

報 告

閉眼での肩関節屈曲における定位への再現運動について — 屈曲角度の違いにより、難易度は異なるか —

Reproducibility of shoulder flexion with closed eyes
— Does the difficulty differ between different flexion angles? —

藤 平 保 茂

要約：本研究の目的は、閉眼での肩関節屈曲における定位への再現運動において、再現角度の違いにより難易度が異なるのか、再現までの時間により難易度が異なるのか検証することであった。対象は、右肩関節に疾患のない68名の学生であった。方法は、アイマスクを装着した椅座位の被験者に、肩関節屈曲90度位と120度位を30秒間覚えさせた後、それぞれの屈曲角度への再現運動をさせ、被験者が再現したその位置との誤差を比較分析した。課題は4課題で、肩関節の屈曲角度を90度と120度とした角度課題2種と、試行間の間隔時間を5秒間と30秒間とした間隔課題2種を設定した。その結果、90度課題において、30秒間隔は5秒間隔に比べ有意にずれを認めた ($p<.05$) が、120度課題では、5秒間隔と30秒間隔の間には有意な差は認められなかった。また、5秒間隔課題において、120度課題は、90度課題に比べ有意にずれを認めたが ($p<.001$)、30秒間隔課題では、90度課題と120度課題の間には有意な差は認められなかった。これらの結果から、肩関節屈曲における再現運動では、再現までの時間が短い場合、再現角度の違いによる難易度は異なり、再現までの時間が長い場合、再現角度の違いによる難易度は異ならないことが示唆された。

Key Words：肩関節、関節位置覚、屈曲角度、再現運動、再現性、難易度

1 はじめに

身体の運動は関節で起こる。その中でも肩の運動は複雑で、肩関節周辺の機構の総称である肩甲帯を構成する胸鎖関節、肩鎖関節、肩甲上腕関節、肩甲胸郭関節の4関節が互いに調和をもって働き、完全な肩の動きを可能にする¹⁾。

われわれは、運動自由度が3度であり豊富な可動性を有する肩関節の恩恵を受け、円滑に日常生活を送っている。しかし、肩関節は、一旦疾患を患うとたちまち関節可動域に制限が生じ、更衣動作や整容動作などのセルフケア、生活関連動作に支障を来すことが多いため、臨床では、理学療法の評価および治療対象となることが多い。

理学療法における患者からの反応は、理学療法士（以下、PT）が評価を行ううえで重要な情報収集源となる。たとえば、PTが患者の患

Yasushige Fujihira
大阪河崎リハビリテーション大学
リハビリテーション学部 理学療法専攻
E-mail : fujihiray@kawasakigakuen.ac.jp

側肢の関節を他動的に動かし、その関節の位置を健側肢で再現させる関節位置覚検査では、よほど大きな関節角度のずれが生じない限り、期待される運動が再生されれば関節位置覚には問題がない、と解釈される。この検査において「問題なし」という結果であったとしても、その判定基準は厳密には定められておらず、PTの目測による判断に委ねられているのが現状であるにもかかわらず、関節位置覚検査における判定基準や患者からの反応様式に関する研究は少なく、一定の知見が得られていない。

このような中、肩関節を用いた運動心理学の関連研究において、落合は、身体運動によって得られる運動残効は、長くとも数十秒の短時間で消失してしまう現象であり、感覚判断のずれを生じさせる特徴を持っていることを指摘している²⁾。杉原による先行研究では、腕の定位による水平（肩関節屈曲90度）の知覚に生じた残効の大きさが、時間の経過とともにどのように変化したのかを観察する目的にて、実験を行った。方法は、誘導刺激として屈曲120度位を1分間保持させたあと、誘導刺激除去後から水平（屈曲90度位）の定位までの時間間隔を実験変数とし、直後、5秒後、10秒後、30秒後、60秒後に定位へ屈曲させる5水準を設けた。その結果、誘導刺激除去後から水平の定位までの時間間隔を長くするほど、有意に定位への誤差が減少したことを報告している³⁾。理学療法における先行研究では、武本らは、肩関節に疾患のない健康成人を対象に、屈曲90度の定位への再現運動を行った際の定位からの誤差と、利き手と非利き手間の差を明らかにするための実験を行い、利き手、非利き手ともに約2度の有意な誤差が生じたこと、利き手と非利き手の間には差が認められなかったことを報告している⁴⁾。また、矢澤らは、肩関節の外転30度、60度、90度の定位への再現運動を行った際の定位からの誤差を調査し、他の角度の再現に比べ90度を再現

する方が、誤差が少なくなったことを報告している⁵⁾。

そこで、本研究の目的は、視覚での自己フィードバックができない閉眼状況下における肩関節屈曲運動において、定位への再現運動を実施するにあたり、屈曲角度の違いにより難易度が異なるのか、また関節の位置を知覚し、その位置への再現までの時間により難易度が異なるのかを検証することとした。

健常者における一般的な再現運動の反応様式を調査することで、臨床での関節位置覚検査における判定基準など、評価への指標となり得るものと考えたからである。

2 方法

2.1 対象

ヘルシンキ宣言に基づき、筆者が本研究の主旨を口頭にて説明し同意を得た右肩関節に疾患のない68名の学生で、男性36名、女性32名、平均年齢は 21.4 ± 0.8 歳であった。

2.2 実験課題

実験課題として、2種類の角度課題と、再現運動までの間隔時間を2種類に分けた間隔課題を設定し、計4課題とした（表1）。

角度課題において、杉原による先行研究³⁾を参考に、右肩関節屈曲90度と120度の角度課題を2種類設定した。間隔課題において、1つは、武本らによる先行研究⁴⁾、矢澤らによる先行研究⁵⁾を参考に、間隔時間を5秒間とした。2つは、杉原による先行研究³⁾を参考に、間隔時間を30秒間とし、2種類を設定した。

なお、実験における各課題の再現運動試行の回数を1回とした。

2.3 実験手続きおよび教示

被験者を椅座位とし、右肩関節で実施した。

表1 課題

運動の種類	角度	試行の間隔
肩関節屈曲運動	90度	5秒
		30秒
	120度	5秒
		30秒

測定は、指をまっすぐにそろえて平らになるように指示し、手の甲が床面と水平になる前腕回内位で行った（図1）。

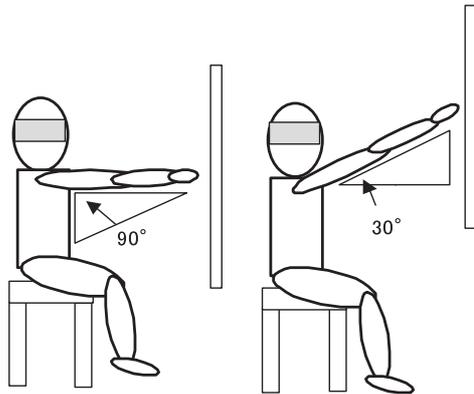


図1 実験風景

検者は三角定規を用いて、実験前にあらかじめ被験者の右肩関節屈曲90度および120度になる位置を測定し、壁に貼り付けたメジャーのその位置に目印を付けておいた。この位置を、「基準値」とした。

つぎに、被験者にアイマスクを装着させた。

次いで、検者が、右肩関節屈曲0度にある被験者の前腕を持って右肩関節屈曲90度位まで誘導し、「この位置をしっかりと覚えておいてください」の教示とともに速やかに前腕から手を離し、30秒間保持させた。その後、右肩関節屈曲0度まで一旦腕を下ろさせ、5秒後に、被験者が思う90度位を再現させた。測定は、被験者の手の甲の高さ（指の先）をできるだけ素早く読

み取りメジャーに目印を付けた。この位置を、「測定値」とした。

同様の手続きにて、120度で5秒間隔課題を実施した。

さらに、検者は、右肩関節屈曲0度にある被験者の前腕を持って被験者の右肩関節屈曲90度位まで誘導し、「この位置をしっかりと覚えておいてください」の教示とともに速やかに前腕から手を離し、30秒間保持させた。その後、右肩関節屈曲0度まで一旦腕を下ろさせ、30秒後に、被験者が思う90度位を再現させた。測定は、被験者の手の甲の高さ（指の先）をできるだけ素早く読み取り目印を付け、この位置を「測定値」とした。

同様の手続きにて、120度で30秒間隔課題を実施した。

なお、同一日に4課題を、90度－5秒課題、120度－5秒課題、90秒－30秒課題、120度－30秒課題の順で実施し、各課題における間隔を2分以上とった。

2.4 記録

日本整形外科学会および日本リハビリテーション医学会による関節可動域の測定では、5度単位で記録することが規定されている。本研究において、肩関節の屈曲角度を1度単位で測定することは非常に困難であった。また、肩関節の角度が5度変化すれば、指先では数十mmの差が生じる。

したがって、今回の研究での測定記録は、関節可動域測定による角度ではなく、杉原の実験を受けて、5 mm単位での距離とした。

なお、「測定値」が「基準値」より超過の場合を「+」、不足の場合を「-」で表示し、一致した場合を「0」とした。

2.5 分析

分析の対象は、得られた全ての測定値に対し、各課題内にて、中央値と四分位偏差にてはずれ値を算出し、測定値より除いたものとした。さらに、記録した測定値と基準値の差（以下、誤差）に「+」、「-」を付記し、分析の対象とした。

各課題間での難易度をみるために、誤差を正の整数になる「絶対誤差」に変換したものを分析の対象とし、ウィルコクソン符号付順位和検

定を行った。

また、再現運動時の反応様式をみるために、各被験者から得られた「+」、「-」を付記して記録した誤差を分析の対象とし、すべて対応のある二元配置分散分析を行った。

なお、はずれ値の算出にはSPSS11.0J for Windowsを使用し、統計処理にはエクセル統計ソフト Sttcel2を使用した。有意水準を5%未満とした。

3 結果

3.1 課題における難易度について

各課題の試行の誤差を正の整数に変換し「絶対誤差」とし、各4課題における各被験者から得られた「絶対誤差」の平均値を代表値とし、その結果と標準偏差を表2に示す。

表2 4課題における「絶対誤差」の平均と標準偏差

課 題	平均と標準偏差
屈曲90度-5秒間	21.4 ± 20.9
屈曲120度-5秒間	42.2 ± 36.0
屈曲90度-30秒間	30.7 ± 22.9
屈曲120度-30秒間	43.4 ± 34.2

* $p < .05$, *** $p < .001$
(単位; mm)

3.1.1 角度課題間における難易度

90度課題と120度課題の比較を行ったところ、5秒間隔課題では、120度課題は90度課題に比べ有意な大きいずれ ($p < .001$) が認められた。また、30秒間隔課題では、90度課題と120度課題には有意なずれは認められなかった。

3.1.2 間隔課題間における難易度

5秒間隔課題と30秒間隔課題の比較を行ったところ、90度課題では、30秒間隔課題は5秒間隔課題に比べ有意なずれ ($p < .05$) が認められた。また、120度課題では、5秒間隔課題と30秒間隔課題の間には有意なずれは認められなかった。

3.2 再現運動時の反応様式

再現運動時の反応様式をみるために、誤差の分布の様子を度数テーブルに示す（表3-a）。また、各被験者から得られた「+」、「-」を付

記して記録した誤差の平均値を代表値とし、各4課題における中央値と平均値、標準偏差を表3-bに示す。

表3-a 度数テーブル

誤差 (mm)	90度-5秒 課題	120度-5秒 課題	90度-30秒 課題	120度-30秒 課題
130				1
125				
120				
115				
110				
105				
100				1
95		1		
90		1		
85	1		2	1
80	1		1	1
75			2	
70	1	1		
65		1	1	1
60			4	2
55		1	2	
50	1	1	3	1
45			3	2
40	4		3	2
35	1	1	5	1
30			3	3
25	7	3	3	
20	6		4	2
15	2	5	2	2
10	2	3	3	3
5	2	3	3	2
0	13	3	6	4
-5	3	1	5	3
-10	1	6	2	2
-15	4	6	2	5
-20	7	1	1	1
-25		2	2	1
-30	1			2
-35	4	1	2	4
-40	2			1
-45		3	1	1
-50		3	2	
-55	2	1		4
-60	1	3		1
-65		2		2
-70		2		3
-75		2		1
-80				
-85				
-90		1		1
-95		1		1
-100				
-105		2		3
-110				
-115		1		1
-120				
-125		2		1
-130		1		
度数	66	65	67	67

表3-b 誤差の中央値、平均値と標準偏差

課題	中央値	平均と標準偏差			
90度-5秒	0.0	2.9±29.9	***	n.s.	n.s.
120度-5秒	-15.0	-22.1±51.1			
90度-30秒	20.0	20.0±32.8	***	n.s.	
120度-30秒	-10.0	-12.5±54.1			

(単位; mm) $p < .001$

また、誤差に対し、要因 a (角度課題) × 要因 b (間隔課題) のすべて対応のある二元配置分散分析を行った結果、角度課題には有意な主効果がみられ ($F(1, 263) = 29.06, p < .001$)、間隔課題にも有意な主効果がみられた ($F(1, 263) = 6.18, p < .05$)。各要因の主効果が有意であったため、多重比較 (Tukey-Kramer法) を行ったところ、5秒間隔課題において、90度課題と120度課題の間に有意な差が認められた ($p < .01$)。また30秒間隔課題においても、90度課題と120度課題の間に有意な差が認められた ($p < .01$)。しかし、90度、120度のいずれの角度課題においても、5秒間隔課題と30秒間隔課題の間には有意な差は認められなかった (表3-b)。また、2つの要因間に有意な交互作用は得られなかった ($F(1, 263) = -1.39, n.s.$)⁶⁻⁷⁾。

各4課題における平均値では、90度課題では、5秒間隔課題、30秒間隔課題のいずれにおいても基準値より大きく再現し、120度課題では、5秒間隔課題、30秒間隔課題のいずれにおいても基準値より小さく再現した。

4 考察

各課題における結果から、肩関節屈曲における定位への再現運動には、個人差が大きいことが伺えた。

「絶対誤差」における結果の比較を行ったと

ころ、90度課題よりも120度課題の方が再現困難であることが明らかとなったことから、肩関節屈曲における再現運動では、屈曲角度の違いによる難易度が存在することが示唆された。また、誤差に対する比較結果から、90度課題と120度課題の間には、試行間隔時間を問わず有意な差が認められ、肩関節屈曲における再現運動では、屈曲角度の違いによる難易度が存在することが示唆された。つまり、これらの結果は、PTが肩関節の関節位置覚検査を実施するにあたって、再現させる屈曲角度の違いにより、患者からの反応には誤差が生じることを承知しておかなければならないことを示唆する結果であった。

また、屈曲90度位への再現運動でも屈曲120度への再現運動でも、試行の間隔時間が長い30秒間でさえも5秒間隔課題と有意な差がみられなかったことから、関節位置覚そのものだけを手がかりとした再現運動ではなかったことが伺えた。これらのことから、5秒間の間隔をとって再現運動を実施する場合、関節位置覚は、運動残効として十分残存している時間内であるため、被験者は、主に関節位置覚を手がかりに再現したと思われる。一方、30秒間という間隔時間は、運動残効がほとんど消失してしまう時間であり²⁾、得られた関節位置覚が消失してしまう時間である。しかし、関節位置覚が消失してしまう反面、その代償として右肩関節への身体

イメージを抱くための十分な時間であるとも考えられる。したがって、30秒間の間隔をとって再現運動を実施する場合は、関節位置覚のみではなく、抱いた右肩関節への身体イメージを再現運動の手がかりとして加えているのではないかと思われる。また、30秒間の間隔をとった場合、90度課題で生じた誤差と120度課題で生じた誤差との間には、有意な差がみられなかったことは、それぞれの角度課題から得られた関節位置覚ではなく、身体イメージを主な手がかりとして再現運動を実施したからではないと考えられる。これは、矢澤らの研究結果に類似する。彼らは、肩関節外転運動を対象とした研究にて、水平（外転90度位）イメージと外転90度位への再現角度との間に有意な差を認め、関節位置認識能力の測定において、関節位置覚と身体イメージは区別して評価する必要性を示唆している⁵⁾。

また、再現運動時の反応様式に対する分析での角度課題における結果では、5秒間隔、3秒間隔のいずれにおいても、90度課題では基準値より大きく再現し、120度課題では基準値より小さく再現した。これらの結果から、被験者は、屈曲90度への再現運動は過少な課題として、屈曲120度への再現運動は過大な課題として捉えていることが伺えた。

5 今後の課題

今回の研究では、先行研究を参考に、再現課題角度を屈曲90度と120度とした。肩関節の定位への再現運動の反応様式の特徴をみるには、さらに多くの屈曲角度課題を設定する必要がある。

また、角度課題における再現運動の結果から、被験者は、屈曲90度課題に対しては過少な課題として、120度課題に対しては過大な課題として捉えているのではないかと考察した。アイマ

スクをされた被験者は、自身が閉眼で視覚に頼ることができない状況であることを強く意識するであろう。そして、その強い意識を生み出したのは目であるため、自身の目の高さを中心に、身体の位置関係を把握しようとしたのではないだろうか。肩関節の屈曲角度や指尖の高さを強く意識した結果、関節位置覚よりも、自身の目の高さに近づけようとする心理が優先され、定位への再現運動を行ったのではないかと推測した。著者の推測に関連する先行研究が見当たらないため、目の高さを変化させた状況での実験を通して、この仮説を検証する必要がある。今後の課題としたい。

さらに考察にて、再現運動開始までの間隔時間が長くなると、関節位置覚よりも右肩関節への身体イメージを優先して定位への再現運動を行うことを推測した。屈曲90度は、地面と水平にある角度であり、イメージが簡単な角度である。また、屈曲120度も、90度に30度を加えた角度で、30度は90度の3分の1であることから、比較的イメージを抱きやすい角度であると考えられる。さらに、被験者は、実験手続きの初期に「基準値」をとるために検者が使用した三角定規を見て、屈曲90度と120度へのイメージを抱いた可能性があった。したがって、定位への再現運動の手がかりとなるものに、被験者の身体イメージが加わっていた可能性は否定できない。矢澤らの報告と同様、関節位置覚と身体イメージは区別して評価する必要性を感じた。この点についての検証は、今後の課題としたい。

最後に、疾患による関節位置覚の低下を明確にするためには、健常人と比較することが一般的である。本研究や先行研究で得られた「基準値」との誤差が、指尖の距離でいう10mm～50mm、角度でいう2度～3度という数値となった。この数値は、理学療法場面で関節位置覚検査を行うPTにとっては、「異常なし」か「問題あり」なのかを判定するための重要かつ参考

となる数値となりうる。しかし、患者からの反応として、現場のPTが即座に確認しなければならない変化としては、あまりにも捕らえにくい小さな変化で、数値でもある。したがって、これらの結果を参考に患者評価のための判断基準として用いるのであれば、患者が呈する誤差角度が10度程度の誤差があったとしても、許容範囲として「異常なし」とするのが妥当かも知れない。この点については、今後の研究を待ち、検討が必要と考える。

6 結語

本研究は、椅座位にて、視覚での自己フィードバックができない閉眼状況下における肩関節屈曲において、定位への再現運動における屈曲角度の違いにより難易度が異なるのか、また関節の位置を知覚し、その位置への再現までの時間により難易度が異なるのか検証することを目的とした。対象は、右肩関節に疾患のない68名の学生であった。方法として、アイマスクにて閉眼とした椅座位の被験者に対し、右肩関節屈曲90度と120度の角度課題を2種類、さらに各角度課題において試行の間隔を5秒間と30秒間の2種類、計4課題を設定した。その結果、90度課題において、30秒間隔は5秒間隔に比べ有意にずれを認めた ($p < .05$) が、120度課題では、5秒間隔と30秒間隔の間には有意な差は認められなかった。また、5秒間隔課題において、120度課題は、90度課題に比べ有意にずれを認めたが ($p < .001$)、30秒間隔課題では、90度課題と120度課題の間には有意な差は認められなかった。試行の間隔を問わず、90度課題では基準値より大きく再現し、120度課題では基準値より小さく再現した。

これらの結果から、以下の結論を得た。

1. 屈曲90度位と120度位への再現運動では、再現までの時間が5秒間の場合、再現角度

の違いによる難易度は異なり、再現までの時間が30秒間の場合、再現角度の違いによる難易度は異ならなかった。

2. 定位への再現運動における反応様式として、屈曲90度位への再現運動では90度位を超過し、屈曲120度位への再現運動では120度位に達しなかった。
3. 肩関節屈曲における定位への再現運動では、屈曲角度による難易度は異なることが示唆された。

謝辞

本研究を開始するきっかけをくださった大阪体育大学大学院スポーツ科学研究科 伊藤美智子教授に、深く感謝いたします。

本論文は、第50回全国理学療法学術大会に発表したものを、一部修正、加筆したものである。

文献

- 1) 野島元雄監修 “図解 四肢と脊椎の診かた”，医歯薬出版株式会社，東京，2008，p.1.
- 2) 落合 優 “運動心理学入門”，大修館書店，東京，1976，p.60-63.
- 3) 杉原 隆 “運動心理学入門”，大修館書店，東京，1976，p.257-259.
- 4) 武本有紀子他 肩関節屈曲動作の再現性一角度からの検証— 理学療法学34. 2007. 661.
- 5) 矢澤浩成他 肩関節位置覚と身体イメージによる位置認識能力の検討 理学療法学35. 2008. 770.
- 6) 若島孔文、都築誉史、松井博史編著 “心理学実験マニュアル”，北樹出版，東京，2005，p.80
- 7) 小川嗣夫 “卒論・修論のための心理学実験こうすればおもしろい2”，ブレーン出版，東京，2005，p.13