

2018 年度

博士学位論文

ボディイメージを利用した肩関節位置覚測定法の有用性

**The utility of a body schema-based method for measuring
shoulder joint position sense**

中部大学大学院

生命健康科学研究科 生命医科学専攻

矢澤 浩成

目 次

ページ

論文要旨	3
第 1 章 緒言	
1.1 関節位置覚について	5
1.2 関節位置覚の測定方法	8
1.3 肩関節の構造と機能	10
1.4 関節位置覚機能不全と運動器疾患との関係	12
1.5 ボディイメージを用いた関節位置覚測定について	14
1.6 研究の目的	16
第 2 章 方法	
2.1 対象	17
2.2 方法	
2.2.1 測定手順	19
2.2.2 イメージ法による JPS 測定方法	22
2.2.3 再現法による JPS 測定方法	23
2.2.4 模倣法による JPS 測定方法	24
2.3 測定項目	25
2.4 分析方法	27
第 3 章 結果	
3.1 対象者属性：肩関節 JPS の左右差および男女差	28
3.2 測定方法の違いによる肩関節 JPS 測定値の比較	31
3.3 年齢の違いによるか肩関節 JPS 測定値の比較	35
第 4 章 考察	
4.1 測定方法の違いによる肩関節 JPS について	37
4.2 年齢の違いによる肩関節 JPS について	41
4.3 研究の限界と展望	43
第 5 章 結語	44
参考・引用文献	45
謝辞	52

論文要旨

本研究の目的は、我々が考案したボディイメージを利用した肩関節位置覚測定法（以下、イメージ法）と従来の方法を比較することでイメージ法の有用性を検証し、さらにイメージ法を用いて年齢による肩関節位置覚の変化について検討することとした。

対象は肩関節に明らかな既往のない大学生 40 名、高齢者 19 名、小学生 16 名の 3 群とした。測定は端座位における肩関節自動外転運動にて行った。位置覚測定のための目標角度は外転 45° (target45) と外転 90° (target90) とした。角度計測は対象者の肩関節をデジタルカメラで撮影し、画像解析ソフトにて行った。イメージ法は口頭指示のみで目標角度を指示する方法で行った。測定はイメージ法のほかに再現法と模倣法にて行い、肩関節外転角度 (ABD) と絶対誤差 (AE)、変動誤差 (VE) を算出した。統計分析は 3 種類の測定法と、対象 3 群の ABD、AE、VE についてそれぞれ行い、有意水準は 5% とした。

分析の結果 3 種類の測定法の比較について、ABD は target45 のイメージ法

と再現法、模倣法との間に有意差を認めたが、target90 では有意差を認めなかった。また VE は target90 において 3 種類の測定法で有意差を認めなかった。

年齢の異なる 3 群の比較について、ABD は大学生と高齢者の間に有意差が認められ、VE は小学生と大学生、高齢者に有意差を認めた。

イメージ法はボディイメージと固有感覚を評価できる有用な測定法であることが示唆され、さらにイメージ法を用いた肩関節位置覚測定によって肩関節の位置覚は加齢変化や発達など年齢による影響を受けることが明らかとなった。

第1章 緒言

1.1 関節位置覚について

感覚とは音、光、物理的刺激などがそれぞれに対応する感覚受容器に入力されて発信される情報のことである。特に感覚受容器から大脳皮質の第一次感覚中枢に至る過程のことで、単純に刺激を受け入れることを指す。知覚とは大脳皮質感覚野の第一次中枢から第二次中枢への連結過程であり、刺激の強さ、質の鑑別等を意識するとされている。一般にこの2つを感覚と呼んでいる¹⁾。

感覚は大きく以下の3種類に分類される。

特殊感覚：味覚、視覚、聴覚、嗅覚、平衡感覚があり、脳神経が関与する。

内臓感覚：腹痛や空腹感などの内臓器の感覚である。

体性感覚：皮膚や筋、関節包などに存在する感覚受容器で感知する感覚である。

体性感覚はさらに以下の3種類に分類される。

表在感覚：触覚、痛覚、温度覚

深部感覚：関節位置覚、運動覚、振動覚

複合感覚：2点識別覚、皮膚書字覚、立体認知覚

深部感覚とは固有感覚受容器から入力される求心性情報のことであり、関節位置覚はこの深部感覚に分類されている²⁾。関節位置覚 (Joint Position Sense : 以下、JPS) は視覚などの手がかりなしに、身体各部位の相対的位置を知覚する感覚と定義されている³⁾。関節周囲には関節の力学的変形を検出して、神経系伝達信号に変換する固有感覚受容器 (メカノレセプター) が存在し⁴⁾、関節、関節包、靱帯、筋、腱に存在するメカノレセプターからの情報が中枢神経に入力されることで関節位置覚が認識される⁵⁾。運動覚と JPS は厳密に区別する必要はないとの記述もある⁶⁾ が、実際の測定において、運動覚は運動の方向を知覚するもの、一方の位置覚は関節がどの位置にあるのかを知覚するもの、と区別して行われることが多い。

自らの筋収縮を力源として関節運動を行うことを自動運動、筋収縮ではなく他の力源により関節運動が起こることを他動運動という。一般的に、自動運動における JPS は筋紡錘、他動運動における JPS にはゴルジ腱器官が大きな役割を

担っている⁷⁾。JPS は姿勢保持や身体運動を制御するための情報源であり、四肢・体幹がどの方向にどの程度動いている（位置している）のかを知覚することは身体の運動制御のために重要である。理学療法とは身体に障害のある者に対し、主としてその基本的動作能力の回復を図るため、治療体操その他の運動を行わせ、及び電気療法、マッサージ、温熱その他の物理的手段を加えることをいう。理学療法を行うにあたり JPS の評価は重要であり、さらに理学療法の治療効果の証明にも役立つと報告されている⁸⁾。

1.2 関節位置覚の測定方法

JPS 測定に用いられる運動については、他動運動で行う場合と自動運動で行う場合がある。他動運動の測定では、靱帯や関節包などへの伸張刺激によって起こる固有感覚受容器の活性が確認でき、自動運動の測定では、主に筋紡錘の活性について確認することができると報告されている^{7) 12)}。従って自動運動と他動運動を用いての JPS の測定値は異なり、必要性に応じて自動運動か他動運動かを選択しなければならない。臨床的には、自動運動による JPS の機能不全により対象者の動作や日常生活に障害を及ぼすことが多いと考えられるため、自動運動での測定が有用であると考えられる。

臨床現場において一般的に JPS 測定には 2 つの方法が用いられている。

1 つ目の測定方法は、他動運動により指示された目標とする関節位置を記憶し、一旦開始肢位まで戻した後に目標とする関節位置を再現する方法（以下、再現法）⁹⁾である。この方法は目標値と実際の測定値との誤差を測定することで簡単に評価が可能である。一方、問題点としては目標値をいったん記憶し、再現す

るための記憶能力が測定値に影響することが報告¹⁰⁾されている。また目標値設定および記憶する場合に、正確な位置を保持し続けることが困難な場合が多い。特に臨床現場においては、位置を規定する場合には角度計を用いることが多く、正確な目標位置を指定することが難しいことを実感する。

2 つ目の測定方法は、測定肢を目標とする関節位置で保持し、その関節位置を反対肢（非測定肢）にて模倣する方法（以下、模倣法）¹¹⁾である。この方法は、測定肢は他動運動にて目標位置まで検査者が誘導し、非測定肢の自動運動にて目標位置を模倣するため、測定肢の円滑な運動が困難な中枢神経障害の対象者に用いることができる。一方で問題点としては、測定肢と非測定肢において一般的な方法で行う場合、左右を比較して得られた誤差は左右どちらの問題であるのかを判断することが困難である。

以上のように、臨床で用いる場合には再現法と模倣法は対象疾患や測定部位などに応じて選択されるべきである。

1.3 肩関節の構造と機能

肩を構成する骨は肩甲骨、上腕骨、鎖骨、胸郭（胸骨と肋骨）である。肩は複合関節であり、これらの骨どうしが関節を形成して機能する。肩の関節は滑膜から続く関節包にとり囲まれた解剖学的関節と、骨と骨の位置関係により関節としてみなすことのできる機能的関節に大別される。解剖学的関節には肩甲上腕関節、肩鎖関節、胸鎖関節が含まれ、機能的関節には肩甲胸郭関節と第 2 肩関節が含まれる⁴⁶⁾。一般的に、肩関節といえば肩甲上腕関節を指すことが多いが、肩甲上腕関節と肩甲胸郭関節を合わせて肩関節と表現することもある。また肩といえは上記 5 つの関節で構成された複合関節として捉えられるが、運動学的には肩甲帯と表現する。

今回の研究においては肩甲上腕関節（肩関節）を対象とする。肩甲上腕関節は大きな可動域を有する球関節であり、骨による安定性は乏しい。そのため靱帯、関節包、関節唇などの静的安定化機構と関節周囲筋を中心とした動的安定化機構が機能して安定性を保っている³⁷⁾。JPS は靱帯、関節包、筋紡錘に存在する

固有感覚受容器の情報により認識する感覚であるため、安定性の確保に対して

上記の軟部組織の貢献度が大きい肩関節は、他関節に比べ **JPS** の役割が大きい

関節である。

1.4 関節位置覚機能不全と運動器疾患との関係

JPS 機能不全の報告として、膝関節前十字靱帯損傷患者の膝関節 JPS が低下すること¹³⁾や変形性膝関節症患者¹⁴⁾の膝関節 JPS 機能不全が報告されている。

また筋が疲労した場合に JPS が低下するとの報告¹⁵⁾も散見される。

肩関節疾患と肩関節 JPS の関係について、腱板断裂肩や肩関節周囲炎の JPS は健側に比べ有意に低下することが報告されている^{16) 17)}。また肩関節不安定症における肩関節 JPS は有意に低下するが術後 5 年で回復するとの報告¹⁸⁾もある。さらに反復性肩関節脱臼患者を対象とした報告や、オーバーヘッドスポーツ選手を対象とした報告¹⁹⁾も散見される。

以上より JPS 機能不全と運動器疾患との関係は深く、また肩関節疾患と肩関節 JPS の関係も認められることから、肩関節 JPS の測定は臨床における肩関節の評価および治療に重要な測定項目であると考ええる。

一方で、JPS の加齢変化については十分な報告を確認することができなかった。身体の発達に関して、成長期に筋量が増大することや骨端線が閉鎖するなど

各組織の発達過程は明らかとなっているが、JPS に関する発達過程についての報告は見当たらない。また加齢に伴う JPS の変化に関しても明らかになっていない。骨折・転倒は介護が必要となった主な原因の第 3 位であるとの報告があり²⁰⁾、ロコモティブシンдрームなどの運動器疾患の予防的介入が重要視されているが、JPS と加齢についての関係に関する報告は多くはない²¹⁾。

1.5 ボディイメージを用いた関節位置覚測定について

筆者は今回の研究において、従来の2つのJPS測定法と比較して簡便であり、さらに臨床応用が可能な方法を提案する。それは目標角度として、対象者のボディイメージを利用して行う測定法（以下、イメージ法）である。ボディイメージとは固有感覚や触圧覚などの多重感覚の統合によって形成され、身体の位置関係や環境との相互作用の中で存在するイメージの事であり²²⁾、身体図式、ボディスキーマとも呼ばれる。ボディイメージについては様々な解釈が行われているが、本研究においては、「空間に対する自己の身体位置（関節角度）のイメージ（形象）」として捉えることとした。

その手順は、対象者が口頭指示された関節角度を自らのボディイメージを参照し、自動運動にてその関節角度を再現してもらう。この方法により、従来行われている再現方法では記憶力が測定値に影響することや、模倣方法では測定肢の判断が困難であるという問題点が解決できるのではないかと考え、研究を行ってきた。イメージ法による具体的な測定方法は、第2章で述べることとする。

筆者は、まず第 6 回肩の運動機能研究会において、健常成人を対象にイメージ法による測定の再現性を検討し、ICC 0.86 と良好な結果が得られたことを報告した²³⁾。さらに、第 25 回東海北陸理学療法学術大会において、肩関節の屈曲と外転の 2 方向における JPS をイメージ法にて測定し、測定の妥当性について検討した結果、2 方向で有意な相関関係 ($r=0.79$) が認められたと報告した²⁴⁾。

さらに第 7 回肩の運動機能研究会においては、中学生野球選手を対象とし、イメージ法による肩関節 JPS を測定し、肩関節位置覚特性について報告した²⁵⁾。

以上の報告を踏まえて、イメージ法はある程度の信頼性および妥当性が得られていると考え、イメージ法は臨床現場で利用可能であることが示唆された。しかし、イメージ法の妥当性を十分に検証するためには、従来の再現法および模倣法と測定値などを比較、検討することが必要である。

1.6 研究の目的

我々は臨床現場で用いることができる肩関節 **JPS** 測定方法であるボディイメージを利用した肩関節における **JPS** 測定法（イメージ法）を考案した。そこでイメージ法の妥当性の検証のため、イメージ法と従来の再現法・模倣法との測定値を比較し、イメージ法の有用性や活用方法について検討することを研究の目的とした。さらに発達および加齢変化が **JPS** にどのように影響を及ぼすのかを明らかにするため、イメージ法を用いて年齢による肩関節 **JPS** の影響について検討することを目的とした。

第2章 方法

2.1 対象

本研究は3つの対象群に対して行った（表1）。

第1群は、現在明らかな肩関節の既往がなく、上肢を使ったスポーツ活動等を積極的に行っていない大学生40名（以下、青年群）とした。内訳は、男性22名、女性18名、全対象者20歳であった。

第2群は、現在肩関節に明らかな障害のない、高齢者19名（以下、高齢群）とした。内訳は、男性5名、女性14名、平均年齢 72.2 ± 5.4 歳であった。なお、肩関節障害の既往があった場合についても、現在明らかな筋力低下や可動域制限がない場合は対象者として参加してもらった。

第3群は、肩関節に明らかな既往のない、小学4年生16名（以下、少年群）とした。内訳は、男子15名、女子1名、平均年齢 9.3 ± 0.5 歳であった。測定に先立ち、対象者に利き手を聴取し、利き手側を測定肢とした。

本研究は中部大学倫理委員会の承諾を得て実施した。（承認番号；260116）。

対象者には研究目的、測定内容、研究参加によるリスク等について口頭および書面にて説明し、書面にて同意を得た。

表 1. 対象者数、男女比率、年齢

	人数（名）	男性／女性（名）	平均年齢（歳） (平均±標準偏差)
青年群	40	22／18	20.0±0.0
高齢群	19	5／14	72.2±5.4
少年群	16	15／1	9.3±0.5

2.2 方法

2.2.1 測定手順

測定は閉眼にて行った。測定姿勢は端座位とし、上肢は運動学的基本肢位である前腕中間位、肘関節伸展位とした。運動は前額面における肩関節外転運動とし、自動運動にて測定した。測定に先立ち、肩甲骨および体幹の代償運動が起こらないよう対象者に測定内容および運動方向を十分に説明した。

測定中に SONY 社製デジタルカメラにて肩関節を背面から撮影した。デジタルカメラの歪みの影響を最小限とするため、カメラの距離は対象から 3m 離れた位置とし、カメラの高さは対象者の肩関節の高さに合わせて、肩関節が画面中央に映るようにした。撮影ズームは最大広角に固定した²⁶⁾ (図 1)。

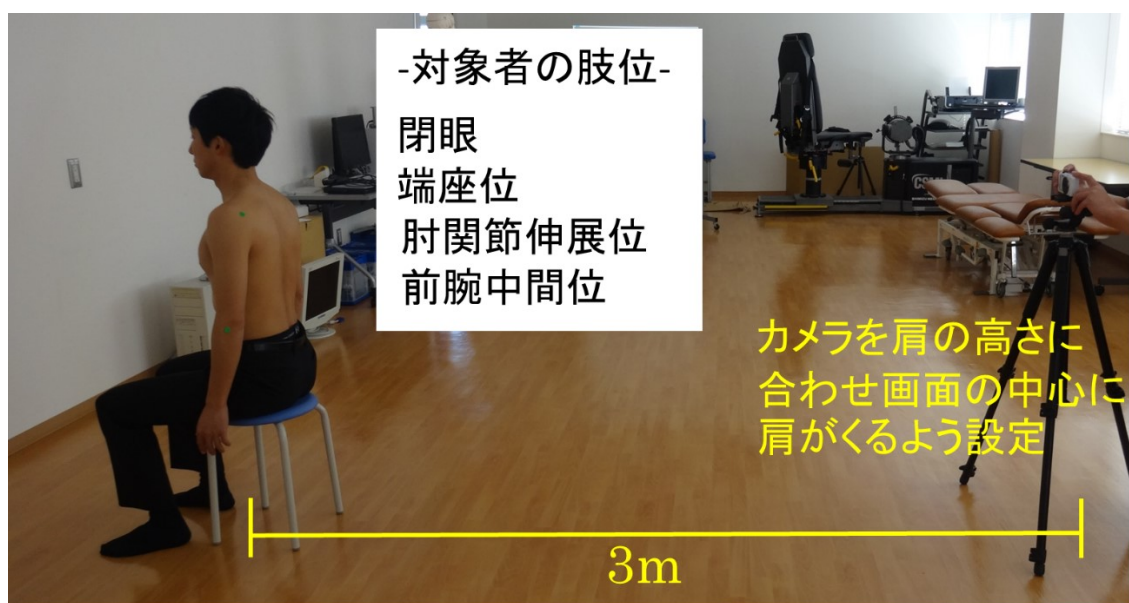


図 1. 測定肢位および測定基準

対象者の肩甲骨肩峰後面下端および上腕骨外側上顆にマーカを添付し、肩峰後面下端と外側上顆を結んだ線と、肩峰後面下端より下した垂線とのなす角度を肩関節外転角度とした（図 2）。角度の算出は画像解析ソフト Image J²⁷⁾を用い、デジタルカメラで撮影した画像より計測した。

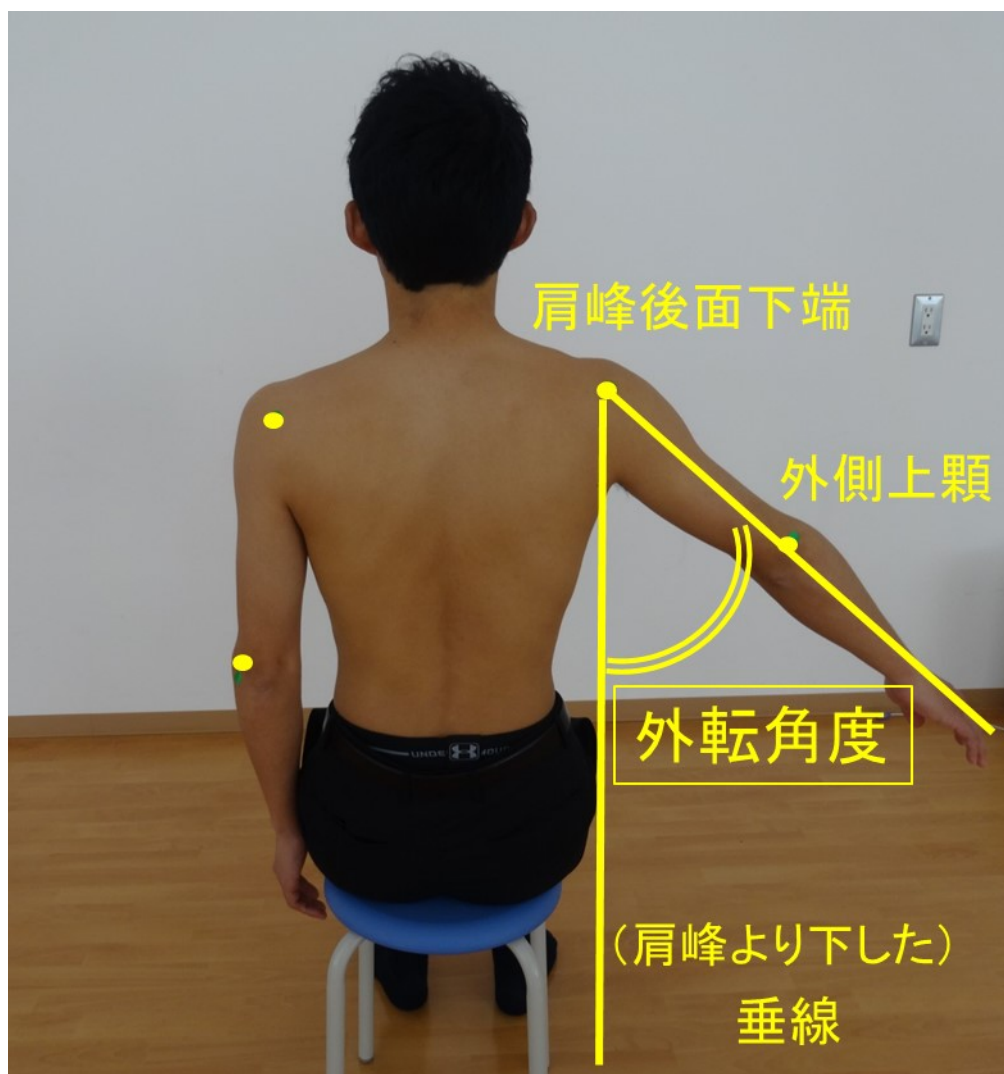


図 2. ランドマークの位置および測定角度

肩関節 JPS 測定方法は、我々が考案したイメージ法、および従来用いられている再現法と模倣法を用いた。以下に各測定法の手順を示す。

2.2.2 イメージ法による JPS 測定方法（図 3）

上肢下垂位を開始肢位とした。検者は目標とする位置を口頭で指示した。目標角度が肩関節外転 90° の場合は「腕が水平になり、肩の角度が 90° になるよう腕を挙げてください」と指示し、目標角度が肩関節外転 45° の場合は「腕が水平となった位置を肩の角度 90° として、その半分の位置になるように、



図 3. イメージ法の測定手順

腕を挙げてください」と指示した。対象者は指示された位置を自動運動にて表現し、その位置を 2 秒間保持した。保持した位置を背面よりデジタルカメラにて撮影した。同様の手順で 5 回測定し、測定間隔は 10 秒とした。

2.2.3 再現法による JPS 測定方法（図 4）

上肢下垂位を開始肢位とした。目標角度の記憶のため、最初に上肢を検者の最小限の介助にて目標角度まで誘導し、対象者はその位置を 5 秒間保持して上肢の位置を記憶した。目標角度の規定にはゴニオメーターを用いた。その後、開始肢位まで上肢を自己にて戻し、5 秒間の安静をとった。安静後、記憶した位置を再現するように指示し、再現した位置を 2 秒間保持した。保持した位置を背面よりデジタルカメラにて撮影した。同様の手順で 5 回測定し、測定間隔は 10 秒とした。学習効果への配慮から目標角度について口頭での指示は一切行わなかった。

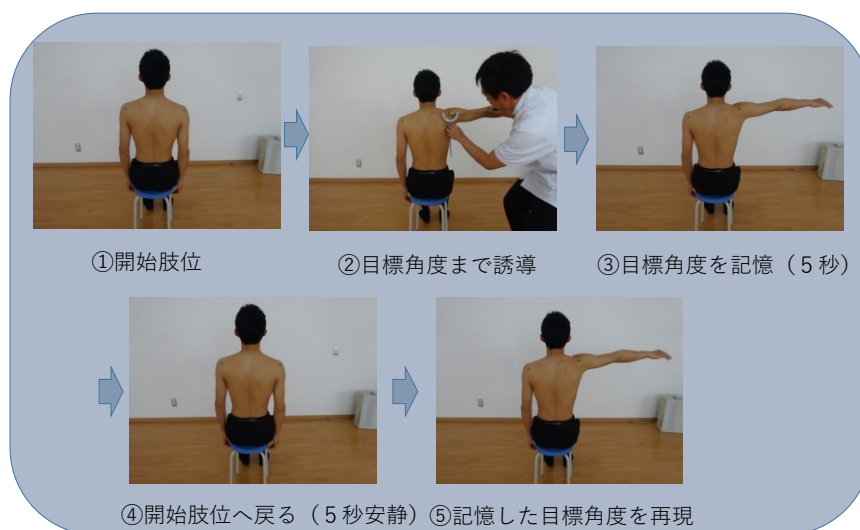


図 4. 再現法の測定手順

2.2.4 模倣法による JPS 測定方法（図 5）

上肢下垂位を開始肢位とした。最初に測定側上肢を検者の最小限の介助にて目標角度まで誘導し、その位置を 2 秒間保持した。目標角度の規定にはゴニオメーターを用いた。対象者は測定側上肢を保持したままの状態、検者は反対側上肢を測定側上肢と位置が同じになるよう指示した。反対側で目標角度を表現し、保持した位置を背面よりデジタルカメラにて撮影した。同様の手順で 5 回測定し、測定間隔は 10 秒とした。なお模倣法においては、反対側上肢の肩関節外転角度を測定値とした。



図 5. 模倣法の測定手順

2.3 測定項目

目標角度は肩関節外転 45° (以下、Target 45)と 90° (以下、Target 90)とした。青年群はイメージ法、再現法、模倣法の Target 45 と Target 90 の測定順序はランダムにした。高齢群と少年群についてはイメージ法の Target 90 のみを測定した。

各測定値について、まず表現された肩関節外転角度 5 回の平均値 mean of abduction (以下、ABD) を算出した。次に肩関節の JPS 評価を行うための誤差の指標として、絶対誤差 Absolute error (以下、AE) : 肩関節外転角度と目標角度の差の絶対値、変動誤差 Variable error (以下、VE) ^{13) 36)} : 肩関節外転角度 5 回の標準偏差、を算出した ¹³⁾。以下に ABD、AE、VE の算出方法を示す。

$$\text{ABD (mean of abduction)} = (x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5) / 5$$

x : n 回目の外転角度測定値

AE (Absolute error)

$$= (|X - x_1| + |X - x_2| + |X - x_3| + |X - x_4| + |X - x_5|) / 5$$

X : 目標外転角度 x : n 回目の外転角度測定値

VE (Variable error)

$$= \sqrt{(X - x_1)^2 + (X - x_2)^2 + (X - x_3)^2 + (X - x_4)^2 + (X - x_5)^2} / 5$$

X : 目標外転角度 x : n 回目の外転角度測定値

2.4 分析方法

統計分析は、まず各測定値について Shapiro-Wilk の検定により正規性を確認した。正規性が認められた青年群におけるイメージ法・再現法・模倣法の ABD について反復測定分散分析ならびに Bonfferoni 法による多重比較検定を行った。正規性が認められなかった AE と VE について Friedman 検定ならびに Wilcoxon 符号付順位和検定を行った。青年群、高齢群、少年群における ABD について ANOVA ならびに Bonfferoni 法による多重比較検定を行い、AE と VE について Kruskal-Wallis 検定ならびに Steel-Dwass 法による多重比較検定を行った。有意水準はそれぞれ 5%未満とした。総計処理ソフトは SPSS Statistics24 を使用した。

第3章 結果

3.1 対象者属性：肩関節 JPS の左右差および男女差

青年群の利き手は右 38 名、左 2 名であった。高齢群の利き手は右 19 名、左 0 名であった。少年群の利き手は右 14 名、左 2 名であった。

青年群について男女差を確認した。イメージ法による ABD について、Target 45 の男性は $57.9 \pm 7.6^\circ$ 、女性は 54.5 ± 9.7 であり、Target 90 の男性は $94.8 \pm 3.8^\circ$ 、女性は $94.0 \pm 6.4^\circ$ であった (図 6.7)。AE について、Target 45 の男性は $13.0 \pm 7.6^\circ$ 、女性は $10.3 \pm 8.8^\circ$ であり、Target 90 の男性は $5.3 \pm 3.1^\circ$ 、女性は $6.0 \pm 4.5^\circ$ であった (図 8)。VE について、Target 45 の男性は $3.4 \pm 1.8^\circ$ 、女性は $2.7 \pm 1.2^\circ$ であり、Target 90 の男性は $2.3 \pm 0.8^\circ$ 、女性は $2.2 \pm 1.2^\circ$ であった (図 9)。その他すべての測定値において男女における有意差は認められなかった。

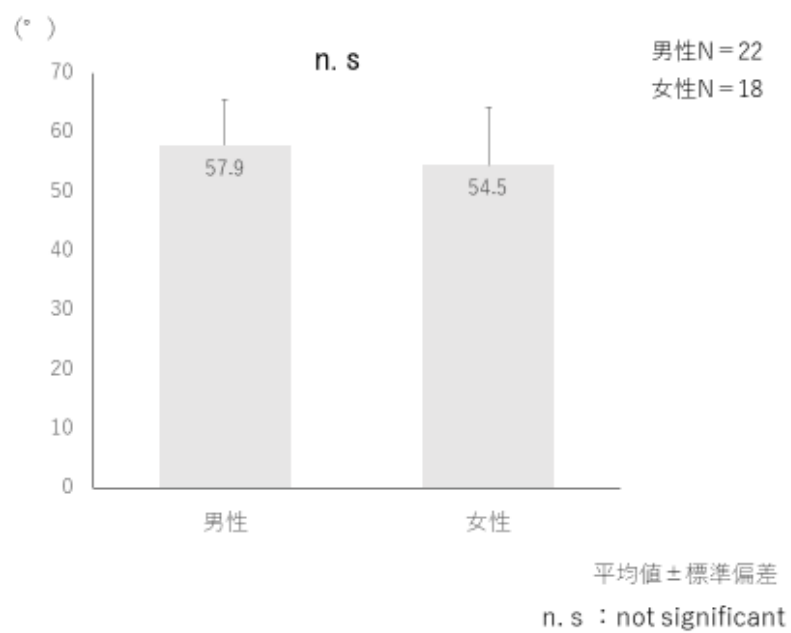


図 6. Target45 の ABD における男女の比較

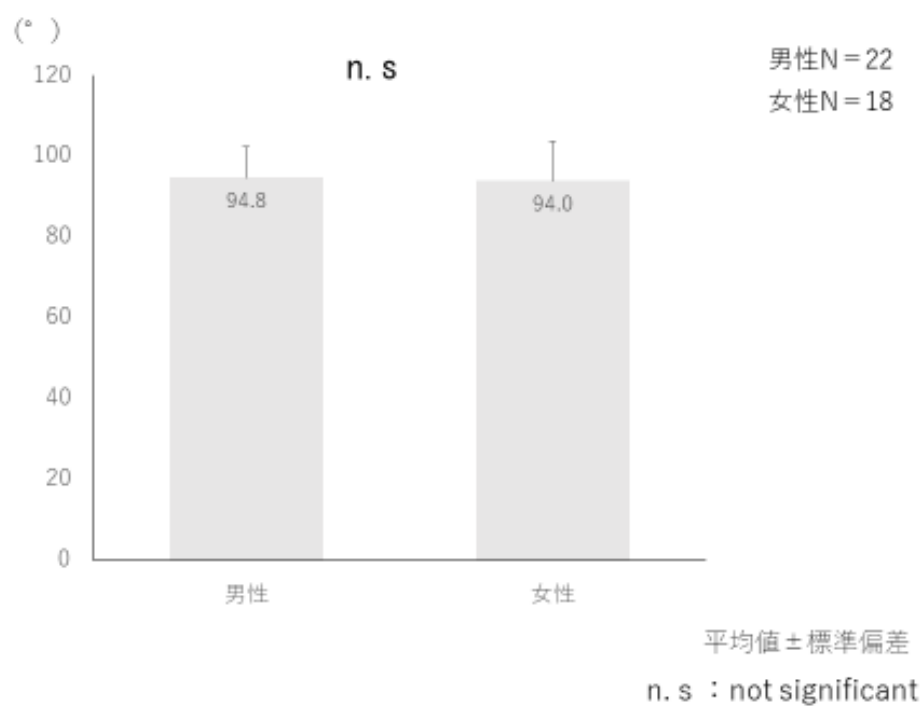


図 7. Target90 の ABD における男女の比較

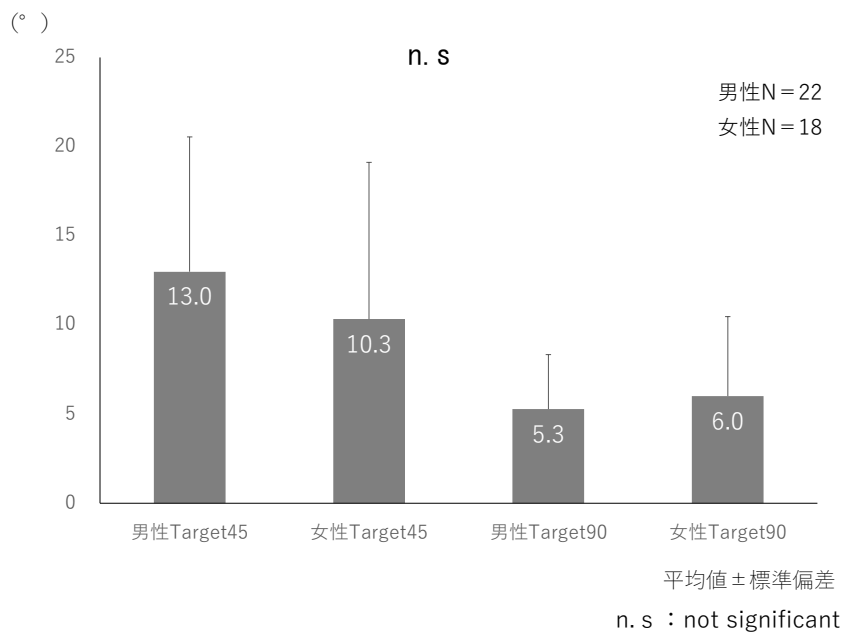


図 8. Target45 および Target 90 の AE における男女の比較

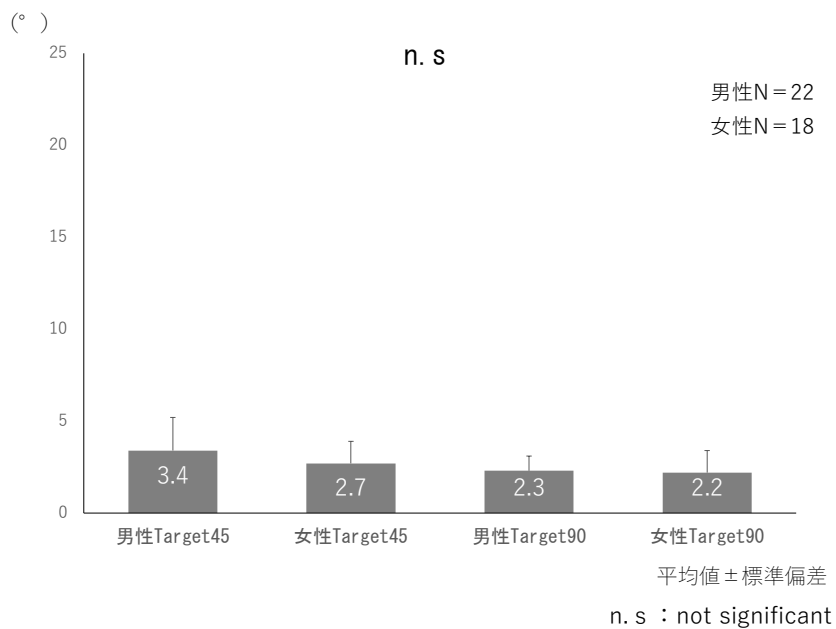


図 9. Target45 および Target 90 の VE における男女の比較

3.2 測定方法の違いによる肩関節 JPS 測定値の比較

青年群の ABD について、Target 45 ではイメージ法 $56.4 \pm 8.7^\circ$ 、再現法 $46.5 \pm 4.2^\circ$ 、模倣法 $47.2 \pm 5.2^\circ$ となり、イメージ法と再現法およびイメージ法と模倣法の間で有意差が認められた(図 10)。Target 90 ではイメージ法 $94.4 \pm 5.0^\circ$ 、再現法 $92.3 \pm 3.6^\circ$ 、模倣法 $93.3 \pm 4.8^\circ$ となり、有意差は認められなかった(図 11)。

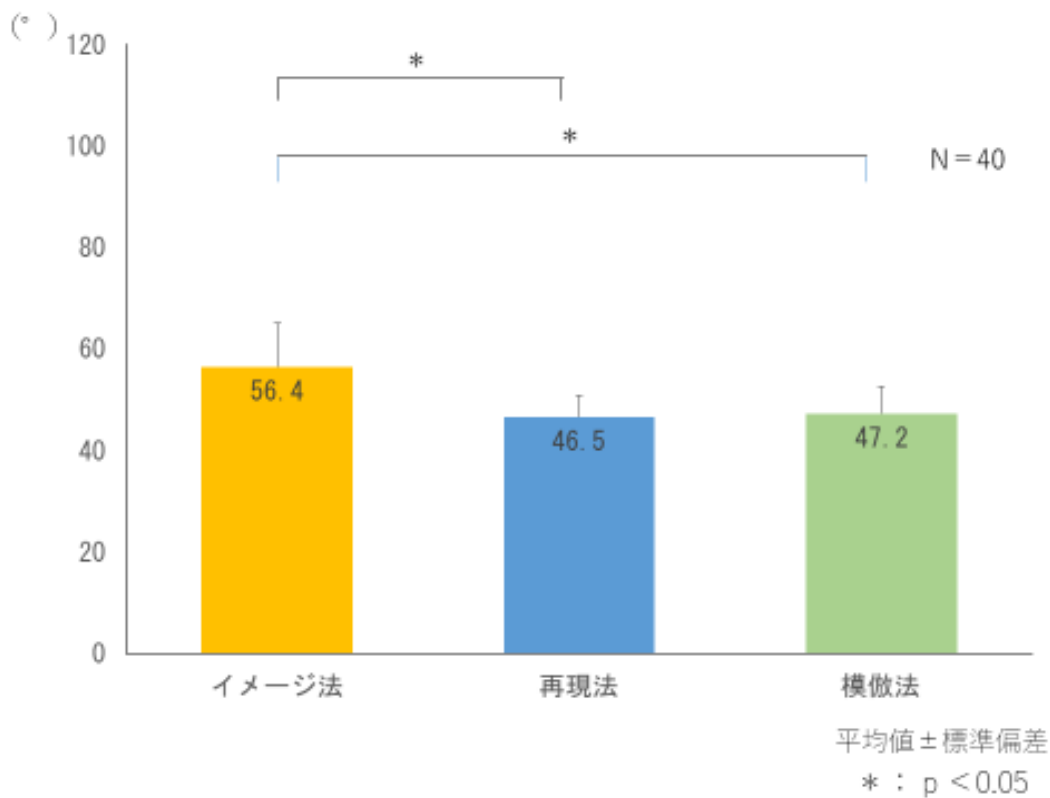


図 10. 3 つの測定方法における Target45 の ABD

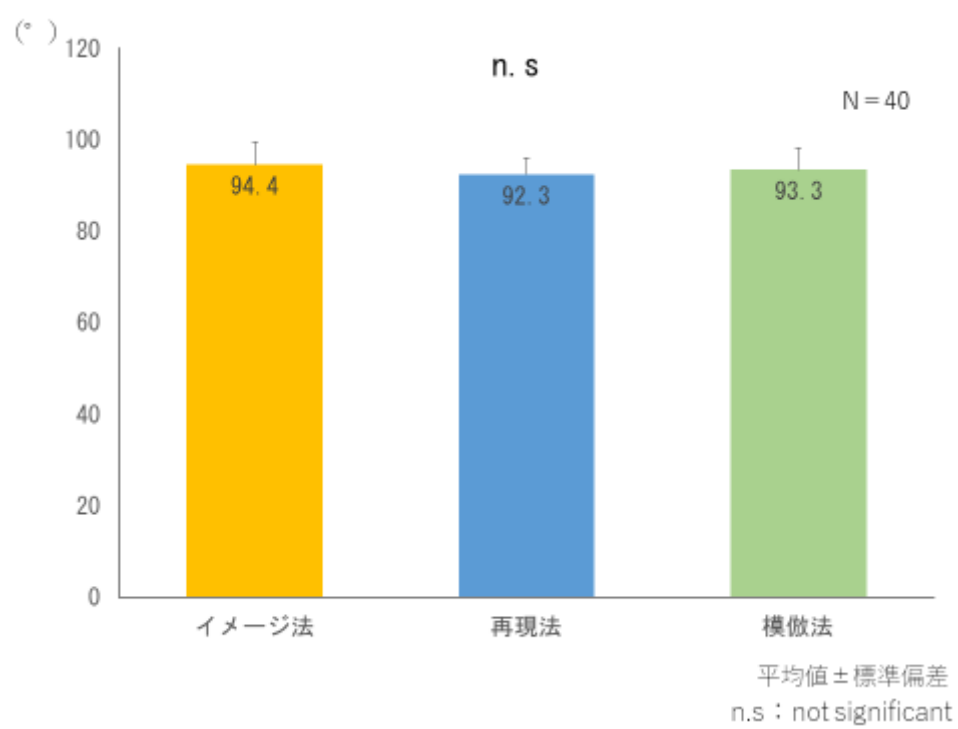


図 11. 3 つの測定方法における Target90 の ABD

青年群の AE について、Target 45 ではイメージ法 $11.8 \pm 8.1^\circ$ 、再現法 $4.1 \pm 2.5^\circ$ 、模倣法 $5.1 \pm 3.2^\circ$ となった。再現法ではイメージ法と再現法、イメージ法と模倣法で有意差が認められた。Target 90 ではイメージ法 $5.6 \pm 3.7^\circ$ 、再現法 $3.8 \pm 2.5^\circ$ 、模倣法 $5.2 \pm 3.1^\circ$ となりイメージ法と再現法、再現法と模倣法の間には有意差が認められた。また、イメージ法の Target 45 と Target 90 の間に有意差が認められた（図 12）。

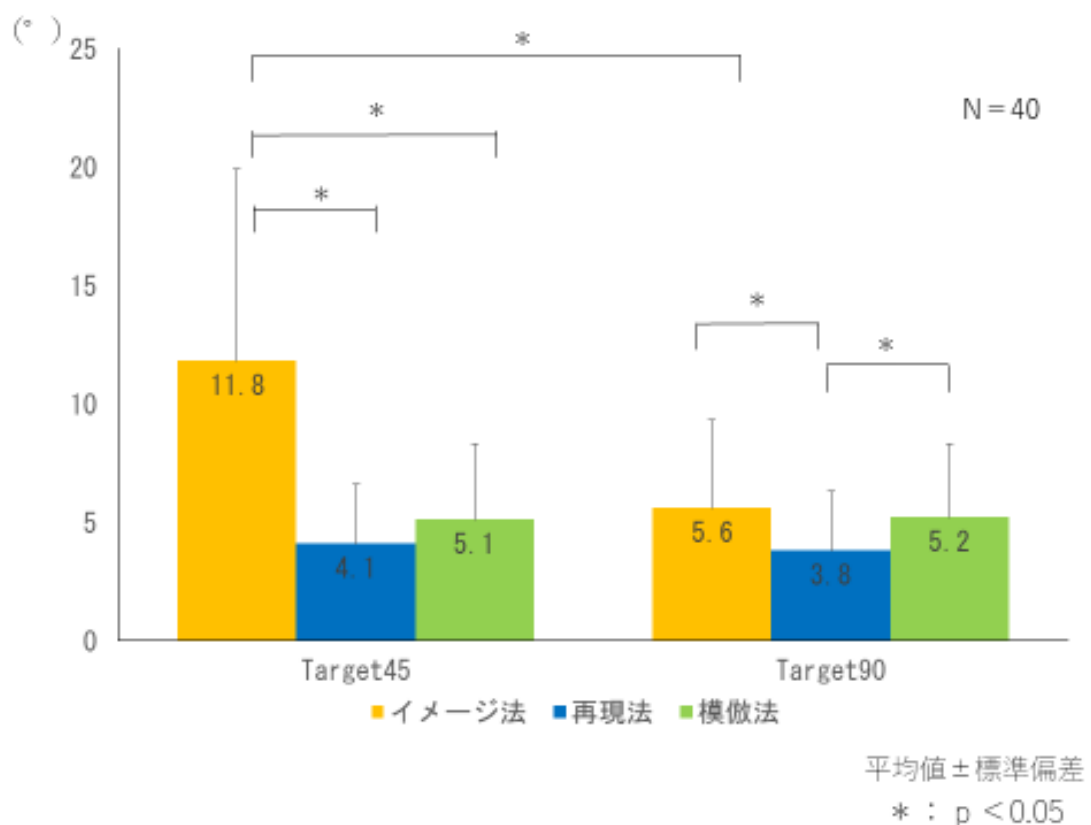


図 12. 3 つの測定方法における AE

青年群の VE について、Target 45 ではイメージ法 $3.1 \pm 1.6^\circ$ 、再現法 $2.9 \pm 1.2^\circ$ 、模倣法 $3.4 \pm 1.1^\circ$ 、Target 90 ではイメージ法 $2.3 \pm 1.0^\circ$ 、再現法 $2.7 \pm 1.3^\circ$ 、模倣法 $2.9 \pm 1.1^\circ$ となり、イメージ法および模倣法において、Target 45 と Target 90 の間に有意差が認められ、再現法の Target 45 と Target 90 の間に有意差は認められなかった。(図 13)。

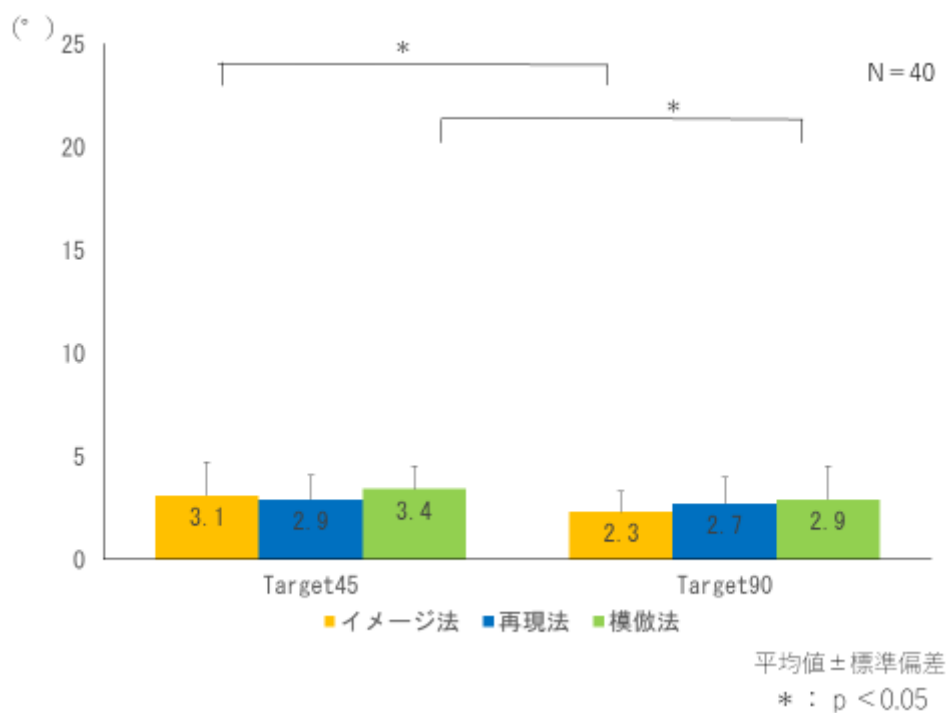


図 13. 3 つの測定方法における VE

3.3 年齢の違いによる肩関節 JPS 測定値の比較

イメージ法における青年群、高齢群、少年群の ABD について、青年群 $94.4 \pm 5.0^\circ$ 、高齢群 $89.5 \pm 5.9^\circ$ 、少年群 $91.4 \pm 7.5^\circ$ となり、青年群と高齢群の間に有意差が認められた（図 14）。AE について、青年群 $5.6 \pm 3.7^\circ$ 、高齢群 $6.3 \pm 4.5^\circ$ 、少年群 $7.2 \pm 3.1^\circ$ となり、3 群間で有意差は認められなかった（図 15）。VE について、青年群 $2.3 \pm 1.0^\circ$ 、高齢群 $2.6 \pm 0.8^\circ$ 、少年群 $4.3 \pm 1.7^\circ$ となり、青年群と少年群、高齢群と少年群に有意差が認められた（図 16）。

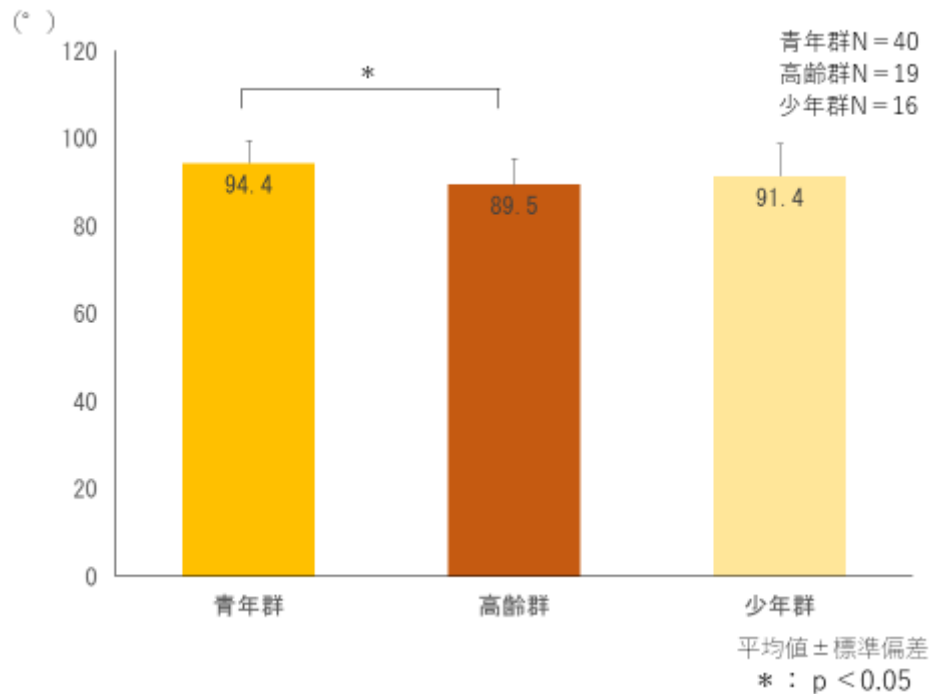


図 14. 青年群、高齢群、少年群における ABD の比較

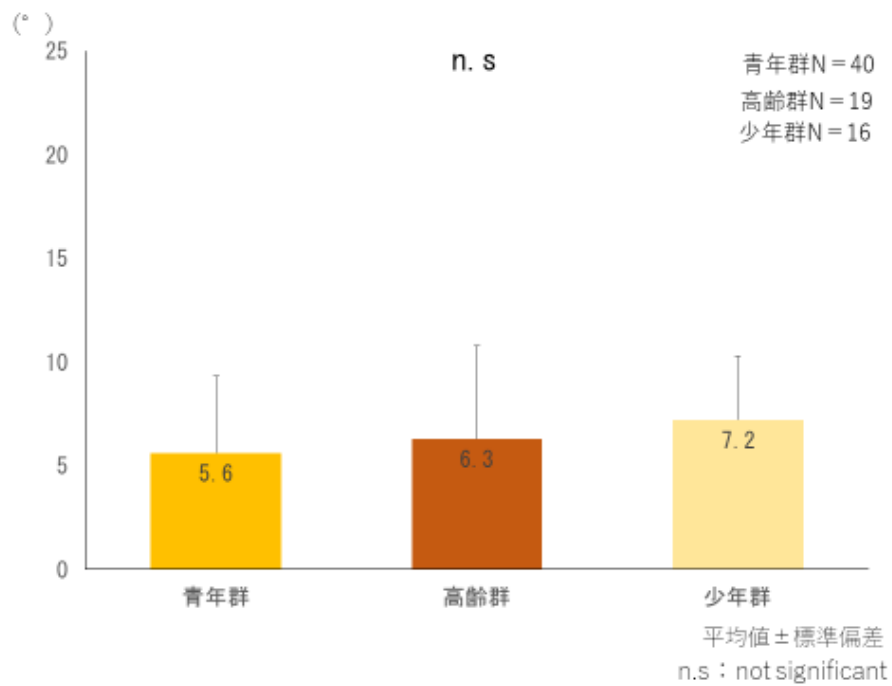


図 15. 青年群、高齢群、少年群における AE の比較

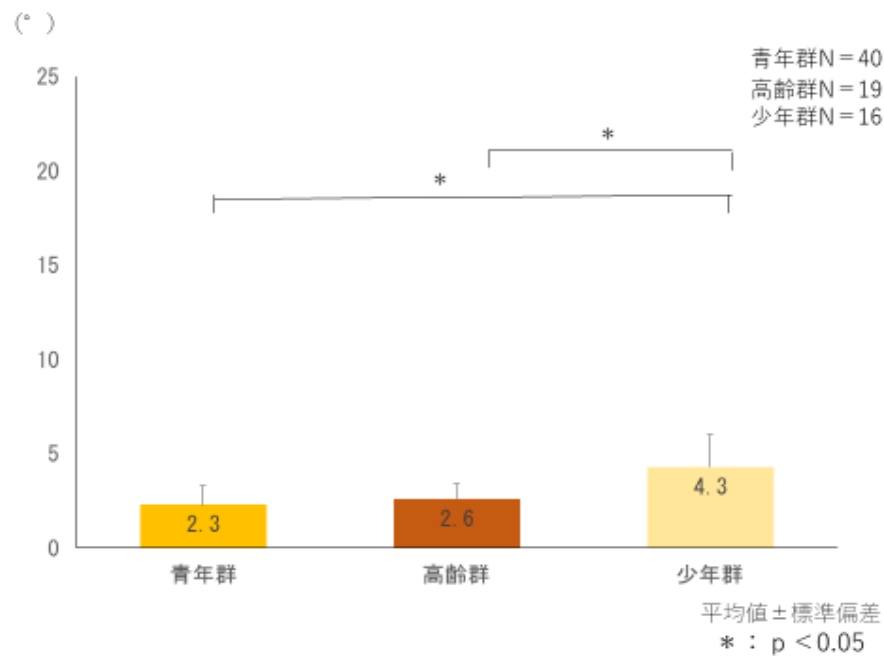


図 16. 青年群、高齢群、少年群における VE の比較

第4章 考察

4.1 測定方法の違いによる肩関節位置覚について

肩関節の JPS 測定法としてイメージ法が有用であるかを検討するため、従来用いられている再現法および模倣法の測定値との比較をした。まず、ABD の Target 45 についてイメージ法は再現法と模倣法に比べて 45° を大きく逸脱していた。これは肩関節 45° という角度では、ボディイメージの表出が困難であった可能性が考えられる。一方の Target 90 は「上肢が床面に対して水平」もしくは「肩関節外転角度が直角」など関節位置がイメージしやすかったため、イメージ法以外の方法と同程度の測定値となったと考えられる。従ってイメージ法を用いる場合は、目標角度についてのイメージの難易度を確認した上で目標角度を設定する必要がある。

次に、誤差の程度を確認するため AE について比較したところ、再現法を用いた測定における AE が小さい結果となった。またイメージ法では Target 45 と Target90 で有意差を認めた。この理由として、イメージ法は目標位置をあらか

じめ記憶や確認を行わず、対象者ごとのボディイメージを指標とするため、目標角度の認識が対象者ごとに異なっていた可能性が考えられた。従って一度記憶した目標角度を再現するという特徴により AE が小さくなったと考える。以上より、イメージ法の有用性を確認するには AE による判定では不十分であり、運動の一貫性を判定に用いるため、『ばらつき』を指標とするために VE を算出・比較した。結果は 3 種類の測定法の違いによる VE の差は認められなかった。また筋および腱の伸張度の違いにより受容器である筋紡錘やゴルジ腱器官の感受性が向上すると報告されており^{7) 29)}、Target 45 に比べ Target 90 は軟部組織が大きく伸張されるため、Target 90 の VE としての誤差は小さくなる結果となったと考える。

従来の測定方法である再現法は、記憶力が影響するという問題¹⁰⁾があり、また模倣法は障害側の判定が不明瞭である事が問題点として挙げられる。さらに再現法や模倣法は目標角度との誤差を評価対象として用いることができる (AE を基準として用いられる) が、その反面、目標角度を正確に規定しなけ

ればならず、特に臨床現場においては困難な場合がある。そのような状況の中で、イメージ法は目標角度の規定が必要ではないため測定が簡便である（表2）。さらに、イメージ法により得られた測定値において、ABDを確認することとボディイメージの問題を評価し、VEを確認することで固有感覚の問題を評価することが可能である（図17）。以上より、イメージ法は肩関節のJPS測定法として有用であると考ええる。しかし一方で、イメージ法では口頭指示の違いが測定値に大きく影響する可能性があるため、口頭指示を厳密に統一して行うことが重要である。

表 2. 3つの測定法の利点と問題点

	イメージ法	再現法	模倣法
利点	・目標角度の規定が不要なため簡便に測定が可能である。 ・ボディイメージの判定が可能である。	・目標角度に測定値が大きく影響を受けない。 ・誤差の算出が容易である。	・目標角度に測定値が大きく影響を受けない。 ・測定肢の自動運動が困難な場合も測定が可能である。
問題点	・目標角度によってボディイメージの難易度が異なるため配慮が必要である。 ・誤差の算出が困難であるが、VEによってばらつきの評価が可能である。	・目標角度の規定が困難である。 ・測定値に記憶能力が影響することが明らかである。	・障害側の判定が不明瞭である。 ・両肢の動きが伴うため代償動作が大きくなる可能性が高い。

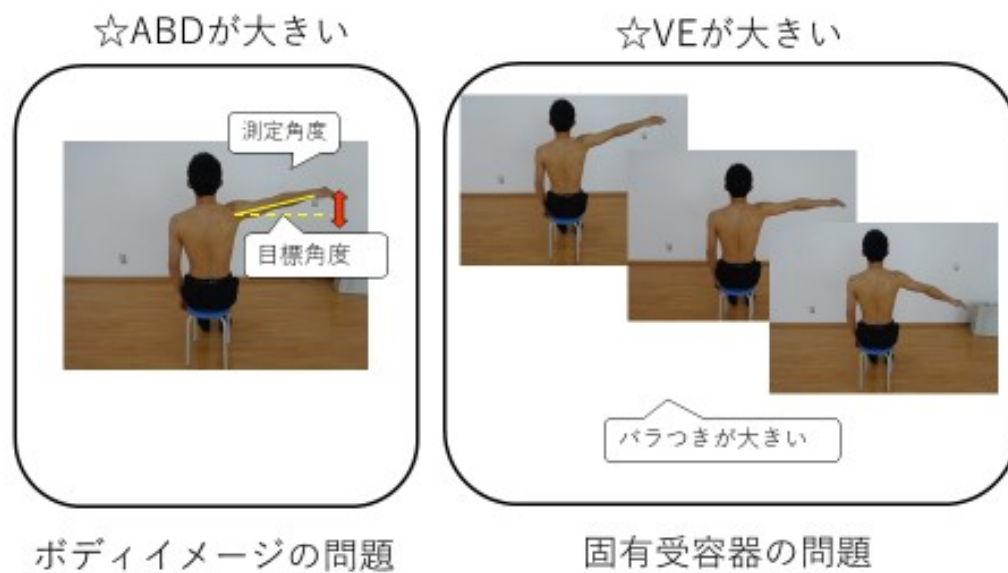


図 17. イメージ法による JPS 評価の可能性

4.2 年齢の違いによる肩関節位置覚について

年齢の異なる 3 群において Target 90 の肩関節位置覚を測定したところ、ABD は高齢群で低値を示した。この理由としては加齢変化に伴う固有感覚機能の低下を基盤としたボディイメージの低下が考えられる。Minagawa によると 60 歳以上の女性の 3 分の 2 に無症候性腱板断裂を認めたと報告している³⁰⁾。本研究の高齢群は平均年齢が 72.2 歳であり、無症候性腱板断裂の対象者が存在していた可能性は高い。また、腱板断裂患者の肩関節位置覚は低下するとの報告¹⁶⁾もあり、腱板を構成する筋における筋紡錘の感受性が低下していたため、高齢群において低値を示した可能性が考えられる。

次に VE は青年群、高齢群と比較し、少年群で有意な高値を示し、ばらつきが大きいことが明らかとなった。これは神経系の発達に 8 歳から 12 歳が最も大きいことが報告されており³¹⁾、今回の少年群は平均 9.3 歳でありまさに関節位置覚の発達段階にあったためバラツキが大きかったと考えられる。この結果を考慮すると、例えばスポーツのフォーム指導などは年齢に応じて指導方法を選択

することが必要であると考え。以上より、発達および加齢が JPS に影響を及ぼすことが示唆された。

4.3 研究の限界と展望

本研究の限界として、健常者での測定であるため障害との関係は説明できないこと、年齢による変化については 3 群のみの検討であり連続的な変化を示せないこと、肩関節の位置覚測定を行った運動方向が外転のみであることなどが挙げられる。今後の課題としては、障害と JPS の因果関係について明らかにすることや、JPS 機能不全が認められる場合にどのような介入により JPS が改善するのかなどが挙げられる。

第5章 結語

ボディイメージを利用した肩関節における JPS 測定法（イメージ法）を考案し妥当性を検証するため、肩関節 JPS について従来の測定方法との比較を行った。さらに年齢が肩関節 JPS にどのように影響を及ぼすのかを明らかにするため、年齢の異なる 3 群で肩関節 JPS の比較を行った。イメージ法は目標角度を考慮することで従来の測定法と同様に JPS 測定法として有用であることが明らかとなり、年齢による肩関節 JPS の特徴が確認できた。今後は各年代における正常値についての検討、肩関節疾患におけるイメージ法の有用性についてさらなる検討を加えていく必要があると考えられる。

参考・引用文献

- 1) 細田多穂、他：理学療法評価学テキスト、南江堂、67-73、2017.
- 2) 千住秀明 編：理学療法評価法第2版. 神陵文庫, 2005.
- 3) 上田敏 編：リハビリテーション医学大辞典. 医歯薬出版, 2007.
- 4) 原秀俊：関節トレーニング第2版. 共同医書出版社, 1996
- 5) Ribero F,Mota J,Oliveira J:Effect of exercise-induced fatigue on position sense of the knee in the elderly.Eur J Appl Physiol,2007,99:379-385.
- 6) 松澤正, 他：理学療法評価法第3版. 金原出版, 1995.
- 7) Hung Y,Darling WG:Shoulder position sense during passive matching and active positioning tasks in individuals with anterior shoulder instability.Phys Ther,2012,92:563-573.
- 8) Takayanagi K,Nakayama A,Yoshimura O:Test and Measurement of sensory disturbance.Rigakuryouhou,2003,20:132-142.

- 9) Kasten P, et al.: Proprioception in total, hemi- and reverse shoulder arthroplasty in 3D motion analyses: a prospective study. *International Orthopaedics (SICOT)*, 2009 ; 33 : 1641-1647.
- 10) Di Xie, Yukio U: How long can joint position sense be retained in memory by young healthy subjects? *J Phys Ther Sci*. 2014;26:33-35.
- 11) Harter RA, Ostemig LR, Singer KM, et al. : Long-term evaluation of knee stability and function following surgical reconstruction for anterior cruciate ligament insufficiency. *Am J Sports Med*. 1988 Sep-Oct;16(5):434-443.
- 12) Goodwin GM, McCloskey DI, Matthews PB.: The contribution of muscle afferents to kinaesthesia shown by vibration induced illusions of movement and by the effects of paralysing joint afferents. *Brain*. 1972;95(4):705-748.
- 13) 岩佐潤二, 他 : ACL 損傷, 再建の膝固有感覚に及ぼす影響. 臨床スポー

- ツ医学 22(3) : 233-238, 2005.
- 14) 嶋田誠一郎, 他 : 変形性膝関節症患者における膝関節位置覚の横断的研究.
第 25 回国立大学理学療法士学会 : 46-49, 2004.
- 15) 平木強志, 他 : 筋疲労が固有覚認知に及ぼす影響. The Journal of
physical medicine14(4) : 297-300, 2003.
- 16) Makoto S,et al:Position sense of the shoulder joint with rotator cuff
tear.katakansetsu,2013;37:427-430.
- 17) Fabis J et al:shoulder proprioception-lessons we learned from
idiopathic frozen shoulder.
BMC Musculoskeletal Disorders,2016;17:123.
- 18) Potzl W et al:Proprioception of the shoulder joint after surgical repair
for instability.Am J Sports MED.2004;32:425-430.
- 19) 福林徹, 他 : 肩のリハビリテーションの科学的基礎. NAP, 2009.
- 20) 岸本美地彦、他 : 高齢者の視覚依存度の評価方法と足関節位置覚との関係
及び影響要因について、滋賀県理学療法士会学術誌 (28): 79-84, 2008

- 21) 平成 29 年版高齢者白書、内閣府

https://www8.cao.go.jp/kourei/whitepaper/w-2017/html/zenbun/s1_2_3.html

(2018.12.1 引用)

- 22) Ivanenko YP1, Dominici N, Daprati E, et al.: Locomotor body scheme.

Hum Mov Sci. 2011 Apr;30(2):341-51.

- 23) 矢澤浩成, 他: ボディイメージを利用した肩関節位置覚測定法について.

第 6 回肩の運動機能研究会抄録集: 38, 2009.

- 24) 矢澤浩成, 他: ボディイメージを利用した肩関節位置覚測定法—運動方向

の違いによる検討—, 第 25 回東海北陸理学療法学会大会誌: 107, 2009.

- 25) 矢澤浩成, 他: 中学生野球選手における肩関節位置覚について. 第 7 回肩

の運動機能研究会抄録集: 83, 2010.

- 26) 対馬栄輝、他: アライメントの測定法. 理学療法 30 (1) : 84-91, 2013.

- 27) Image J. <https://imagej.nih.gov/ij/> (2018.12.1 引用)

- 28) Vafadar AK, Côté JN, Archambault PS.: Sex differences in the shoulder

- joint position sense acuity: a cross-sectional study. BMC Musculoskeletal Disord. 2015 Sep 30;16:273.
- 29) Taylor JL, McCloskey DI.: Detection of slow movements imposed at the elbow during active flexion in man. J Physiol. 1992 Nov;457:503-13.
- 30) Minagawa H, Yamamoto N, et al.: Prevalence of symptomatic and asymptomatic rotator cuff tears in the general population: From mass-screening in one village. J Orthop. 2013 Feb 26;10(1):8-12.
- 31) Scammon, R. E. The first serial study of human growth. American Journal of Physical Anthropology. Vol. X, No. 3 : 329-336, 1927.
- 32) 平野弘之, 他 : 再現検査と模倣検査を用いた関節固有覚評価の比較研究. リハビリテーション医学 35 : 236-240, 1998.
- 33) Blasier RB, et al : Shoulder proprioception. Effect of joint laxity, joint position, and direction of motion. Orthop Rev.23(1):45-50. 1994.
- 34) 櫻井真, 他 : 腱板断裂肩における位置覚の検討. 肩関節 37 (2) : 427-430,

2013.

- 35) 飯田尚哉, 他 : 肩関節外旋筋群の疲労が肩関節位置覚に及ぼす影響. 理学療法
の医学的基礎 13 (2) : 1-8, 2011.
- 36) Amir K,et al:Sex differences in the shoulder joint position sense
acuity:a cross-sectional study.BMC16:273,2015.
- 37) 井樋栄二 : 肩の安定化機構. 臨床スポーツ医学 13 (2) : 121-125, 1996.
- 38) 大嶽昇弘 : 関節覚の測定法. 理学療法 30 (5) : 592-599, 2013.
- 39) Yamamoto A et al:Prevalence and risk factors of a rotator cuff tear in
the general population. J Shoulder Elbow Surg:116-120,2010.
- 40) 萩尾友宣, 他 : 腱板断裂肩と健常肩における位置覚の検討. 肩関節 35 (3) :
837-840, 2011.
- 41) 富田恭治, 他 : 肩関節障害における関節固有感覚. 肩関節 19 (1) : 93-96,
1995.
- 42) 篠田毅, 他 : 肩腱板断裂修復術前・術後における関節位置覚の検討. 肩関

節 35 (2) : 439-441, 2011.

43) 森澤豊, 他 : 腱板断裂における肩関節位置覚. 肩関節 19 (2) : 279-281, 1995.

44) 辻英樹, 他 : 反復性肩関節脱臼患者における固有感覚機能の検討. 整形外科 57 (2) : 145-149, 2006.

45) 対馬栄輝, 他 : デジタル画像上の角度測定における検者間・検者内信頼性. 理学療法科学 18 (3) : 167-171, 2003.

46) 信原克哉 : 肩 その機能と臨床 (第 3 版). 医学書院, 2001.

謝辞

論文作成に対してご指導いただきました、岡川敏郎教授、西沢祐治教授、戸田香教授には心から厚く御礼申し上げます。また、測定を行うにあたり、測定の補助をしていただきました生命健康科学部理学療法学科の皆様、また対象者としてご協力をいただきました理学療法学科の皆様、春日井市の少年野球チームの皆様、KCG サークルの皆様に深く感謝いたします。