

2014年度 修士論文

成長期における腕尺関節の弛緩性の変化
- 発育とオーバーヘッドスポーツ競技継続の影響 -

Developmental change in laxity of the
humeroulnar joint.

-The influence of
growth and playing overhead sports.-

早稲田大学 大学院スポーツ科学研究科
スポーツ科学専攻スポーツ医科学研究領域

5013A034-6

佐藤 晃

研究指導教員： 鳥居 俊 准教授

目次

| | | |
|------|---------------------------------------|----|
| 第1章 | 序論 | 1 |
| 第2章 | 【研究1】 発育が腕尺関節の裂隙間距離に与える影響の検討 | |
| 2-1. | 対象と方法 | 10 |
| 2-2. | 結果 | 18 |
| 2-3. | 考察 | 23 |
| 第3章 | 【研究2】 オーバーヘッド競技継続が腕尺関節の裂隙間距離に与える影響の検討 | |
| 3-1. | 対象と方法 | 27 |
| 3-2. | 結果 | 29 |
| 3-3. | 考察 | 34 |
| 第4章 | 総合考察 | 38 |
| 第5章 | 結論 | 43 |
| | 引用文献 | 44 |
| | 謝辞 | 48 |

第 1 章 序論

1 - 1. 緒言

野球は本邦において人気のあるスポーツの 1 つである。全国の青少年を対象にしたスポーツへの関心に関するアンケート調査では、『過去 1 年間に「よく行った」運動・スポーツ種目』で、野球はサッカーに次ぐ第 2 位に挙げられており、全体の 28% が実施したと回答した (SSF 笹川スポーツ財団, 2013)。また、全国中学校体育連盟による平成 26 年度加盟校調査集計においても、野球部に所属する生徒数は多く、男子生徒の 12% が野球部に所属している (全国中学校体育連盟, 2014)。平成 26 年度の日本高等学校野球連盟の部員数統計においても、部員数は過去最高を記録しており、現在も非常に人気の高いスポーツである (日本高等学校野球連盟, 2014)。

しかし、その競技特性から上肢の障害が多く発生することが指摘されており、近年投球障害予防への関心が高まっている。本邦では、日本臨床スポーツ医学会が示す青少年の野球障害に対する提言の中で、投球数に関する制限を提唱しており、小学生では 1 日 50 球以内かつ週 200 球未満、中学生では 1 日 70 球以内かつ週 350 球未満、高校生では 1 日 100 球以内かつ週 500 球以内を投球数の上限としている (日本臨床スポーツ医学会, 1996) (表 1-1)。日本中学硬式野球協議会でも、2013 年に中学生投手の投球制限に関する統一ガイドラインを制定し、中学生投手の試合での登板を 1 日 7 イニング以内とし、連続する 2 日間で 10 イニング以内と投手の投球イニングを制限している。2015 年から上記のガイドラインの完全適用を決定しており、中学硬式野球関連団体における指導者の投球障害予防への意識が高まることが予想される。また、最近では Major League Baseball (MLB) から青少年野球選手における投球数の制限に

関して PITCH SMART というサイトを立ち上げ、GUIDELINES FOR YOUTH AND ADOLESCENT PITCHERS（表 1-2）を制定しており、投球障害予防に尽力を注ぐ団体が増えている。

表 1-1. 青少年野球障害に対する提言

| | 1日における 全力投球数(球) | 1週間における 全力投球数(球) | 1週間における 休息日(日) |
|-----|--------------------|---------------------|-------------------|
| 小学生 | 50 | 200 | 4 |
| 中学生 | 70 | 350 | 1 |
| 高校生 | 100 | 500 | 1 |

（日本臨床スポーツ医学会，1996）より抜粋，一部改

表 1-2. 1日の最大投球数と必要休息日数

| 年齢(歳) | 最大投球数(球) | 投球数あたりの必要休息日数 | | | | |
|-------|----------|---------------|-------|-------|-------|-----|
| | | 0日 | 1日 | 2日 | 3日 | 4日 |
| 7-8 | 50 | 1-20 | 21-35 | 36-50 | N/A | N/A |
| 9-10 | 75 | 1-20 | 21-35 | 36-50 | 51-65 | 66< |
| 11-12 | 85 | 1-20 | 21-35 | 36-50 | 51-65 | 66< |
| 13-14 | 95 | 1-20 | 21-35 | 36-50 | 51-65 | 66< |
| 15-16 | 95 | 1-30 | 31-45 | 46-60 | 61-75 | 76< |
| 17-18 | 105 | 1-30 | 31-45 | 46-60 | 61-75 | 76< |

（GUIDELINES FOR YOUTH AND ADOLESCENT PITCHERS, 2014）

より抜粋，一部改変

（N/A : not applicable）

本邦における投球障害に関する報告では、アンケートを用いて高校生野球選手 711 名に対して痛みの既往の調査を行っており、76.6%が小・中学生時に痛みを感じており、調査時に痛みを訴えた部位は肘、肩、腰の順に多かった（大倉ら，2003）。同じく高校生野球選手を対象としてメディカルチェックを行った報告では、現在肩関節痛および肘関節痛を自覚している選手はそれぞれ、肩関節で 23.2%、肘関節で 20.6%の選手が痛みを自覚しており、過去に同様の関節の痛みを訴えた選手は、肩関節で 59.9%、肘関節で 71.3%と非常に高い値を示している（森原ら，2014）。また、中学生硬式野球選手を対象とした報告では、メディカルチェック時に 50.0%の選手が障害を有しており、障害の内訳は肘関節障害が 19.4%、肩関節障害が 14.4%、腰部障害が 12.9%と肘関節および肩関節の障害の発生が多く発生することが分かる（柿沼ら，1998）。

肘関節に発生する投球障害の多くは、投球動作時に加わる上肢への外力が関与していると言われている。投球フェーズは 5 期に分けられており（Glousman ら，1992）（図 1-1）、投球フェーズ中の Late cocking 期から Acceleration 期に肘関節にストレスが加わる。肩関節最大外旋時には 18Nm の外反トルクが肘関節へ加わることが投球障害を引き起こす一つの要因とされる（Michell ら，2004）。

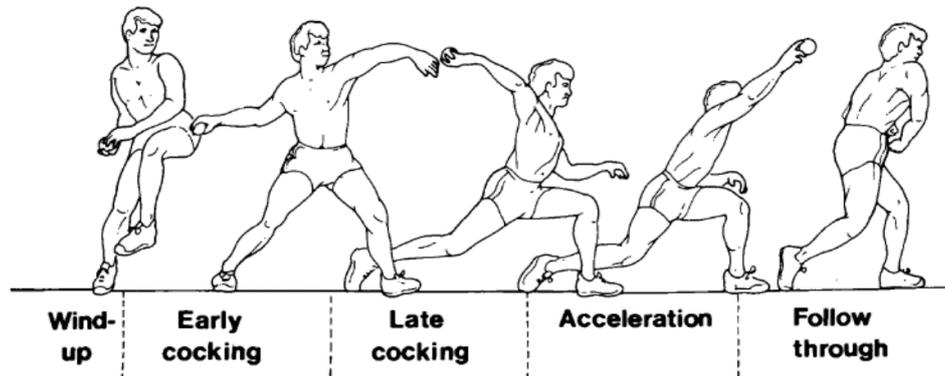


図 1-1. 投球の期分け (Glousman ら, 1992)

少年期に発生する肘関節の投球障害の多くは内側に発生し、一般的にリトルリーグ肘と呼ばれる (Brogdon ら, 1960)。9.5-12.0 歳の野球選手に対して X 線を用いて肘関節を調査した報告では、肘関節障害のうち 57% が内側の障害であった (Hang ら, 2004)。本邦の報告でも、肘関節痛を主訴に来院した青少年野球選手の 73% が内側骨化核下端障害であったとしている (小山ら, 2014)。

これらの障害が発生する肘関節は腕尺関節、腕頭関節、近位橈尺関節から構成される複合関節であり、肘関節の外反方向への制動には上腕骨内側上顆を起始にもつ尺側側副靭帯 (Ulnar Collateral Ligament, 以下 UCL) と前腕の屈筋群、回内筋群が関与している。UCL は後部線維、横部線維、前部線維から構成され、前部線維が肘関節の外反の制動に関して最も貢献度が高い (Ciccotti ら, 2014)。屍体の肘関節を用いた UCL の外反の制動性に関する報告では、34Nm の外反トルクを加えた際に靭帯は断裂するとされている (Ahmad ら, 2003)。前腕の屈筋回内筋群の関与は、尺側手根屈筋と浅指屈筋が外反の制動に関与する (Udall ら, 2009)。これらのことから、内側の靭帯および筋肉には投球時に外反方向へのスト

レスが加わり、肘関節の内側、つまり腕尺関節に負荷が加わる。そのため、腕尺関節には投球動作時に外反方向へのストレスが加わり、尺側副靭帯や上腕骨内側上顆の障害を発生させ、肘関節内側不安定症の原因になる (Conway ら, 1992)。肘関節内側の不安定性に関与するものとして、腕尺関節の弛緩性と安定性であると近年言われている。そのため、腕尺関節の弛緩性および安定性の獲得を目指す必要がある。

腕尺関節の弛緩性に関する報告は多数報告されており、その測定方法は多岐にわたる (表 1-3)。腕尺関節の撮像方法は X 線を用いて評価したものと、超音波画像装置を用いて評価したものがあり、肘関節へ加える外反ストレスは、主に Gravity stress による負荷を加え弛緩性を評価したものと、Telos device を用いて評価したものが存在する。その報告の多くは、野球選手などのオーバーヘッドスポーツ選手を対象としたものである。これらの報告の多くが投球障害予防を目的としているが、先行研究の対象群の多くは青少年ではなく、成人の腕尺関節を評価したものである。

関節抵抗力に対する軟部組織構造体の相対的貢献度は、靭帯を含む関節包が全体の 47%、筋肉が 41%、腱が 10%、皮膚が 2% 貢献している (Jones と Wright, 1962)。そのため、肘関節においても靭帯および筋肉の貢献度は高いと考えられる。靭帯や軟部組織が支持組織として働き、関節の動きを制動しているが、これらの働きは本来先天的な特性であり、変化しないものである (鳥居, 2010)。しかし、成長期では身体の発育に伴って筋腱複合体のタイトネスが発生し関節弛緩性も変化する (木谷ら, 2013)。成長期に起こる身体の変化に関する報告は、カナダ人の身長発育は 13.45 歳に増加のピークを迎え、上肢の骨育は 14.38 歳でピークを迎える (図 1-2) (Rauch ら, 2004)。また、日本人の発育のピーク年齢を

調査した同様の報告では、13.10歳で身長発育のピークを迎え、上肢長のピークは13.09歳と日本人では若干カナダ人より先行する(図1-3)(Csukásら, 2006)。

身体発育のピークは骨端線の閉鎖に伴い収束し、身体各部位で異なる(図1-4)(Ogden, 1982)。また、身体のアライメントの変化も成長期で発生し始める。中学生男子サッカー選手の膝アライメントの調査では、中学生の時期では既に身体形態の変化は始まっている(岡本と鳥居, 2014)。また、成長期野球選手の肩関節の後捻角の左右差が発生する時期は13歳以降である(武田ら, 2003)。12-15歳の男子の脛骨粗面に好発するといわれる、Osgood-Schlatter病の既往のあるサッカー選手の大腿四頭筋の筋タイトネスは、既往のない選手と比べて増加すると報告されている(戸島と鳥居, 2011)。以上のことから、成長期では発育に伴った身体の変化がみられ、成長期のオーバーヘッドスポーツ選手に好発する骨端症であるリトルリーグ肘も、成長に伴う身体の変化が腕尺関節の弛緩性に変化を与え、障害を引き起こす可能性がある。

よって本研究では成長期に変化する腕尺関節の弛緩性に影響を与える因子を検討する必要があると考え、研究1で発育が腕尺関節の弛緩性への影響を検討し、研究2ではオーバーヘッド競技の継続が腕尺関節の弛緩性に与える影響を検討する。

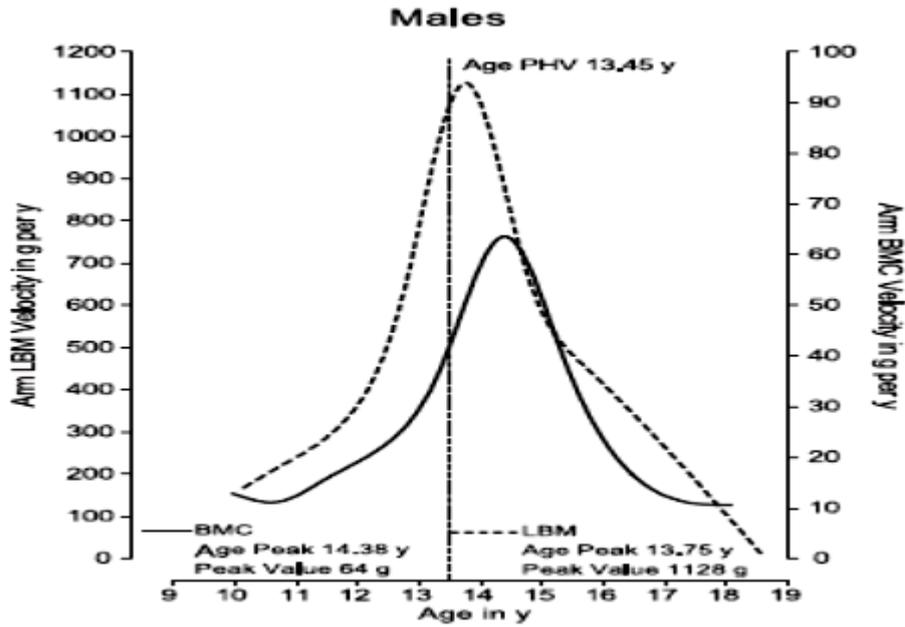


図 1-2. カナダ人の成長曲線 (Rauch ら, 2004) より抜粋

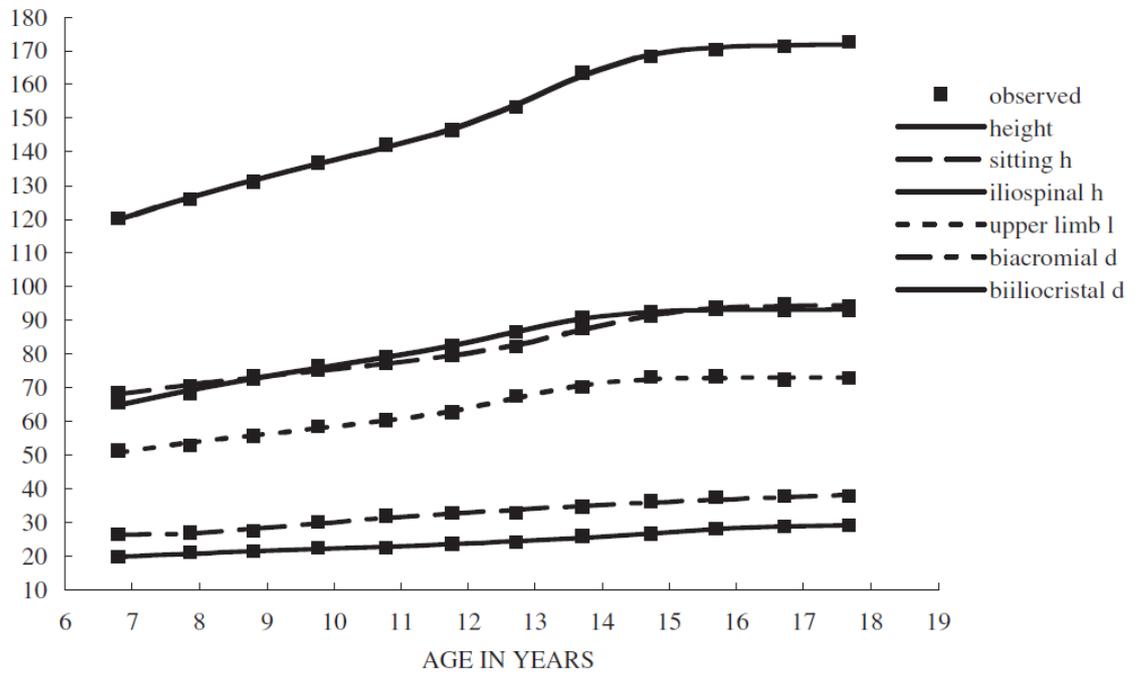


図 1-3. 日本人の成長の推移 (Csukás ら, 2006) より抜粋

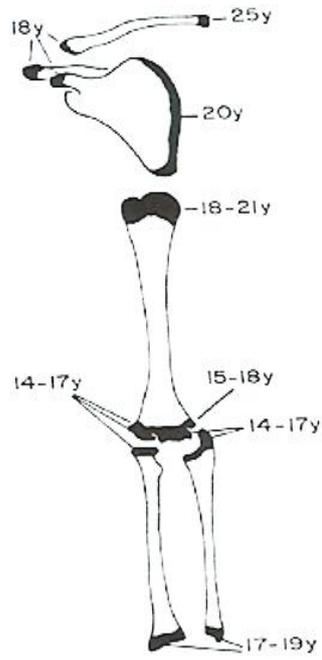


図 1-4. 上肢の骨端線閉鎖時期 (Ogden, 1982) より抜粋

表 1-3. 腕尺関節の弛緩性を評価した先行研究

| 報告者 | 対象者 | 年代 | stress device | 撮像方法 | 肘関節肢位 | 安静時裂隙間距離 (cm) | | ストレス時裂隙間距離 (cm) | |
|--------------------|---------------------------------------|--------------------|--------------------|------|-------|---------------|-----------|------------------|-----------|
| | | | | | | DA | NDA | DA | NDA |
| 佐々木ら(2003) | 大学生野球選手30名 | 21.7(range 19-27)歳 | gravity stress | 超音波 | 屈曲90° | no date | no date | 0.26±0.11 | 0.15±0.09 |
| 原田ら(2010) | 高校生野球選手71名 | 16.0(range 15-17)歳 | gravity stress | 超音波 | 屈曲90° | no date | no date | DAはNDAより0.07cm開大 | |
| Ciccottiら(2014) | マイナーリーガー368名 | 22.8(range 17-34)歳 | Telos device(150N) | 超音波 | 屈曲30° | 0.33±0.01 | 0.29±0.01 | 0.46±0.11 | 0.37±0.10 |
| Ellenbeckerら(1998) | プロ野球選手40名 | 21.7±2.79歳 | Telos device(150N) | X線 | 屈曲25° | 0.35±0.06 | 0.36±0.60 | 0.47±0.12 | 0.45±0.09 |
| Nazarianら(2003) | メジャーリーガー26名 | 27.1(range 21-39)歳 | 徒手 | 超音波 | 屈曲30° | 0.28±0.10 | 0.25±0.07 | 0.42±0.15 | 0.30±1.00 |
| Haradaら(2014) | 内側に痛みがあり来院した27名 | 18.1(range 10-29)歳 | gravity stress | X線 | 屈曲60° | no date | no date | 0.50±0.08 | 0.42±0.08 |
| | | | Telos device(50N) | X線 | 屈曲60° | no date | no date | 0.47±0.09 | 0.40±0.10 |
| Bruceら(2014) | 野球選手273名 | 20.3(range 13-37)歳 | Telos device(150N) | X線 | 屈曲30° | 0.36±0.06 | 0.36±0.06 | 0.50±0.09 | 0.46±0.08 |
| Singhら(2001) | オーバーヘッドスポーツ選手48名 非オーバーヘッドスポーツ選手88名 | no date | Telos device(130N) | X線 | 屈曲30° | 0.36±0.10 | 0.35±0.09 | 0.41±0.11 | 0.45±0.10 |

第 2 章 研究 1 : 発育が腕尺関節の弛緩性に与える影響の検討

目的

本研究は、非オーバーヘッドスポーツ選手における腕尺関節の弛緩性の変化を横断的に検討することで、肘関節障害の予防に関する基礎資料作成の一助とすることを目的とした。

2-1. 対象と方法

2-1-1. 対象

対象は各世代の非オーバーヘッドスポーツ選手として、小学生サッカー選手 23 名 46 肘、中学生サッカー選手 21 名 42 肘、高校生陸上長距離選手 16 名 32 肘、大学生陸上長距離選手 10 名 20 肘を対象とした。そのうち利き手側を (Dominant Arm, 以下 DA 群)、非利き手側 (non Dominant Arm, 以下 NDA 群) とした。各世代の月齢、身長、体重を表 2-1 に示す。

全ての対象者には、事前に実験内容に関する説明を十分に行い、書面にて実験参加の同意を得た。本研究は早稲田大学人を対象とした研究に関する倫理審査委員会の承認を得て実施した。

表 2-1. 各対象群の月齢、身長、体重

| | 月齢(ヶ月) | 身長(cm) | 体重(kg) |
|------------|------------|-----------|----------|
| 小学生 (n=23) | 127.5±11.7 | 137.8±4.8 | 33.1±5.4 |
| 中学生 (n=21) | 167.7±7.5 | 163.1±8.1 | 51.9±8.1 |
| 高校生 (n=16) | 205.7±9.3 | 172.0±4.1 | 56.3±4.5 |
| 大学生(n=10) | 242.8±15.0 | 171.0±3.9 | 54.2±4.4 |

2-1-2. 測定およびデータ分析

本研究では、月齢、身長、体重、既往歴、前腕長、腕尺関節の裂隙間距離の計測を行った。測定方法を以下に示す。

i. 月齢、身長、体重、既往歴

調査紙法にて生年月日、身長、体重、肘関節の障害に関する既往歴を聴取した。生年月日を基に測定時の月齢を小数点第一位まで求めた。

ii. 前腕長

前腕長は橈骨頭から橈骨茎状突起までの長さとした（図 2-1）。測定にはメジャーを用い、計測は 0.5 cm 単位で行った。



図 2-1. 前腕長の計測風景

iii. 腕尺関節裂隙間距離

腕尺関節裂隙間距離は、超音波画像装置（SonoSite MicroMaxx, リニア型プローブ HFL38x 6-13MHz, SonoSite 社製, 日本）を用いて対象者の DA と NDA の両肘を測定した。測定肢位は佐々木ら（2003）を参考に、対象者はベッド上で仰臥位となり、肘関節 90° 屈曲位、肩関節 90° 外転位、最大外旋位、前腕回外位として肘関節より遠位をベッドの外へ出し、肘関節内側に自重によるストレス（gravity stress）の加わる肢位で測定を行った（図 2-2）。取得した画像で、関節裂隙をはさむ上腕骨滑車遠位端と尺骨鈎状突起近位端の尺側縁の骨皮質を示す高エコー像の先端同士の間隔を、腕尺関節裂隙間距離として超音波画像装置の画面上で計測した（図 2-3）。



図 2-2. 腕尺関節裂隙間距離の計測肢位

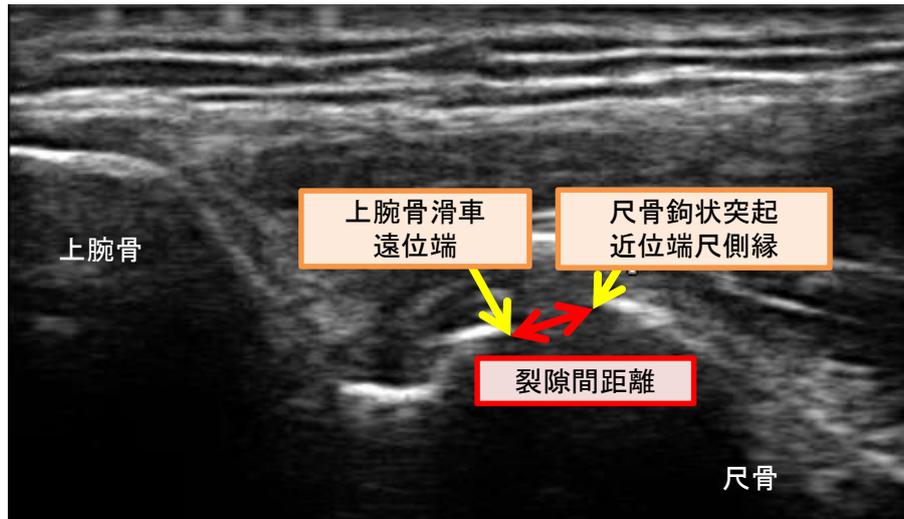


図 2-3. 腕尺関節裂隙間距離画像

IV. 再現性の検討

1) 裂隙間距離の検者内再現性の検討

腕尺関節裂隙間距離の検者内再現性を検証した。被験者は成人男性 4 名 8 肘とし、3 日以上間隔をあけて腕尺関節裂隙間距離を 2 回計測した。検者内再現性の確認には、級内相関係数 ICC (1, 1) を用いた。級内相関係数は、Landis と Koch (1977) と同様に “Almost Perfect” (ICC: > 0.80)、 “Substantial” (ICC: 0.61–0.80)、 “Moderate” (ICC: 0.41–0.60)、 “Fair” (ICC: 0.21–0.40)、 “Slight” (ICC: 0.00–0.20)、 “Poor” (<0.00) の 6 段階で評価した。その結果、ICC (1, 1) 単一測定値は、0.98 (ICC の 95%信頼区間は 0.94 から 0.99) であり、検者内再現性は almost perfect であった。また、測定の変動係数は 1%であった。

V. 測定肢位の違いと裂隙間距離の関係

1) 前腕回内位および回外位における腕尺関節裂隙間距離

前腕の肢位の違いが腕尺関節裂隙間距離に与える影響を検討した。前腕の回内および回外は橈骨が回転することによって関節運動がなされるため、腕尺関節裂隙間距離に変化を与えないと考えられる。

被験者は成人男性 6 名 11 肘とした。回内および回外位による腕尺関節裂隙間距離の違いの検討に関して対応のある t 検定と Pearson の積率相関係数を用いた。

その結果、回内位と回外位の裂隙間距離に有意な差は認められなかった ($p=1.0$, 差の 95%信頼区間は -0.00425 から 0.00425) (図 2-4)。相関係数は 0.99 ($p<0.01$) であり、有意な相関関係を示したことから、前腕の肢位の違いは腕尺関節裂隙間距離に影響を与えないことが明らかとなった (図 2-5)。

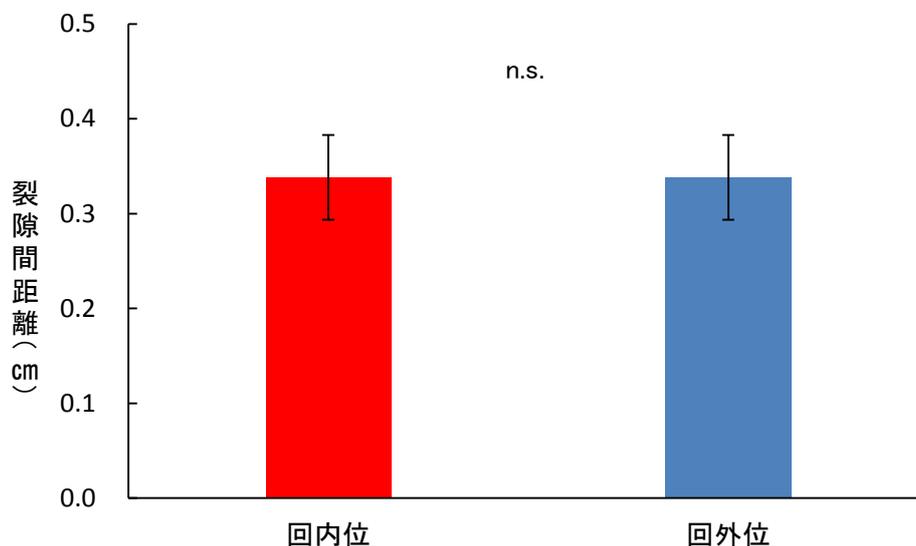


図 2-4. 前腕の肢位の違いと腕尺関節裂隙間距離

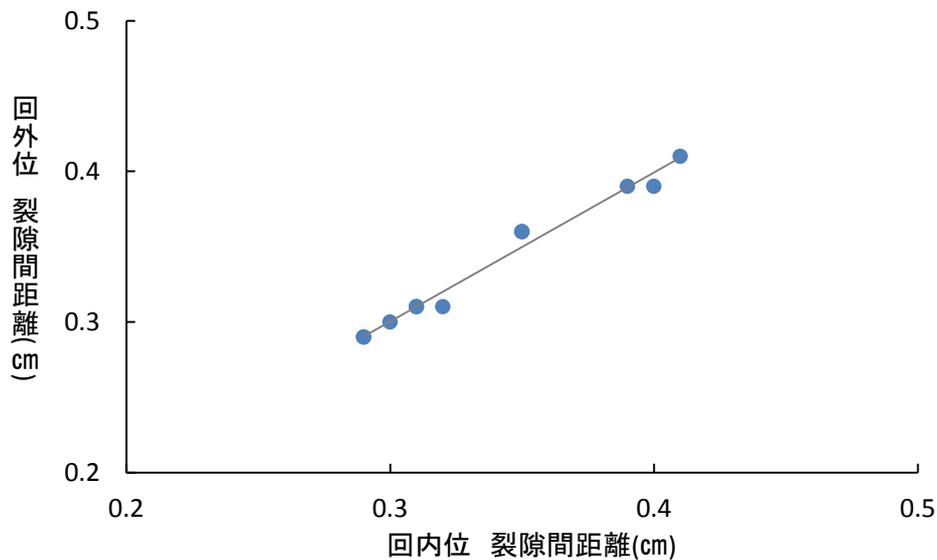


図 2-5. 前腕の肢位の違いと腕尺関節裂隙間距離

2) 肘関節屈曲角度の違いによる腕尺関節裂隙間距離

肘関節の屈曲角度の違いが腕尺関節裂隙間距離に与える影響を検討した。被験者は成人男性 5 名 10 肘とし、肘関節屈曲 30°、60°、90°、120°、150° の 5 試行を肩関節 90° 外転位、最大外旋位、前腕回外位で計測をした。5 試行の腕尺関節裂隙間距離の検討は一元配置分散分析を用い、多重比較検定には Tukey 法を用いた。

肘関節屈曲角度の違いによる腕尺関節裂隙間距離を検討した結果、 $[F(1, 9) = 312.060, p < 0.001]$ 、裂隙間距離は 90° 屈曲位で最も開大した (図 2-6)。Callway ら (1997) の肘関節の屈曲肢位の違いが肘関節の外反トルクに与える影響を検討した報告においても、肘関節 90° 屈曲位で最も外反トルクが加わるとしている (図 2-7)。このことから、本研究における肘関節の屈曲肢位は、腕尺関節の裂隙間距離が最も開大する肘関節 90° 屈曲位で測定を行うことが妥当であると考えられる。

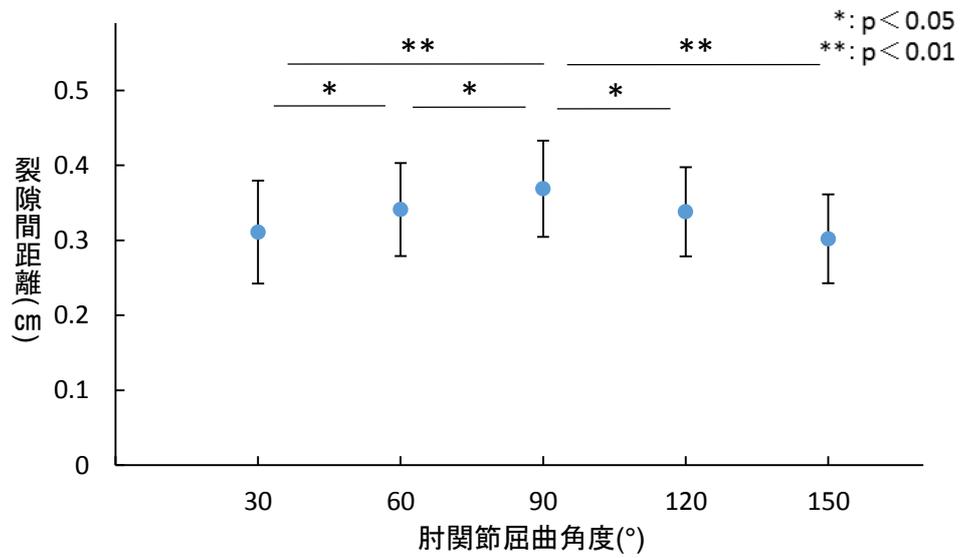


図 2-6. 肘関節屈曲角度の違いによる腕尺関節裂隙間距離

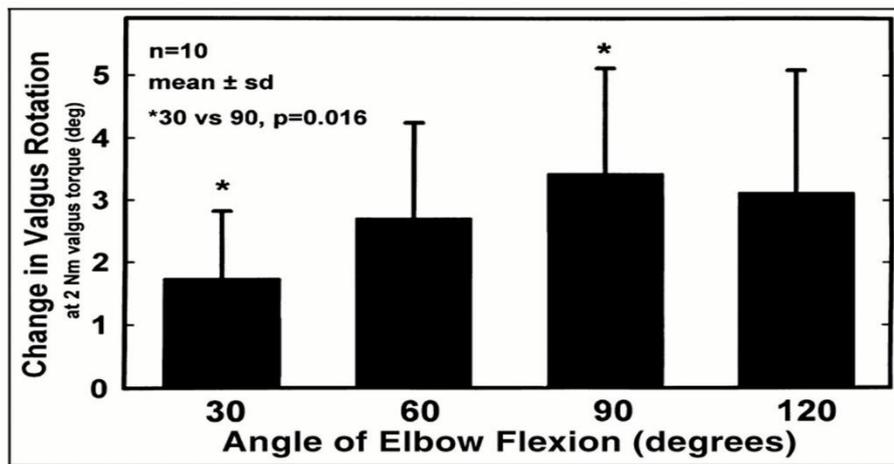


図 2-7. 肘関節の屈曲角度の違いが肘関節の外反トルク及ぼす影響

(Callway ら, 1997) より抜粋

2-1-3. 統計処理

結果は平均±標準偏差で示した。統計処理ソフトウェア（SPSS Statistics 22, IBM 社製, 米国）を用いて統計処理を行った。月齢と身長および前腕長の回帰曲線は回帰分析の曲線推定により求めた。また、月齢と裂隙間距離の関係には、Pearson の積率相関係数を用いて検討を行った。腕尺関節裂隙間距離の横断的検討には 2 要因分散分析を用いた。学校区分別の腕尺関節裂隙間距離の比較には、その後の検定として Bonferroni の多重比較検定を行った。有意水準は危険率 5%未満とした。

2-2. 結果

2-2-1. 身長、前腕長と月齢の関係

月齢に対する身長および前腕長の関係の回帰曲線を図 2-8 および図 2-9 に示した。身長、前腕長ともに月齢との間に有意な回帰曲線がみられ、月齢の増加とともに身長、前腕長が増加した。身長と月齢に関する回帰式は ($y = 54.627 \ln(x) - 122.43$, $r = 0.85$, $p < 0.001$) を示した。また、DA の前腕長と月齢に関する回帰式は ($y = 7.6356 \ln(x) - 16.851$, $r = 0.79$, $p < 0.001$) を示し、NDA の前腕長と月齢に関する回帰式は ($y = 7.5669 \ln(x) - 16.534$, $r = 0.78$, $p < 0.001$) を示した。

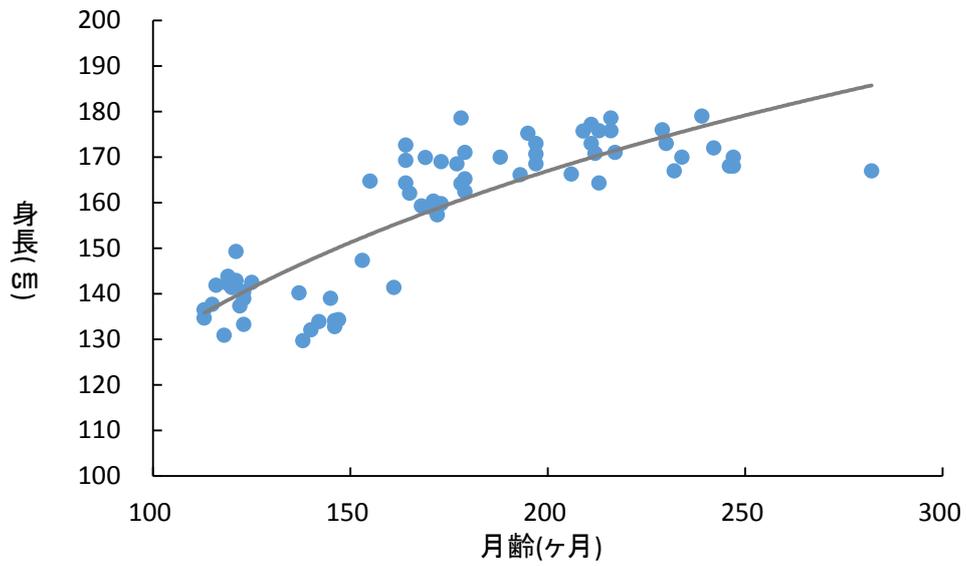


図 2-8. 身長と月齡の関係

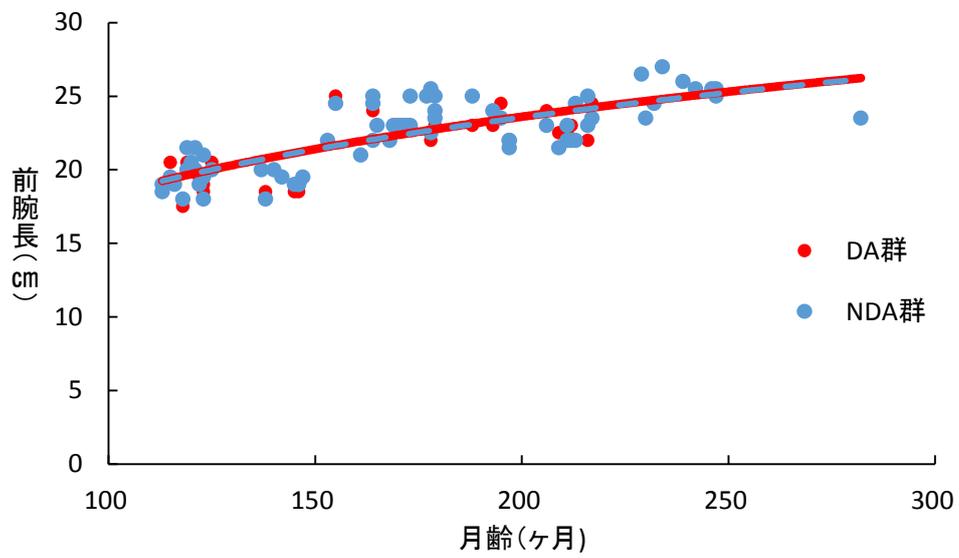


図 2-9. 前腕長と月齡の関係

2-2-2. 前腕長の横断変化

各対象群間の前腕長の横断変化を図 2-10 および表 2-2 に示した。DA、NDA と学校区分との間に交互作用は認められなかった。前腕長は DA、NDA ともに中学生と高校生の年代を除き、学校区分が上がるにつれて有意に伸長した ($p < 0.001$)。DA、NDA 間の比較では、どの年代においても両群に有意な差はみられなかった。

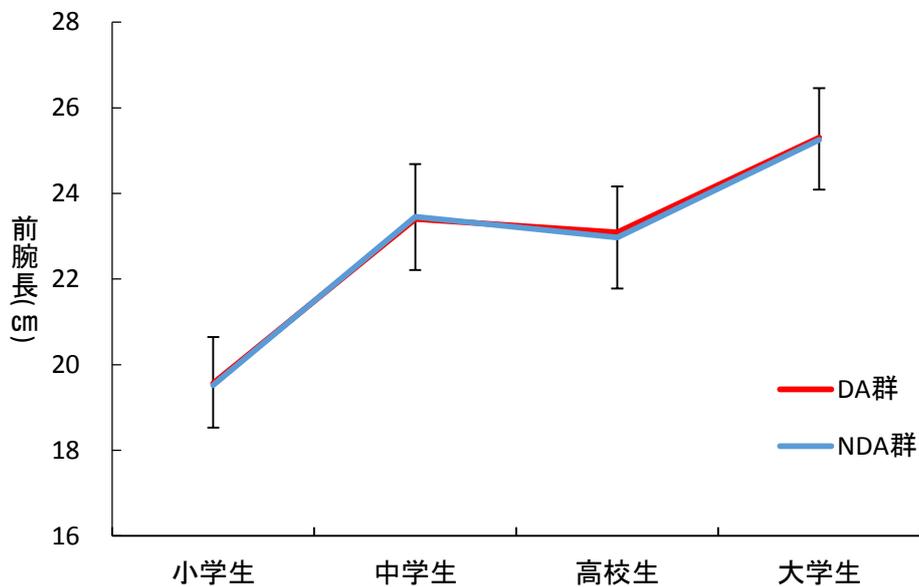


図 2-10. 両側の前腕長の横断変化

【脚注】 DA、NDA：小学生 vs 中学生 ($p < 0.001$)、小学生 vs 高校生 ($p < 0.001$)、小学生 vs 大学生 ($p < 0.001$)、中学生 vs 大学生 ($p < 0.001$)、高校生 vs 大学生 ($p < 0.001$)

表 2-2. 前腕長の横断変化

| | 小学生 | 中学生 | 高校生 | 大学生 |
|-----|----------|----------|----------|----------|
| DA | 19.6±1.1 | 23.4±1.3 | 23.1±1.1 | 25.3±1.2 |
| NDA | 19.5±1.0 | 23.5±1.2 | 23.0±1.2 | 25.3±1.2 |

(単位:cm)

2-2-3. 腕尺関節裂隙間距離の横断変化

対象者の DA、NDA それぞれの腕尺関節裂隙間距離と月齢の関係を図 2-11 に示した。DA、NDA とともに腕尺関節裂隙間距離は月齢と負の相関 (DA : $r = -0.590$, $p < 0.001$) (NDA : $r = -0.568$, $p < 0.001$) を示した。

また、各対象群間における腕尺関節裂隙間距離の横断変化を図 2-12 および表 2-3 に示した。各学校区分間での比較は DA では小学生から高校生 ($p < 0.001$)、小学生から大学生 ($p < 0.001$)、中学生から高校生 ($p = 0.024$)、高校生から大学生 ($p < 0.001$) で腕尺関節裂隙間距離は有意に小さくなった。NDA では小学生から中学生 ($p = 0.008$)、小学生から高校生 ($p < 0.001$)、小学生から大学生 ($p < 0.001$) で有意に腕尺関節裂隙間距離は小さくなった。両側ともに高校生以降は裂隙間距離に変化はみられなかった。また、両側の比較では、中学生 ($p = 0.001$)、高校生 ($p = 0.004$)、大学生 ($p = 0.003$) で DA の腕尺関節裂隙間距離は有意に大きい値を示した。

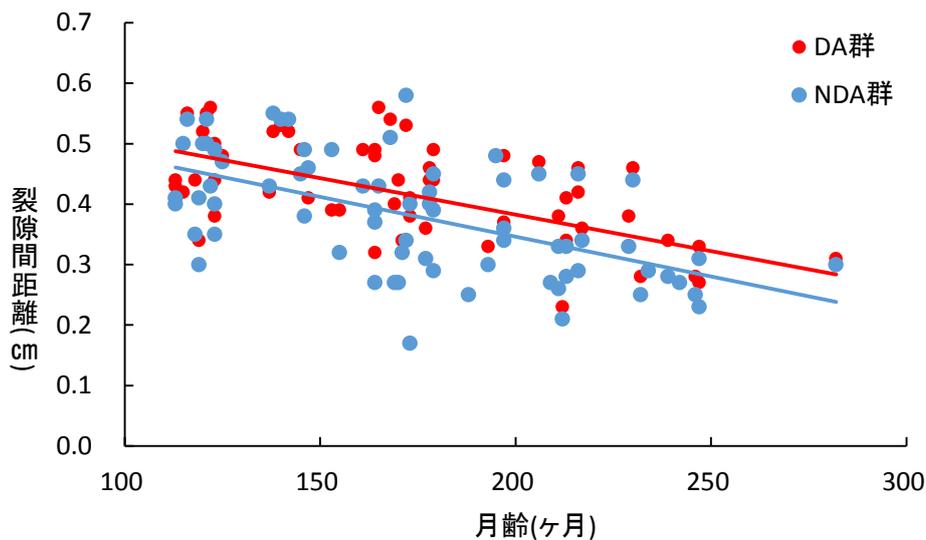


図 2-11. 腕尺関節裂隙間距離と月齢の関係

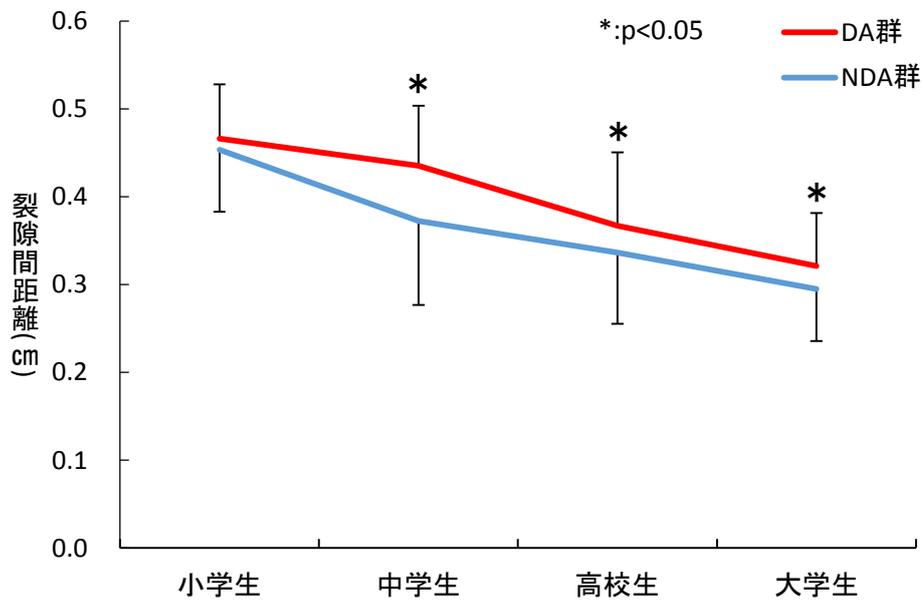


図 2-12. 両側の腕尺関節裂隙間距離の横断検討

【脚注】DA: 小学生 vs 高校生 ($p < 0.001$)、小学生 vs 大学生 ($p < 0.001$)、
中学生 vs 高校生 ($p = 0.024$)、中学生 vs 大学生 ($p < 0.001$)

NDA: 小学生 vs 中学生 ($p = 0.008$)、小学生 vs 高校生 ($p < 0.001$)、小
学生 vs 大学生 ($p < 0.001$)

表 2-3. 両側の腕尺関節裂隙間距離の横断検討

| | 小学生 | 中学生 | 高校生 | 大学生 |
|-----|-------------|-------------|-------------|-------------|
| DA | 0.47 ± 0.06 | 0.44 ± 0.07 | 0.37 ± 0.08 | 0.32 ± 0.06 |
| NDA | 0.45 ± 0.07 | 0.37 ± 0.10 | 0.34 ± 0.08 | 0.30 ± 0.06 |

(単位:cm)

2-3. 考察

2-3-1. 前腕長の横断変化

本研究では、前腕長は中学生から高校生に変化はみられないものの高校生から大学生で伸長した（図 2-10，表 2-2）。一般に骨の長軸方向への成長は骨端軟骨の成長によって行われる。また、その骨端軟骨は成長とともに減少し、骨端線の閉鎖とともに長軸方向への成長は終了する（須田ら，2007）。Ogden（1982）は骨端線の閉鎖時期は部位によって異なり、前腕近位で 14-17 歳、前腕遠位で 17-19 歳に骨端線は閉鎖すると示していることから、小学生から大学生では発育に伴って前腕長は伸長する。しかし、本研究では対象者の発育速度ピーク年齢（Peak Height Velocity Age，以下 PHVA）などの発育段階の違いによる検討を行わなかった。そのため、本研究における中学生の対象群では前腕の発育が早い集団であった可能性と、高校生で前腕の発育が遅い集団であった 2 つの可能性が 2 群で前腕長に差が生じなかった要因であると考えた。また、本研究の高校生集団は相対的に前腕長の短い集団であった可能性も考えられる。18-27 歳の野球選手で DA、NDA の前腕長はともに 26.9 cm であった（牧内ら，2001）としていることから、先行研究と比較すると本研究の高校生は前腕長の短い集団であることが確認できる。よって、本研究の高校生は前腕長の発育が未熟であった可能性が考えられる。

また、本研究の対象では非オーバーヘッドスポーツ選手の前腕長はいずれの時期においても左右差は生じなかった。スポーツ動作の中で DA に負荷が多く加わるテニス選手においては骨長に左右差が認められるが、一般成人においては骨長の左右差は認められない（Krahl ら，1994）。また、成長期野球選手の肩関節の後捻角の左右差は 13 歳以降から生じる（武田ら，2003）。このことから、スポーツ動作などの変則的かつ特異的

な動作は骨のアライメントを変化させる可能性がある。しかし、オーバーヘッドスポーツによる腕への負荷を受けない場合、日常生活の中では骨への負荷は加わりにくい。そのため、本研究では骨長の左右差は認められなかったと考えられる。また、日常の生活の中で加わる骨への負荷は骨長に変化をもたらす程ではないと考えた。

2-3-2. 腕尺関節裂隙間距離の横断変化

本研究では、DA、NDAともに腕尺関節裂隙間距離は月齢との間に負の相関関係があり、発育により腕尺関節裂隙間距離は狭くなった(図 2-11)。腕尺関節裂隙間距離が狭くなった要因として、身体の発育による影響が考えられ、骨端線の閉鎖(Ogden, 1982)による骨端核の骨化が腕尺関節自体に影響したことが挙げられる。鳥居(2013)は骨端部の骨端核が大きくなることで、骨として画像上で認識され、膝関節の関節軟骨は小学校低学年から高学年の間で発育に伴って減少するとしている。よって本研究においても、膝関節と同様の変化が肘関節でみられたと考えた。また、前腕の伸長に伴う筋腱複合体のタイトネス増大が発生した可能性(木谷ら, 2013)も要因のひとつとして考えられる。肘関節の屈筋・回内筋群は上腕骨から尺骨にかけて走行しているものが多いため、発育に伴って前腕が伸長した際に発生する筋腱複合体のタイトネスは、腕尺関節の裂隙間距離に影響を与えることが推察される。また、腕尺関節裂隙間距離の変化はDA、NDAともに高校生から大学生の間で消失した。この結果は、内側上顆の骨端線閉鎖時期との関連が示唆される。内側上顆の骨端線閉鎖時期は15-18歳である(Ogden, 1982)。つまり、高校生から大学生の時期の間では骨端線が閉鎖すると考えられる。膝関節や股関節のような荷重関節では、日常動作においても関節にかかる負荷は大きく、関節裂隙の狭小化を引き起こす(中村ら, 2008)。一方で、肘関節は非荷重関節であり、骨端線の閉鎖後は外傷による靭帯不全などでの影響で肘関節の安定機構の破綻が起こらない限り、腕尺関節裂隙間距離は変化しないと考えた。

本研究では、腕尺関節裂隙間距離の左右差は小学生の時にはみられず、中学生以降に発生することを示した。肘関節のアライメントの左右差に

関する報告では、Dey ら (2013) や Tükenmez ら (2004) が Carrying angle は NDA と比べて DA で増加すると報告している。これは日常の動作が肘関節のアライメントに影響し、腕尺関節裂隙間距離も Carrying angle と同様に DA で増大したと考えた。しかし、今回の結果では腕尺関節裂隙間距離に両側の変化パターンで差があった。腕尺関節裂隙間距離は、NDA では小学生から中学生の間で有意に増加したが、DA では小学生から中学生にかけて有意な増加を示さず、中学生から高校生にかけて増大した。つまり、腕尺関節裂隙間距離に変化が現れる時期は発育に伴った身体の変化が影響していると考えられ、発育の影響で腕尺関節裂隙間距離は狭くなっていくと仮定した場合、NDA では DA と比べて発育変化が早く現れると考えられた。岡本と鳥居 (2014) は中学生サッカー選手において膝関節のアライメントの変化は中学生期には現れると報告し、Dey ら (2013) は Carrying angle の左右差は 11-13 歳で大きくなると報告している。これらの報告から、膝や肘で部位は異なるが中学生の時期では身体のアライメントの変化が発生しやすい年代であると考えられる。また、野間 (2008) は前腕長の骨長増加のピークは DA よりも NDA で先行すると示していることから、NDA は DA と比べて裂隙間距離の変化時期も先行するものと考えられ、日常生活の中で使用頻度のことなる DA、NDA の腕尺関節裂隙間距離は変化パターンに差が生じたと考えた。

しかし、本研究は横断研究であるため、腕尺関節の弛緩性の変化を縦断研究で今後明らかにする必要がある。これまでの報告ではオーバーヘッドスポーツ選手の腕尺関節の弛緩性を評価したものが多く、今回のような非オーバーヘッドスポーツ選手を対象とした研究はない。従って、本研究の結果は一般男性の腕尺関節裂隙間距離のデータベースとして示すことができると考えた。

第3章 研究2：オーバーヘッド競技継続が腕尺関節の裂隙間距離に与える影響の検討

目的

本研究では、成長期オーバーヘッドスポーツ選手の腕尺関節の弛緩性の変化を横断的に検討することで、成長期野球選手の腕尺関節の弛緩性に関与する要因を明らかにすることを目的とした。

3-1. 対象と方法

3-1-1. 対象

対象は地域クラブチームに所属する中学生男子野球選手 90 名 180 肘、高校球児 26 名 52 肘を対象とし、そのうち肘関節に既往がない 76 肘を既往なし群 (non Pain, 以下 NP 群)、既往のある 40 肘を既往あり群 (Pain, 以下 P 群)、非投球側群 (non Dominant Arm, NDA 群) 116 肘に分類した。各群の月齢、身長、体重、競技経験年数を表 3-1 に示す。

全ての対象者には、事前に実験内容に関する説明を十分に行い、書面にて実験参加の同意を得た。本研究は早稲田大学人を対象とした研究に関する倫理審査委員会の承認を得て実施した。

表 3-1 各群の月齢、身長、体重、競技経験年数

| | 月齢(ヶ月) | 身長(cm) | 体重(kg) | 競技経験年数(年) |
|--------------|------------|-----------|-----------|-----------|
| NP群 (n=76) | 171.2±14.1 | 164.2±8.4 | 55.4±10.1 | 6.2±1.6 |
| P 群(n=40) | 173.9±16.2 | 165.5±7.8 | 57.9±9.4 | 6.1±1.6 |
| NDA群 (n=116) | 172.1±15.0 | 164.6±8.2 | 56.2±10.0 | 6.2±1.6 |

3-1-2. 測定およびデータ分析

研究1と同様に月齢、身長、体重、既往歴、競技経験年数の聴取、前腕長、腕尺関節裂隙間距離の計測を行った。

3-1-3. 統計処理

結果は平均±標準偏差で示した。統計処理ソフトウェア（SPSS Statistics 22, IBM 社製, 米国）を用いて統計処理を行った。対象者の身長および体重の全国平均値との比較は1サンプルのt検定を用いた。3群間の前腕長、裂隙間距離の比較には一元配置分散分析を用い、多重比較検定としてTukey法を用いた。また、投球側の裂隙間距離に関する因子の抽出にステップワイズ法を用いて重回帰分析を行った。従属変数には投球側の裂隙間距離を、独立変数には月齢、身長、体重、既往歴（ダミー変数：既往歴なしを1、既往歴ありを2）を用いた。月齢と腕尺関節裂隙間距離の回帰曲線は回帰分析の曲線推定により求めた。有意水準は危険率5%未満とした。

3-2. 結果

3-2-1. 被験者の身体特性

各学年における身体特性を表 3-2 に示した。聴取した各学年の計測値と平成 25 年度学校保険統計調査による同年代の身長、体重と比較した。本研究の対象者は全国平均よりも身長が中学 1 年 ($p < 0.001$)、中学 2 年 ($p < 0.001$) で有意に高く、体重が中学 1 年 ($p < 0.001$)、中学 2 年 ($p < 0.001$)、高校 1 年 ($p = 0.035$) で有意に高かった。よって本研究の対象者は全国平均と比べて身体が大きい集団であった。

表 3-2. 各学年における年齢、身長、体重の全国平均との比較

| | 年齢(歳) | 身長(cm) | 体重(kg) |
|------------|----------|------------------|-----------------|
| 中学1年(n=40) | 13.1±0.4 | 159.3±8.6(152.3) | 51.8±11.1(43.9) |
| 中学2年(n=50) | 14.3±0.3 | 165.5±6.0(159.5) | 55.9±7.9(48.8) |
| 高校1年(n=16) | 15.9±0.2 | 170.9±4.9(168.3) | 63.3±7.4(58.9) |
| 高校2年(n=10) | 17.0±0.2 | 172.1±5.9(169.9) | 64.2±5.7(61.0) |
| 全体(n=116) | 14.3±1.2 | 164.6±8.2 | 56.2±10.0 |

【脚注】 カッコ内に全国平均を示す。

3-2-2. 前腕長の群間比較

前腕長 [F (2, 229) = 0.490, p = 0.490] に有意な差は認められなかった (図 3-1)。

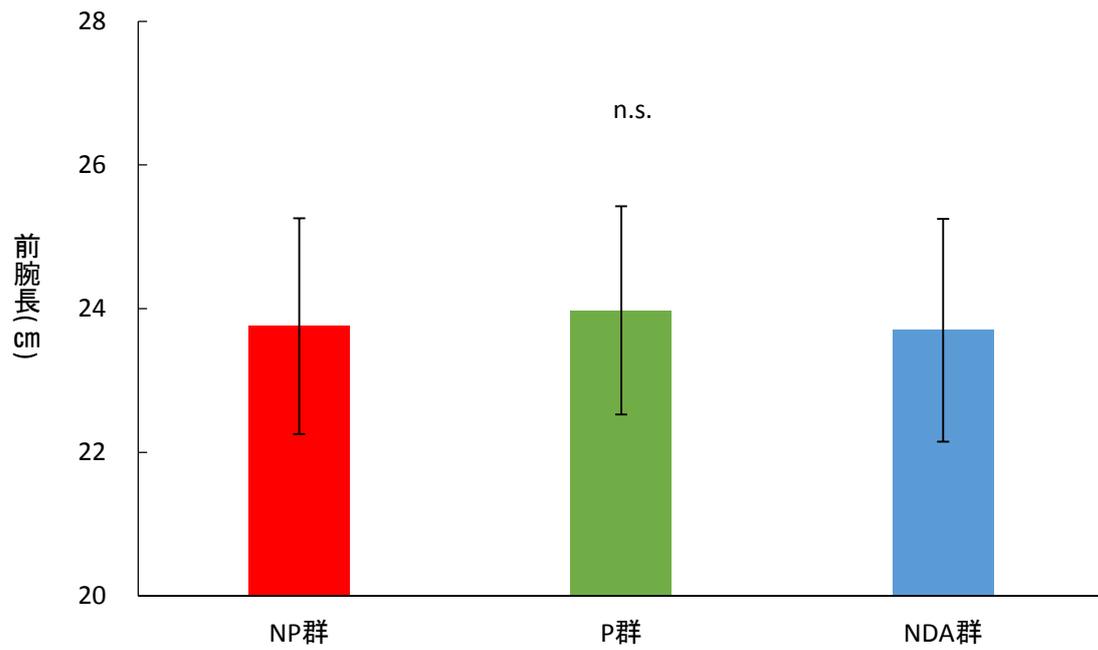


図 3-1. 前腕長の群間比較

3-2-3. 裂隙間距離の群間比較

各群の裂隙間距離は NP 群で 0.61 ± 0.27 cm、P 群で 0.58 ± 0.22 cm、NDA 群で 0.51 ± 0.21 cm であった。3 群間で有意な差があり [F (2, 229) = 4.899, $p = 0.008$]、NP 群の裂隙間距離は NDA 群と比べて有意に大きかった ($p = 0.007$, 差の信頼区間は 0.024 から 0.187)。NP 群と P 群との間には有意差はなかった ($p = 0.218$, 差の信頼区間は -0.030 から 0.174) (図 3-2)。

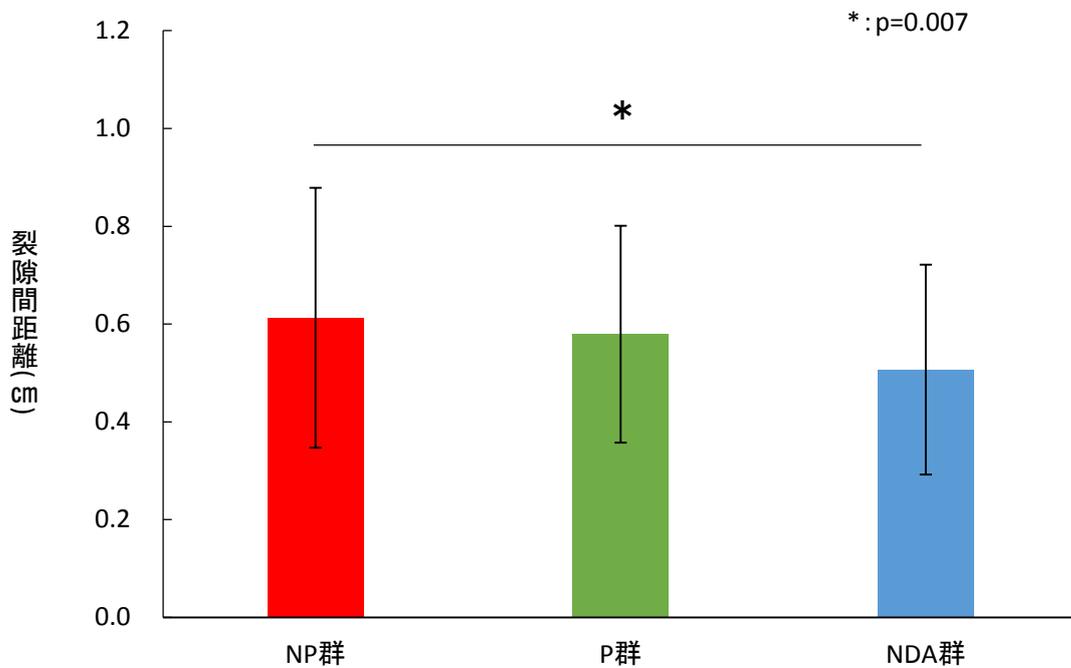


図 3-2. 腕尺関節裂隙間距離の 3 群間の比較

3-2-4. 重回帰分析による裂隙間距離に影響する因子の検討

投球側の裂隙間距離に関連する因子について、研究1で裂隙間距離は発育によって変化することが明らかとなったため、より詳細な身体の発育に関する因子と、肘関節障害の既往が裂隙間距離に与える影響の検討を重回帰分析を用いて検討を行った結果、月齢を独立変数とする有意な回帰式が得られた[$y = 2.0083 - 0.009 \times x$ ($x = \text{月齢}$), $F = 40.196$, $p < 0.001$]。その寄与率は26% ($r = 0.511$)であった。つまり、月齢で裂隙間距離の26%が説明できる結果となった。

3-2-5. 腕尺関節裂隙間距離の変化消失時期の検討

裂隙間距離と月齢に関して、NP群、P群、NDA群の3群全てで有意な近似曲線を示した。各群における腕尺関節裂隙間距離と月齢に関する回帰式はNP群 ($y = 2E-4x^2 - 0.0922x + 9.5266$, $r = 0.57$, $p < 0.001$)、P群 ($y = 8E-5x^2 - 0.0362x + 4.3481$, $r = 0.49$, $p < 0.001$)、NDA群 ($y = 7E-5x^2 - 0.0297x + 3.5579$, $r = 0.37$, $p < 0.001$)であった(図3-3)。

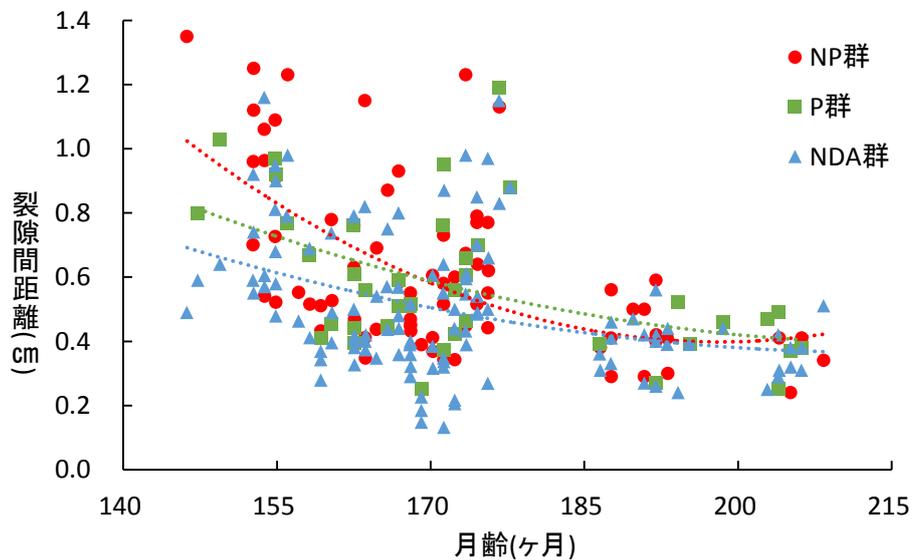


図3-3. 各群における腕尺関節裂隙間距離と月齢の関係

3-4. 考察

3-4-1. 既往の有無による違いと非投球側の裂隙間距離の比較

NP群はNDA群と比較し裂隙間距離が有意に大きかった。DAの肘関節には投球フェーズ中のLate cocking期からAcceleration期に64Nmの外反トルクが加わる（Fleisigら，1995）。このことから、投球時に繰り返される外反トルクが腕尺関節に牽引ストレスを与え、腕尺関節裂隙間距離はNDA群よりNP群で開大したと考えられる。佐々木ら（2003）は大学生野球選手において裂隙間距離はNDAと比べて、DAで有意に増大すると報告しており、本研究の結果は先行研究を支持する結果となった。また、原田ら（2010）の超音波法を用いて高校生野球選手を対象とした報告では、裂隙間距離はDAとNDAを比較したときNDAよりDAで0.7mm開大していたと報告している。

また、今回の結果ではP群とNP群の腕尺関節裂隙間距離に有意な差はなかった。Bruceら（2014）はX線下ストレス撮影で、既往のある選手の裂隙間距離は既往のない選手より有意に大きいと報告している。しかし、本研究で聴取した既往歴は質問紙を用いて選手本人から障害の既往を聴取しているため、障害発生時の痛みの程度について考慮することができなかった。そのため、障害の程度が低い対象者もP群に属した可能性があり、P群の裂隙間距離は腕尺関節の弛緩性に変化を与える程の靭帯不全を有していなかった可能性がある。また、渡邊ら（2010）は前腕屈筋群の筋タイトネスは、投球数の増加とともに亢進し、障害の既往のあるものは既往のないものと比べて、前腕の筋タイトネスが増大すると報告している。よって、本研究のP群では障害の既往と肘関節のオーバーユースが、前腕屈筋群のタイトネス亢進に影響し、腕尺関節の弛緩性の低下が引き起こされたことで、NP群との裂隙間距離の間に有意な差はみられなかった。

た可能性がある」と推察した。また、本研究の対象者は中学生から高校生と比較的若い対象者群であった。そのため、先行研究の集団と比較すると競技歴も短く、肘関節に加わるストレスも小さい。さらに、肘関節の内側の弛緩性に影響を及ぼすほどの疼痛や重症度ではなかったことが、P群とNP群の腕尺関節裂隙間距離に差を生じさせなかったと推察した。

発育期に発生する骨端線裂離、また成長期後に多く発生するUCL損傷は腕尺関節の安定性の破綻へとつながる。今回の横断研究では裂隙間距離と障害発生との関係は見いだせなかったものの、縦断的に裂隙間距離の調査を行うことで、障害の早期発見に寄与することが示唆される。縦断研究を行うことで、より詳細なベースラインとして示すことが可能となり、成長曲線のように裂隙間距離の値が2SDを超えた場合、外れ値として障害発生の危険性を提言することができると思われる。

3-4-2. 成長期野球選手の腕尺関節裂隙間距離に影響を与える因子の検討

本研究では、成長期野球選手の腕尺関節裂隙間距離に影響を与える因子は月齢であった。肘関節内側の弛緩性に関与するものとして尺骨、上腕骨からなる骨性の支持、UCLを含んだ靭帯による支持、前腕屈筋群、回内筋群などの筋による支持が挙げられる。これらは先天性なものとして関節弛緩性には変化を与えないものとされてきた（鳥居，2010）。しかし、発育に伴う前腕のタイトネスは関節弛緩性に影響を与える。木谷ら（2013）は中学1-3年の間で関節弛緩性は変化すると報告していることから、本研究の結果は木谷ら（2013）の報告と同様の時期を対象としているため、腕尺関節の弛緩性を示す腕尺関節裂隙間距離は発育に伴う身体のタイトネスによる影響で変化したと考えられた。

また、3群全ての腕尺関節裂隙間距離と月齢の関係のプロットは170ヶ月付近を境にほぼ一定となった。これから、本研究の結果と前腕の発育に関する先行研究を総合的に考察する。前腕の骨長増加はDAでPHVA-14.3ヶ月、NDAでPHVA-17.9ヶ月にピークを迎える（野間，2008）とされ、その後157.7ヶ月でPHVAを迎える（村田ら，2012）。本研究で示した裂隙間距離の変化消失時期は170ヶ月付近であり、前腕の骨端線閉鎖時期である168-204ヶ月である（Ogden，1982）ことから、発育に伴う身体の変化が起こる順序は前腕の骨長増加からPHVを迎え裂隙間距離の変化が消失し、前腕の骨端線閉鎖することが分かる。よって、裂隙間距離の変化は骨超増加に伴って小さくなり、前腕の骨端線閉鎖とともに変化は消失することが明らかとなった。

荷重関節である肘関節の腕尺関節裂隙間距離の変化は、骨育のピーク年齢を過ぎた後、投球動作などのストレスが加わらなければ、腕尺関節

裂隙間距離はほぼ一定となり変化は小さくなると考えられる。

しかしながら、本研究では横断的に腕尺関節裂隙間距離を検討したものであり、裂隙間距離の変化消失時期の検討の解釈には注意を要する。今後は腕尺関節裂隙間距離と弛緩性の変化を縦断的に明らかにし、大規模な調査を行う必要があると考える。

第 4 章 総合考察

本論文では、腕尺関節裂隙間距離の変化に影響を与える要因として、研究 1 で発育が腕尺関節の裂隙間距離に与える影響の検討を行い、研究 2 でオーバーヘッド競技継続が腕尺関節の裂隙間距離に与える影響を検討した。研究 1 では、非オーバーヘッドスポーツ選手の腕尺関節裂隙間距離を検討することで、腕尺関節裂隙間距離の基礎データとして肘関節障害予防に関する基礎資料の作成の一助となった。研究 2 では、成長期野球選手における腕尺関節の弛緩性の変化に関与する要因を明らかにした。

研究 1 では、非オーバーヘッドスポーツ選手の小学生、中学生、高校生、大学生を対象に腕尺関節裂隙間距離の各学校区分間での比較と DA、NDA で比較検討した。腕尺関節裂隙間距離は月齢との間に負の相関関係があり、発育とともに裂隙間距離は狭くなった。そしてその変化は高校生以降で消失した。また、DA、NDA の裂隙間距離の差は中学生以降で生じた。

研究 2 では、中学生および高校生野球選手の NP 群、P 群、NDA 群それぞれの腕尺関節裂隙間距離の違いとその変化に関して比較検討した。NP 群は NDA 群と比較して裂隙間距離が大きかった。これは、投球動作の繰り返しにより、肘関節に外反ストレスが加わった結果であると考えられた。また、P 群と NP 群で裂隙間距離に差がなかったことに対して、肘関節の障害の既往とオーバーユースが、前腕屈筋群のタイトネス亢進に影響し、腕尺関節の弛緩性の低下が引き起こされた可能性と、発育に伴う前腕のタイトネスによって裂隙間距離が狭まった可能性がある。また、本研究では調査紙を用いた既往の聴取であったため、痛みの程度やリトルリーガー肘の重症度に関して言及に至らなかった。そのため、程度の

小さい肘関節の痛みを訴えた対象者も P 群に含まれて可能性がある。

また、成長期野球選手の裂隙間距離に影響を与える因子は月齢であった。発育に伴って裂隙間距離が狭くなる理由として、発育に伴う前腕のタイトネスが影響する可能性がある。また、2 次回帰曲線を示した裂隙間距離と月齢のプロットは 170 ヶ月付近を境にほぼ一定となり、骨育のピーク年齢や骨端線の閉鎖の時期に裂隙間距離の変化は消失することが明らかとなった。

以上の本研究から得られた結果と、本研究では抽出することができなかった腕尺関節裂隙間距離と肘関節障害の発生との関係についてさらに考察していく。

非オーバーヘッドスポーツ選手群と野球選手群ともに裂隙間距離は月齢と関連があり、すべてをプロットして回帰曲線を当てはめると、どの群も発育に伴って裂隙間距離は狭くなっていくことが示される。しかし、NP 群と P 群の 2 群のプロットに変化があることが確認できる。野球選手群は非オーバーヘッドスポーツ選手群と比較してプロットが高い位置にある。この変化は投球動作中の肘関節への外反ストレスによると考えた。また、これらの影響に加え、リトルリーガー肘などの骨端線離開や UCL の損傷、肘関節内側不安定症で裂隙間距離が大きくなると推察した。

本研究の結果は、肘関節障害の予防に関する基礎資料となり、成長期における腕尺関節の弛緩性の変化を示した。先行研究の多くはオーバーヘッドスポーツ選手の腕尺関節の弛緩性を評価したものであり、非オーバーヘッドスポーツ選手を対象としなかった。本研究の示す非オーバーヘッドスポーツ選手の腕尺関節の弛緩性の変化は、発育による通常な変化であり、オーバーヘッドスポーツ選手のような肘関節に大きな負荷のかかるスポーツを行っている成長期の児童との比較に有用である。

しかし、本研究の横断研究では、縦断的に裂隙間距離の変化を捉えていないため、裂隙間距離が開大している選手の評価には注意を要する。裂隙間距離に影響を与えるものとして考えられる要因の1つに全身関節弛緩性が挙げられる。全身関節弛緩性の点数が高いものは、本研究で示した裂隙間距離と月齢の関係のプロットとは違った結果を示す可能性があり、個人内の関節弛緩性を考慮した検討を行う必要がある。

[補 足 資 料]

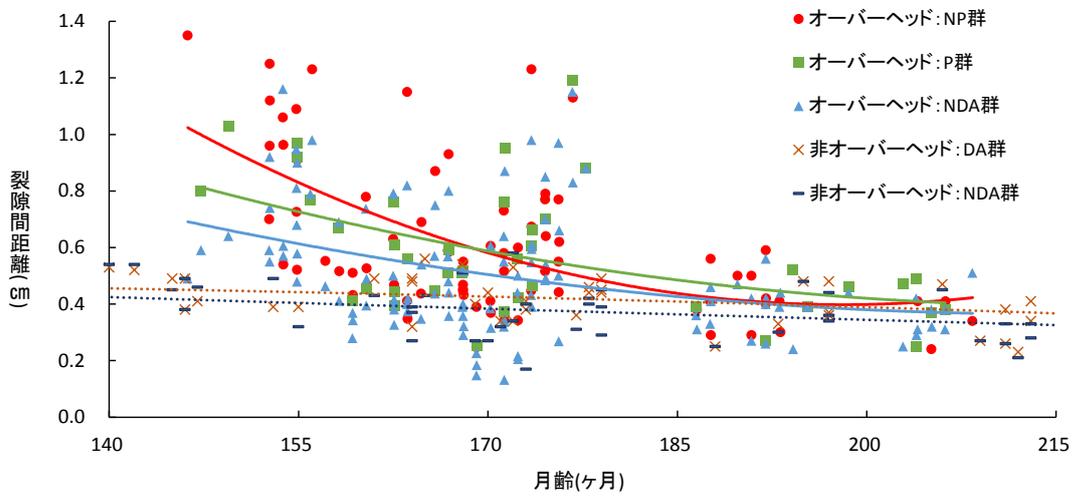


図 a. 非オーバーヘッドスポーツ選手群と野球選手群における腕尺関節
裂隙間距離と月齢の関係

表 a. 腕尺関節裂隙間距離の本研究と先行研究の比較

| 報告者 | 対象者 | 年代 | stress device | 撮像方法 | 肘関節位 | 裂隙間距離 (cm) | |
|--------------------|-----------------------------|------------------------|---------------------|------|-------|------------|-----------|
| | | | | | | DA | NDA |
| 本研究 | 中・高校生野球選手 | NP群 P群 | gravity stress | 超音波 | 屈曲90° | 0.61±0.27 | 0.51±0.21 |
| | 小-大学生 非オーバーヘッド スポーツ選手 | 14.3±1.3(range 12-17)歳 | | | | 0.58±0.22 | 0.39±0.09 |
| 佐々木ら(2003) | 大学生野球選手 | 21.7(range 19-27)歳 | gravity stress | 超音波 | 屈曲90° | 0.26±0.11 | 0.15±0.09 |
| Ciccottiら(2014) | マイナーリーガー | 22.8(range 17-34)歳 | Telos device (150N) | 超音波 | 屈曲30° | 0.46±0.11 | 0.37±0.10 |
| Ellenbeckerら(1998) | プロ選手 | 21.7±2.8歳 | Telos device (150N) | X線 | 屈曲25° | 0.35±0.06 | 0.36±0.60 |
| Bruceら(2014) | 野球選手 | 20.3(range 13-37)歳 | Telos device (150N) | X線 | 屈曲30° | 0.50±0.09 | 0.46±0.08 |

第 5 章 結論

非オーバーヘッドスポーツ選手の腕尺関節裂隙間距離は、発育とともに狭くなる。また、裂隙間距離の変化は高校生以降で消失する。利き手側、非利き手側の裂隙間距離の差は中学生以降で見られる。

痛みなし群は非投球側群と比較して裂隙間距離が有意に大きくなる。また、裂隙間距離に影響を与える因子は月齢であり、発育に伴って裂隙間距離が狭くなる。裂隙間距離と月齢の関係は 170 ヶ月付近を境にほぼ一定となり、骨育のピーク年齢に類似していることから、骨端線の閉鎖とともに裂隙間距離の変化は消失する。

引用文献

- Ahmad.CS, Lee.TQ and ElAttrache.NS. Biomechanical evaluation of a new ulnar collateral ligament reconstruction technique with interference screw fixation. 31(3),332-337: Am J Sports Med, 2003.
- Bruce.JR, et al. How much valgus instability can be expected with ulnar collateral ligament (UCL) injuries? A review of 273 baseball players with UCL injuries. 23(10),1521-1526: J Shoulder Elbow Surg, 2014.
- Callaway.GH, et al. Biomechanical Evaluation of the Medial Collateral Ligament of the Elbow. 79(8),1223-31: J Bone Joint Surg Am, 1997.
- Ciccotti.MC, et al. Stress ultrasound evaluation of medial elbow instability in a cadaveric model. 42(10),2463-9: Am J Sports Med, 2014.
- Conway.JE, et al. Medial instability of the elbow in throwing athletes. Treatment by repair or reconstruction of the ulnar collateral ligament. 74(1),67-83: J Bone Joint Surg Am, 1992.
- Csukás.A, Takai.S and Baran.S. Adolescent growth in main somatometric traits of Japanese boys: Ogi Longitudinal Growth Study. 57(1):73-86: Journal of Comparative Human Biology, 2006.
- Dey.S, et al. Carrying angle of the Elbow: It's Changes From Childhood to Adulthood :. 8(2),823-830: Indian Journal of Basic & Applied Medical Research, 2013.

- Ellenbecker.TS, et al. Medial Elbow Joint Laxity in Professional Baseball Pitchers A Bilateral Comparison Using Stress Radiography. 26(3),420-4: Am J Sports Med, 1998.
- Fleisig.GS, et al. Kinetics of baseball pitching with implications about injury mechanisms. 23(2),233-239: Am J Sports Med, 1995.
- Glousman.RE, et al. An electromyographic analysis of the elbow in normal and injured pitchers with medial collateral ligament insufficiency. 20(3),311-7: Am J Sports Med, 1992.
- Hang.DW, Chao.CM and Hang.YS. A clinical and roentgenographic study of Little League elbow. 32(1),79-84: Am J Sports Med, 2004.
- Harada.M, et al. Assessment of medial elbow laxity by gravity stress radiography: comparison of valgus stress radiography with gravity and a Telos stress device. 23(4),561-566: J Shoulder Elbow Surg, 2014.
- Johns.RJ and Wright.V. Relative importance of various tissues in joint stiffness. 17(5),824-828: Journal of Applied Physiology, 1962.
- Krahl.H, et al. Stimulation of bone growth through sports. A radiologic investigation of the upper extremities in professional tennis players. 22(6),751-757: Am J Sports Med, 1994.
- Landis.JR and Koch.GG. The measurement of observer agreement for categorical data. 33(1),159-174: Biometrics, 1977.

- Mejor League Baseball. "PITCH SMART." 2014.
<<http://m.mlb.com/pitchsmart/>>.
- Nazarian.LN, et al. Dynamic US of the anterior band of the ulnar collateral ligament of the elbow in asymptomatic major league baseball pitchers. 227(1):149-54: Radiology, 2003.
- Ogden.JA. Skeletal Injury in the Child. Lea & Febiger, Philadelphia, 41-58, 1982.
- Rauch.F, et al. The 'muscle-bone unit' during the pubertal growth spurt. 34(5),771-775: Bone, 2004.
- Sabick.MB, Torry.MR, Lawton.RL, Hawkins.RJ. Valgus torque in youth baseball pitchers: A biomechanical study. 13(3),349-355: J Shoulder Elbow Surg, 2004.
- Singh.H, et al. Valgus laxity of the ulnar collateral ligament of the elbow in collegiate athletes. 29(5),558-561: Am J Sports Med, 2001.
- Terra.B, et al. Evolution of the carrying angle of the elbow: a clinical and radiographic study. 19(2): Acta ortop. bras, 2011.
- Tükenmez.M, et al. Measurement of the carrying angle of the elbow in 2,000 children at ages six and fourteen years. 38(4),274-6: Acta Orthop Traumatol Turc, 2004.
- Udall.JH, et al. Effects of flexor-pronator muscle loading on valgus stability of the elbow with an intact, stretched, and resected medial ulnar collateral ligament. 18(5),773-8: J Shoulder Elbow Surg, 2009.
- 岡本海斗 , 鳥居俊 . 中学生男子サッカー選手における膝アライメント

- の縦断的研究. 20(1),15-21: 日本成長学会雑誌, 2014.
- 柿沼忍, ほか. 中学生硬式野球(シニアリーグ)選手を対象としたメディカルチェック. 15(1),75-77: 臨床スポーツ医学, 1998.
- 原田幹生, ほか. 高校野球選手の肘障害. 18(3),442-447: 日本臨床スポーツ医学会誌, 2010.
- 戸島美智生, 鳥居俊. Osgood-Schlatter病発症者と非発症者との間で骨長増加に対する筋タイトネス変化が異なる. 19(3),473-479: 日本臨床スポーツ医学会誌, 2011.
- 佐々木淳也, ほか. 大学野球選手の肘関節尺側側副靭帯の超音波検査. 15(2),146-153: 東日本整形災害外科学会雑誌, 2003.
- 小山智士, ほか. 成長期における野球肘の疫学調査と上腕骨内側上顆骨化核下端障害の治療経験. 22(3),456-462: 日本臨床スポーツ医学会誌, 2014.
- 小松智, ほか. 野球競技者における成長期野球肘内側上顆下端障害の追跡調査. 21(1),57-61: 日本臨床スポーツ医学会誌, 2013.
- 森原徹, ほか. 京都府高等学校硬式野球選手に対する傷害予防の取り組み～京都大会サポートについて～. 21(1),176-186: 日本臨床スポーツ医学会誌, 2013.
- 須田立雄, ほか. 新骨の科学. 医歯薬出版,p330, 2007.
- 全国中学校体育連盟. “平成26年度加盟予調査集計.” 2014.
<<http://www18.ocn.ne.jp/~njpa/kamei.html>>.
- 村田祐樹, ほか. 中学生サッカー選手における下肢の発育発達変化-各部位の発育発達変化の違いに着目して-. 57,10-19: 発育発達研究, 2012.
- 大倉俊之, ほか. 宮崎県高校野球選手に対する傷害調査. 52(2),287-289:

- 整形外科と災害外科, 2003.
- 中村利孝, ほか. 標準整形外科学. p897: 医学書院, 2008.
- 鳥居俊. 関節弛緩性は成長により変化するか? 16(1),5-9: 日本成長学会雑誌, 2010.
- 日本人健康男児の膝関節軟骨厚の発育変化に関する横断的検討. 22(2),513-516: 日本小児整形外科学会誌, 2013.
- 渡邊裕之, ほか. 少年野球投手の肘関節投球障害発生状況と投球数ならびに身体機能との関係. 18(1),45-51: 日本臨床スポーツ医学会誌, 2010.
- 日本高等学校野球連盟. “部員数統計.” 2014.
<http://www.jhbf.or.jp/data/statistical/index_koushiki.html>.
- 日本中学硬式野球協議会. “中学生投手の投球制限に関する統一ガイドラインの制定.” 2014.
<http://www.jaba.or.jp/topics/2014/pdf/s_tokyu_g.pdf>.
- 日本臨床スポーツ医学会. “青少年の野球障害に対する提言.” 1995.
- 武田芳嗣, 前田徹, 藤井幸治. 野球選手の上腕骨後捻角増大はいつ生じるか. 28(2),325-328: 肩関節, 2004.
- 文部科学省. “平成25年度学校保健統計調査.” 2014.
<http://www.mext.go.jp/b_menu/toukei/chousa05/hoken/kekka/k_detail/1345146.htm>.
- 木谷健太郎, ほか. 関節弛緩性は成長期に変化するか: 中学生男子サッカー選手における縦断的検討. 19(1),54-58: 日本成長学会雑誌, 2013.
- 野間健佑. 成長期に多発する橈骨遠位端部骨折に関連する因子の検討. 早稲田大学修士論文, 2008.

謝辞

本論文作成にあたり不出来な私に数多くのご助言をいただき、熱心にご指導いただいた鳥居俊准教授、ご多忙の中副査をご快諾いただきました金岡恒治先生、広瀬統一先生に厚く御礼申し上げます。

研究活動および執筆活動において戸島美智生助手には親身に相談に乗っていただきました。また、前助手の帝京科学大学岩沼聡一朗助教授には研究のいろはを知らずに入学した私にデータの扱い方からご指導いただきました。心より感謝申し上げます。

また、被験者として協力いただいた地域中学生野球クラブチームの選手、指導者、並びに保護者の皆様に深く感謝しております。

そして、内部進学ではない私を温かく迎え入れてくださった、飯塚さん、大伴さん、大槻（旧姓：清水）さん、岡本さん、木谷さん、板橋さん、後藤さんには言葉に表せないほど感謝しております。特に、大伴さんは大変お忙しい中、本論文の指導もしていただきました。深く感謝申し上げます。

さらに、村本さん、佐伯さん、竹林くん、松野くん、大曾根さんは大学院での2年間をともに過ごし、たくさんの思い出を共有してくれました。また、鳥居研究室・鳥居ゼミの後輩のみんなとも楽しい時間を過ごすことができました。皆さんには多くの迷惑をかけましたが、温かい目で見守ってくれたことに、ただただ感謝の気持ちでいっぱいです。私がかこまでやってこられたのはみなさんのサポートのお陰です。本当に感謝しています。

最後に、私の進む道全てを応援し、手助けしてくれた両親に厚く御礼申し上げます。