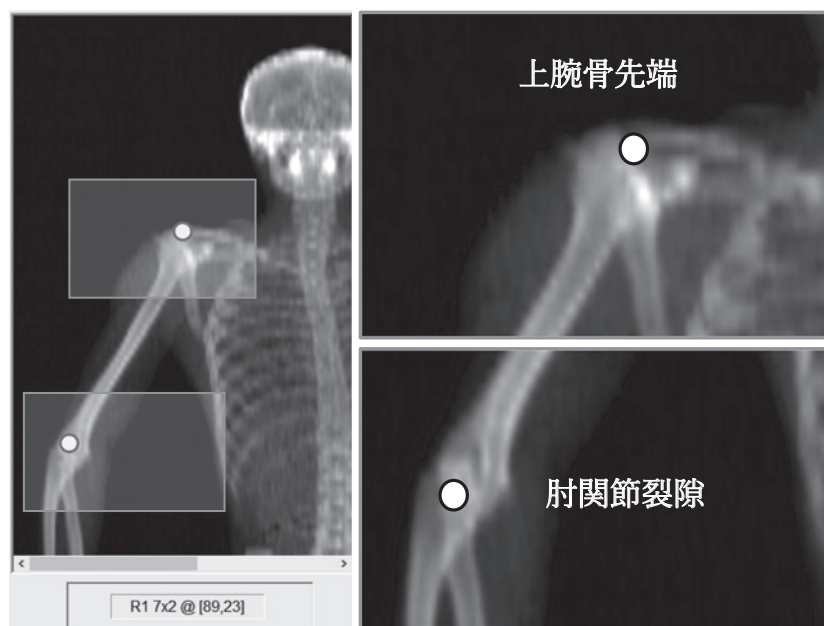


図1 上腕骨長の測定部位

表2 野球群と競泳群の上腕骨長

	野球群	競泳群
D 側 (cm)	30.9 ± 1.8	32.6 ± 1.2
ND 側 (cm)	31.4 ± 1.9	32.7 ± 1.4

すべての統計処理には、統計処理ソフト SPSS Statistics 29 (IBM 社) を用いた。いずれも統計学的有意水準は危険率 5% 未満とした。

3. 結果

野球群と競泳群の D 側, ND 側の上腕骨長, D 側と ND 側の上腕骨長の値を表 2 に示した。野球群は D 側の骨長の値が高値を示した対象は 16 名おり, ND 側の骨長の値が高値を示した対象は 21 名であった。競泳群は D 側の骨長の値が高値, または D 側, ND 側で骨長が同じであった対象は 31 名おり, ND 側の骨長の値が高値を示した対象は 40 名であった。二元配置分散分析の結果, 有意な交互作用が認められた ($F=4.024$ $p=0.047$)。競技間で有意な主効果を示し ($p<0.001$)。競泳群が野球群より有意に高値を示した。D 側, ND 側間では野球群で有意な主効果を示し ($p=0.004$)。ND 側が D 側より有意に高値を示した。競泳群では D 側, ND 側の間に有意差はなかった ($p=0.487$) (図 2)。上腕骨長身長比の比較では, D 側, ND 側共に競泳群が野球群より有意に高値を示した (D 側: $p<0.001$

ND 側: $p<0.001$) (図 3)。

4. 考察

本研究は男子大学生野球選手を対象に D 側, ND 側の上腕骨長を比較すること, また, 対称性競技特性をもつ競技に取り組んできた男子大学生競泳選手との比較, 検討することを目的として行われた。我々の仮説通り, 野球群では D 側の上腕骨長は ND 側と比較し, 有意に低値を示した。また, 非投球側と比較し, 投球側の上腕骨長が低値を示した対象は 21 名おり, 投球側の上腕骨長が低値を示した対象の中には最大で 2.7cm (9.03%) の差が生じている対象も存在した。Frost¹³⁾は成長軟骨板への力の作用による成長速度の変化について, 骨への適度な圧迫力や牽引力の刺激は骨長発育を促進するが, 成長軟骨板への許容範囲を超える力が作用すると成長障害を引き起こし, 骨長増大を抑制する可能性があると提唱した。野球における投球動作の反復によって投球側の上腕骨後捻角が増大することが報告されている⁷⁾。また, 牽引力の負荷より, 投球動作における Arm Cocking 期で起こる捻転負荷が上腕骨に大きく加わることが明らかとなっている¹⁰⁾。反復した投球動作の捻転負荷によって, 上腕骨の成長軟骨板に許容範囲を超える力が加わり, 上腕骨長の発育抑制を引き起こした可能性がある。

競泳群の上腕骨長は野球群と比較し, 有意に D

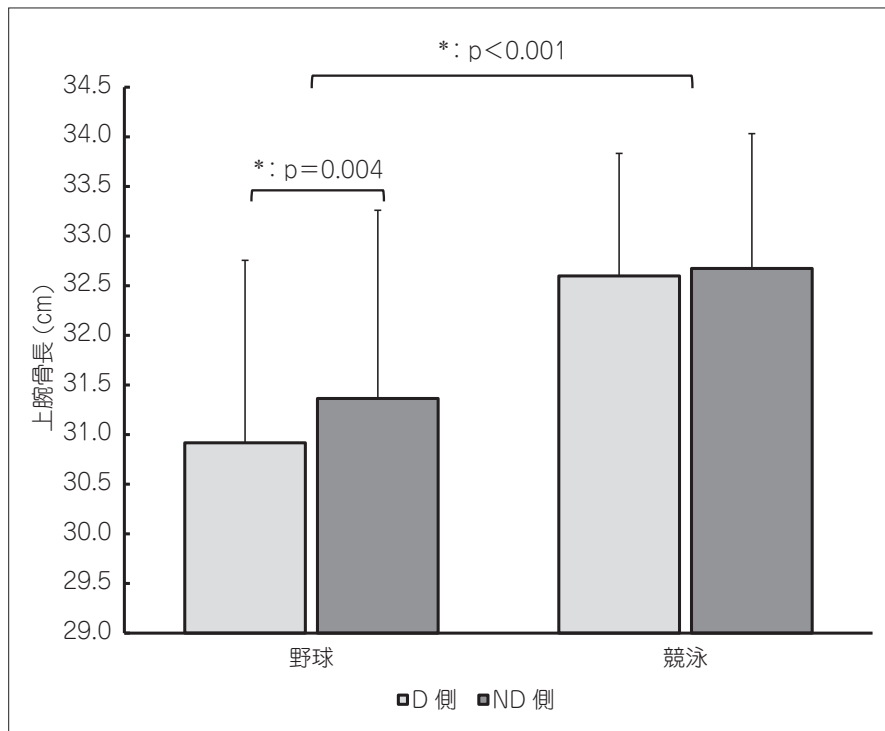


図2 野球群と競泳群の上腕骨長の比較

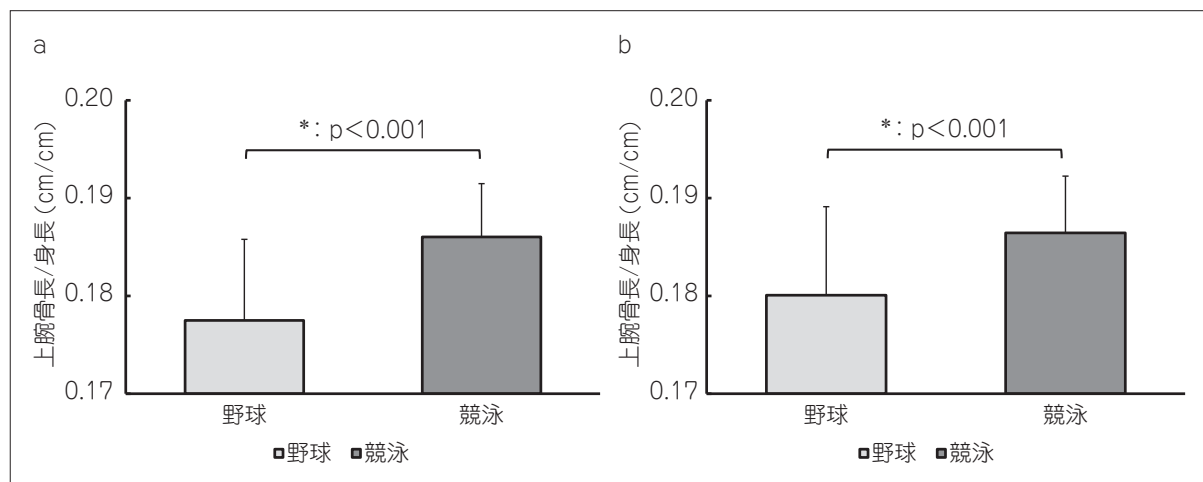


図3 野球群と競泳群の上腕骨長身長比 (a: D側, b: ND側) の比較

側, ND側共に高値を示し, 身長で除した値でも同様に競泳群の方が野球群よりも高値を示していた。競泳におけるクロール動作では pull-through 期から recovery 期の初期にかけて肩関節の内旋筋群と外旋筋群が共同して働くことが明らかとされており¹⁴⁾, 上腕骨には捻転負荷が加わると予想される。これまで競泳選手の上肢長を検討した研究では, Rejman ら¹⁵⁾は競泳選手と競泳を行っていないコントロール群の上肢長を比較し, 競泳選手

の上肢長はコントロール群と比較し, 有意に長かったことを明らかにした。前述した通り, 成長軟骨板への適度な圧迫力や牽引力の刺激は骨長発育を促進することが報告されている¹³⁾。競泳群の上腕骨長が野球群より有意に高値を示したことから, 競泳動作の成長軟骨板への負荷は上腕骨長の発育を抑制するほどの過大な負荷ではなく, 発育を促進する負荷であった可能性が考えられる。Shaw ら¹¹⁾は投球動作を行うクリケット選手, 競泳

選手，特定の競技を行っていないコントロール群の上腕骨の形状を比較し，競泳選手はD側，ND側の両側で上腕骨骨幹部の総断面積の左右差がクリケット選手，コントロール群と比較し小さかったことを報告した．競泳選手で上腕骨骨幹部の総断面積の左右差が他の対象よりも小さかったことから，競泳選手は両側の上腕骨に同程度の負荷が加わっていることが考えられ，本対象の競泳群の上腕骨長にはD側，ND側で左右差がみられなかった可能性がある．

野球で起こる成長軟骨板の障害の1つに Little League Shoulder がある．Little League Shoulder は投球動作による捻転ストレスが成長軟骨板に継続的に加わることで起こるとされている⁹⁾．成長軟骨板の障害の結果，骨端線の早期閉鎖がみられると報告されているが¹⁶⁾，反対に骨長延長がみられる者もいることが明らかとされている¹⁷⁾．本研究は肩痛の既往に関係なく，健常大学生野球選手でD側とND側の上腕骨長に骨長差が生じているか検討を行った．野球群ではD側の上腕骨長はND側より低値を示したことから，肩痛や骨端線障害の既往に関わらず，野球群では骨長発育の許容範囲を超える負荷が上腕骨の成長軟骨板に加わっている可能性が示唆された．

野球群でD側の上腕骨長がND側と比較し，低値を示していなかった者は16名いた．成長軟骨板への適度な張力や圧迫力は骨長の促進がみられるとされ¹³⁾，D側の上腕骨長がND側と比較し，低値を示していなかった者は骨長発育を抑制するような過大な負荷を抑えられていた可能性が考えられる．今後は野球の投球動作による負荷によって，どの時期からD側，ND側で骨長差が生じるか，また，どの程度の負荷が骨長発育に影響をもたらすか縦断的な検討を行う必要があると考える．また，肩甲骨周囲筋の活動は肩関節や肘関節の局所的なストレス減少に貢献すると報告されていることから¹⁸⁾，骨密度や筋量といった骨への負荷に関わる他の因子の発育変化も考慮した検討が必要であると考える．

本研究の限界は2つある．1つ目は野球群で利き手の影響が上腕骨長に影響しているかは不明である．一般的に利き腕の上腕骨の方がわずかに長い傾向であることが報告されている¹⁹⁾．野球群の上腕骨長のD側とND側の骨長差は一般成人よりも骨長差が大きいことが確認できることから，

本研究の骨長差は投球による影響が生じていたと考えている．2つ目に，詳細な対象の競技開始時期の情報が得られなかったことが挙げられる．上腕骨の後捻角は野球競技開始年齢が早いほど大きいことが明らかにされている²⁰⁾ものの，野球の競技開始時期が上腕骨長差にどの程度影響したかについては言及できない．今後は発育時期での投球障害の既往や上腕骨への負荷量を考慮した骨長変化の検討を行う必要があると考える．

5. 結語

本研究は一側上肢に高い負荷が加わる大学生野球選手を対象に上腕骨長のD側，ND側の比較を行い以下のような結論を得た．

野球群の上腕骨長は競泳群と比較し，D側，ND側の両側とも低値を示した．

野球群の上腕骨長はD側と比較し，ND側が有意に高値を示した．競泳群の上腕骨長はD側とND側に有意差はみられなかったことから，上腕骨長は野球の一側上肢を頻回に使う競技特性によってD側の上腕骨長がND側より低値を示す可能性が示唆された．

利益相反

本論文に関連し，開示すべき利益相反はなし．

著者貢献

坂 槇 航：Data curation；Formal analysis；Investigation；Writing original draft；Writing review & editing．

山 本 亮 太：Data curation；Investigation；Supervision；Writing review & editing．

筒井俊春：Conceptualization；Data curation；Supervision；Writing review & editing．

鳥居 俊：Conceptualization；Data curation；Supervision；Writing review & editing．

文 献

- 1) Mcclanahan BS, Harmon-Clayton K, Ward KD, et al. Side-To-Side Comparisons of Bone Mineral Density in Upper and Lower Limbs of Collegiate Athletes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2002; 16: 586.
- 2) Chapelle L, Rommers N, Clarys P, et al. Upper extremity bone mineral content asymmetries in tennis players: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Sports Sciences*. 2019; 37: 988-

- 997 doi: 10.1080/02640414.2018.1537173.
- 3) Krah H, Michaelis U, Pieper HG, et al. Stimulation of Bone Growth Through Sports: A Radiologic Investigation of the Upper Extremities in Professional Tennis Players. *Am J Sports Med.* 1994; 22: 751-757 doi: 10.1177/036354659402200605.
- 4) Johansson FR, Skillgate E, Adolfsson A, et al. Asymptomatic elite young tennis players show lateral and ventral growth plate alterations of proximal humerus on MRI. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 2017; 25: 3251-3259 doi: 10.1007/s00167-016-4024-2.
- 5) 筒井俊春, 初雁晶子, 飯塚哲司, 他. 発育段階にある野球選手における上肢分節ごとの骨長, 骨量, 骨密度の特徴—投球側と非投球側の違いに着目して—. *日本成長学会雑誌.* 2024; 30: 21-26.
- 6) 柏口新二, 井形高明, 岩瀬毅信, 他. 投球動作の上腕骨の成長に及ぼす影響について. *日小整会誌.* 1994; 4: 71-77.
- 7) Itami Y, Mihata T, Shibano K, et al. Site and Severity of the Increased Humeral Retroversion in Symptomatic Baseball Players: A 3-dimensional Computed Tomographic Analysis. *Am J Sports Med.* 2016; 44: 1825-1831 doi: 10.1177/0363546516638331.
- 8) Ogden JA. Evaluation of Development and growth. In: *Skeletal Injury in the Child.* 3rd ed. Springer: New York; 128, 2000.
- 9) Keeley DW, Hackett T, Keirns M, et al. A Biomechanical Analysis of Youth Pitching Mechanics. *Journal of Pediatric Orthopaedics.* 2008; 28: 452 doi: 10.1097/BPO.0b013e31816d7258.
- 10) Sabick MB, Kim YK, Torry MR, et al. Biomechanics of the Shoulder in Youth Baseball Pitchers: Implications for the Development of Proximal Humeral Epiphysiolysis and Humeral Retrotorsion. *Am J Sports Med.* 2005; 33: 1716-1722 doi: 10.1177/0363546505275347.
- 11) Shaw CN, Stock JT. Habitual throwing and swimming correspond with upper limb diaphyseal strength and shape in modern human athletes. *American Journal of Physical Anthropology.* 2009; 140: 160-172 doi: 10.1002/ajpa.21063.
- 12) 下井俊典. 評価の絶対信頼性. *理学療法科学.* 2011; 26: 451-461 doi: 10.1589/rika.26.451.
- 13) Frost HM. A chondral modeling theory. *Calcif Tissue Int.* 1979; 28: 181-200 doi: 10.1007/BF02441236.
- 14) Pink M, Perry J, Browne A, et al. The normal shoulder during freestyle swimming: An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. *Am J Sports Med.* 1991; 19: 569-576 doi: 10.1177/036354659101900603.
- 15) Rejman M, Tyc Ł, Kociuba M, et al. Anthropometric predispositions for swimming from the perspective of biomechanics. *Acta Bioeng Biomech.* 2018; 20: 151-159.
- 16) Carson WG, Gasser SI. Little Leaguer's Shoulder. A Report of 23 Cases. *Am J Sports Med.* 1998; 26: 575-580 doi: 10.1177/03635465980260041901.
- 17) Adams JE. Little League Shoulder—Osteochondrosis of the Proximal Humeral Epiphysis in Boy Baseball Pitchers. *Calif Med.* 1966; 105: 22-25.
- 18) Escamilla RF, Andrews JR. Shoulder Muscle Recruitment Patterns and Related Biomechanics during Upper Extremity Sports. *Sports Med.* 2009; 39: 569-590 doi: 10.2165/00007256-200939070-00004.
- 19) Steele J, Mays S. Handedness and directional asymmetry in the long bones of the human upper limb. *International Journal of Osteoarchaeology.* 1995; 5: 39-49 doi: 10.1002/oa.1390050105.
- 20) Nakase C, Mihata T, Itami Y, et al. Relationship Between Humeral Retroversion and Length of Baseball Career Before the Age of 16 Years. *Am J Sports Med.* 2016; 44: 2220-2224 doi: 10.1177/0363546516651864.

(受付：2024 年 10 月 30 日, 受理：2025 年 4 月 10 日)

Differences in humerus length due to the characteristics of the sport —Comparison between college baseball players and college swimmers—

Sakamaki, W.^{*1}, Yamamoto, R.^{*1}, Tsutsui, T.^{*2,3}, Torii, S.^{*2,3}

^{*1} Graduate School of Sport Sciences, Waseda University

^{*2} Faculty of Sport Sciences, Waseda University

^{*3} Waseda Institute of Human Growth and Development

Key words: baseball, humerus, growth cartilage plate

[Abstract] The purpose of this study was to compare the length of the humerus on the dominant and non-dominant sides of male college baseball players. The study included 37 male college baseball players and 71 swimmers. Whole-body scans were performed using DXA, and the length of the humerus on both sides was measured from the obtained images. To compare the humerus lengths of the dominant and non-dominant sides between the baseball and swimming groups, a two-way analysis of variance was performed. A significant difference was observed between the dominant and non-dominant sides of the humerus length in the baseball and swimming groups ($p = 0.047$). The length of the humerus in the baseball group was significantly lower than that in the swimming group, both on the dominant and non-dominant sides ($p < 0.001$). In comparing the dominant and non-dominant sides, the humerus length on the non-dominant side in the baseball group was significantly greater than that on the dominant side ($p = 0.004$). The characteristics of the sport, which requires frequent use of the dominant-side humerus, suggest that the humerus on the dominant side may have significantly shortened more than that on the non-dominant side.