

令和 5 年 6 月 26 日現在

機関番号：33111

研究種目：若手研究

研究期間：2020～2022

課題番号：20K19523

研究課題名（和文）泳動作中の肩峰下空間距離を推定する手法の開発と肩障害の発生要因解明への応用

研究課題名（英文）Development of a method to estimate subacromial space distance during swim stroke motion and its application to the elucidation of factors causing shoulder pain

研究代表者

三瀬 貴生（Mise, Takao）

新潟医療福祉大学・健康科学部・講師

研究者番号：00740888

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,200,000円

研究成果の概要（和文）：泳動作中の肩関節障害発生リスクをスクリーニングする手法を確立するため、Scapular Dyskinesis（肩甲骨の異常運動；以下SD）の評価法に着目し、SDの有無による泳動作中の肩甲骨挙動の違いを3次元動作解析にて検証した。SDを有する場合、泳動作を開始する局面において肩関節障害のリスクが高まる肩甲骨挙動を示した。また、エクササイズ介入によって即時的に泳動作中の肩甲骨周囲筋群の活動が賦活する可能性が示唆された。競泳における肩関節障害を予防するためには、スクリーニングとして肩甲骨運動を評価し、異常運動が出現した場合、エクササイズを実施することの有用性と考えられた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

これまで泳動作によって生じる肩関節障害のメカニズムは研究されてきたが、泳動作中に障害発生リスクをスクリーニングする手法の検証は少なかった。本研究の成果によって、肩甲骨運動を観察する評価法は泳動作中の肩関節障害発生リスクをスクリーニングする手法として有用であることが示された。肩関節障害は他の上肢を多用するスポーツ競技でも発生頻度が高い。また、社会的な課題でもある子供の体力低下のうち、ボール投げといった運動能力に肩甲骨の機能は影響する可能性がある。そのため、競泳以外の上肢を多用するスポーツ競技や小児の運動器検診などにも応用できる可能性があり、上肢の機能評価としての汎用が期待される。

研究成果の概要（英文）：To establish a method for screening the risk of developing shoulder pain during swim motion, Scapular Dyskinesis (abnormal motion of the scapula; SD) was performed, and verified the difference in scapular kinematics during swim upper extremity motion with and without SD by three-dimensional motion analysis. The swimmers with SD showed scapular kinematics that increased the risk of shoulder injury in the phase of starting swim upper motion. The results also suggest that exercise intervention may immediately activate the scapular muscles activity during swim motion. To prevent shoulder pain in competitive swimming, it was considered useful to evaluate scapular motion as a screening and to perform exercise if abnormal scapular motion appeared.

研究分野：スポーツ医学

キーワード：競泳 Scapular Dyskinesis 肩峰下インピンジメント症候群 水泳肩 肩甲骨挙動 筋電図解析 3次元動作解析 Swim-bench

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

(1) 競泳は、野球・バレーボール・テニスなど上肢の運動を多用する Overhead Sports の一つである。肩関節障害は競泳で最も発生頻度が高く 1、2) 競技パフォーマンスの低下や競技の中断を余儀なくされることがある。申請者の前向き調査においても練習距離は肩障害の発生リスクを高めることが証明された 3)。

(2) 肩関節障害の病態の一つに肩峰下インピンジメント症候群が挙げられる。これは、肩峰下空間距離(肩甲骨の肩峰と上腕骨の骨頭の距離; Subacromial Space Distance; 以下 SSD) が狭小化することで腱板筋群や滑液包が機械的ストレスを受けて疼痛が生じると考えられている。競泳における肩関節障害の発生機序もこれと同様のストレスがストローク動作中に生じると考えられている 4)。

(3) 競泳ストローク動作中の SSD を評価する手法があれば、肩関節障害のリスクとなる泳動作の特徴が明らかとなり、新たなリハビリテーションや障害予防プログラムの開発が可能となる。そこで申請者は、肩関節運動の 3 次元解析データと超音波エコーによる SSD の計測を併用する方法で SSD を推定する試みを発案した。しかしながら、これらを同時に計測することは技術的に困難であったため、代替案として、SSD の狭小化に関連する肩甲骨の異常運動 (Scapular Dyskinesis) に着目した。Scapular Dyskinesis の評価は陸上での観察によって実施される。Scapular Dyskinesis の有無による泳動作中の肩甲骨キネマティクスの違いを解明することで、陸上での肩甲骨運動の観察評価によって泳動作中のリスクをスクリーニングすることが可能になると考えた。

2. 研究の目的

本研究は以下の 2 つの課題を達成することで、肩関節障害発生のリスクとなる泳動作をスクリーニングする手法を確立し、使い過ぎによる肩関節障害に対する効果的なりハビリテーションや予防プログラムの開発に寄与する。

課題 Scapular Dyskinesis の有無による泳動作中の筋活動及び肩甲骨挙動の違いを検証する。
課題 肩甲骨周囲筋群のエクササイズ介入が泳動作中の筋活動及び肩甲骨挙動に及ぼす即時効果を検証する。

3. 研究の方法

【課題】

若年競泳選手 17 名 (年齢:13±1、男 10 : 女 7) を SD の有無で、SD 群 8 名と対照群 9 名に分類し、スイムベンチを用いてバタフライに類似した泳動作中の筋活動と肩甲骨挙動を計測した。被験筋は僧帽筋上部 (UT)・中部 (MT)・下部 (LT) 前鋸筋 (SA) とし、最大随意等尺性収縮時の筋活動で正規化した。さらに、筋バランスの指標として UT/LT 比、UT/MT 比を算出した。肩甲骨挙動は赤外線カメラを使用して泳動作中の三次元座標値を得て、肩甲骨上方回旋角度、内旋角度、後傾角度、上肢挙上角度を算出した。泳動作中の上肢挙上角度の最大値 (1%) から最小値 (100%) までを 1 周期とした。SPM-1D における対応のない t 検定を用いて、1 周期中の筋活動及び肩甲骨挙動を 2 群間で比較した (有意水準 5%)。

【課題】

対象、筋活動及び肩甲骨挙動のデータ収集及び解析方法は課題 と同様であるが、17 名を無作為に介入群 8 名と非介入群 9 名に群分けした。介入方法は肩甲骨後傾・内転を促すエクササイズ、ストレッチ計 3 種目とし、SB 試技は介入前後で 2 度実施した。SB のストローク局面を Pull 期、Push 期に分類し、各期における筋活動及び肩甲骨挙動の比較は群及び介入前後の 2 要因による 2 元配置分散分析を用いた (有意水準 5%)。

4. 研究成果

【課題】

肩甲骨周囲筋群の筋活動において、SD 群は僧帽筋上部線維と前鋸筋、UT/LT 比、UT/MT 比ではストローク動作の 1 周期を通じて Con 群より低値で、僧帽筋中部線維と僧帽筋下部線維では Con 群より泳動作の開始時期に高値であったものの、統計的に有意な差を認めなかった。肩甲骨挙動の結果を図 1 に示す。SD 群は Con 群より泳動作周期 0~10% の上方回旋角度が有意に低値を示し ($p=0.041$)、0~15% の内旋角度が有意に高値を示した ($p=0.033$)。後傾角度では、

SD 群は Con 群より低値であったものの、統計的に有意な差を認めなかった。また、上肢挙上角度(図 20)においても両群間に有意な差を認めなかった。

肩甲骨上方回旋角度の減少と内旋角度の増大は、肩峰下空間距離を狭め、肩峰下インピンジメント症候群を引き起こすリスクになると考えられる⁵⁾。このことから、SD を有する若年競泳選手は無症候であっても泳動作中に SSD が狭小化する可能性があり、肩関節障害を発症するリスクが潜在すると推察される。水泳肩予防のためには肩甲骨上方回旋や外旋運動を促進するエクササイズを実施することが効果的と考える。また、SD の評価は肩甲骨周囲筋群の協調性を評価し、肩関節障害予防のスクリーニングとして有用であると考えられる。

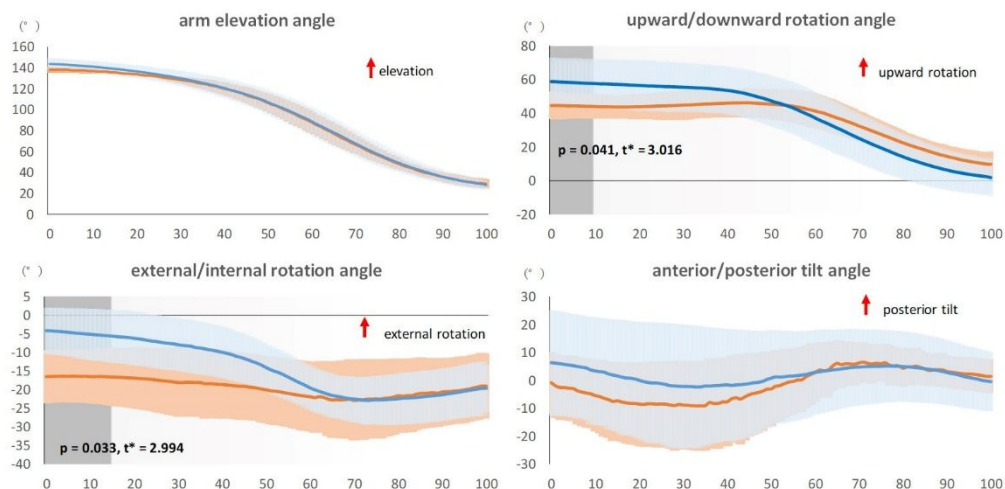


図 1 SD の有無による肩甲骨挙動及び上肢挙上角度の比較 (青: Con、橙: SD)

【課題】

エクササイズ介入前後の肩甲骨周囲筋群の筋活動において、Pull 期では、全ての筋において有意な交互作用、有意な主効果を認めなかった。Push 期では、UT/LT 比において有意な交互作用 ($F(1, 15) = 5.071, p = 0.040, \eta^2 = 0.253$) を示した。Ex 群は Pre に対して Post の UT/LT 比が低下しており、事後検定では有意な傾向を示した ($t(7) = 2.132, p = 0.070, ES = 0.754$)。また、僧帽筋上部線維と前鋸筋において有意な交互作用を認める傾向があり、Ex 群は Post において僧帽筋上部線維と前鋸筋の活動が低下した。エクササイズ介入前後の肩甲骨挙動において、各期における全ての角度で有意な交互作用、主効果を認めなかった。

肩峰下インピンジメント症候群を有する患者や競技者は、上肢の挙上運動中に僧帽筋上部線維の過活動、UT/LT 比の高値を示すことが報告されている⁶⁾。僧帽筋上部線維の過剰な活動は鎖骨の挙上と肩甲骨の前傾増大に関連する⁵⁾。泳動作中の Push 期は上肢挙上運動の降下局面終盤に相当し、リカバリー期に移行する局面でもある。Push 期において僧帽筋上部線維の過剰な活動や UT/LT 比の増大が生じると、肩甲骨の前傾が増大した状態でリカバリー期の上肢挙上運動に移行すると推察する。上肢挙上時の肩甲骨の前傾増大は SSD を狭小させ、肩峰下インピンジメントを引き起こす可能性があるため、Push 期で UT/LT 比を低下させることは肩峰下インピンジメント症候群を予防するために重要と考える。また、臨床的には UT/LT 比を低下させるというエクササイズの即時効果を得るために、若年競泳選手のウォーミングアップとして本研究で採用した肩甲骨周囲筋群エクササイズを実施することは有効と考える。

一方、肩甲骨挙動では各角度において差がなかった。Lin et al. は健康者を対象とした 4 週間の介入によって、上肢挙上運動中の僧帽筋上部線維の筋活動低下を示したものの、肩甲骨挙動に変化を示さなかったと報告した⁷⁾。一方、Hotta et al. は肩峰下インピンジメント症候群の患者を対象とした 10 週間の介入によって、肩関節屈曲時の肩甲骨外旋角度が増大したと報告した⁸⁾。このような肩甲骨挙動に対する介入効果の矛盾は、介入期間や対象者の特性が影響していると考えられる。本研究では、健康な若年競技者に対する即時効果を検証していたため、対象が健康者であったこと、介入が即時的であったことが肩甲骨挙動に影響を及ぼさなかった理由として推察される。また、泳動作として用いたスイムベンチの試技にはリカバリー期の運動が含まれていなかった。今回、計測したデータから明らかではないものの、リカバリー期における上肢挙上運動中の肩甲骨挙動には即時効果を与えた可能性もある。

なお、本課題における対象者は課題 2 と同じ 17 名であったため、SD の保有者が含まれていた。その内訳は、Ex 群で 8 名中 4 名、Con 群で 9 名中 4 名であった。サンプルサイズが少なく解析に至らなかったものの、SD の有無によってエクササイズ介入の即時効果に対する影響が示唆されるため、SD の有無による介入前後の筋活動及び肩甲骨挙動の比較を試みた。Pull 期の筋活動において、Ex 群の SD 保有者はエクササイズ介入後に僧帽筋上部・中部・下部、前鋸筋の活動増大がみられるのに対し、他の群では介入前後に変化がみられなかった。今回、Pull 期の筋活動では有意差を示さなかったが、SD の有無によってエクササイズ介入効果は異なってくる可能性が考えられる。

【まとめ】

本研究の成果より、肩甲骨周囲筋群のモーターコントロールを改善させるエクササイズが推奨され、水中トレーニング前に実施することが求められる。水中前のエクササイズ介入によって、肩峰下インピンジメント症候群の発生リスクの少ない泳動作で水中トレーニングをおこなうことが可能になると考える。また、SD の評価は、泳動作中における肩関節障害発生リスクのスクリーニング検査として役立つ可能性がある。継続的な測定を実施することで水泳肩発生リスクの高い選手の早期発見、早期対応が可能となり予防につながると考える。今後は、Scapular Dyskinesia の評価を用いて肩甲骨周囲筋群の協調性を縦断的に評価し、肩甲骨周囲筋群の協調性と水泳肩発生との因果関係や長期のエクササイズ介入効果を検証することが求められる。

【引用文献】

1. Wanivenhaus F, Fox AJS, Chaudhury S, Rodeo SA. Epidemiology of Injuries and Prevention Strategies in Competitive Swimmers. *Sports Health*. 2012 2012/05/01;4(3):246-51.
2. Trinidad A, Gonzalez-Garcia H, Lopez-Valenciano A. An Updated Review of the Epidemiology of Swimming Injuries. *PM R*. 2020 Oct 3:1-16. PubMed PMID: 33010194. Epub 2020/10/04.
3. Mise T, Mitomi Y, Mouri S, Takayama H, Inoue Y, Inoue M, et al. Hypomobility in Males and Hypermobility in Females are Risk Factors for Shoulder Pain Among Young Swimmers. *Journal of sport rehabilitation*. 2022;31(1):17-23.
4. Pink MM, Tibone JE. The painful shoulder in the swimming athlete. *Orthopedic Clinics of North America*. 2000;31(2):247-61.
5. Ludewig PM, Reynolds JF. The association of scapular kinematics and glenohumeral joint pathologies. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 2009;39(2):90-104.
6. Cools AM, Declercq GA, Cambier DC, Mahieu NN, Witvrouw EE. Trapezius activity and intramuscular balance during isokinetic exercise in overhead athletes with impingement symptoms. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*. 2007;17(1):25-33.
7. Lin YL, Karduna A. Four-week exercise program does not change rotator cuff muscle activation and scapular kinematics in healthy subjects. *J Orthop Res*. 2016 Dec;34(12):2079-88. PubMed PMID: 26996811. Pubmed Central PMCID: PMC5031522. Epub 2016/03/22. eng.
8. Hotta GH, Santos AL, McQuade KJ, de Oliveira AS. Scapular-focused exercise treatment protocol for shoulder impingement symptoms: Three-dimensional scapular kinematics analysis. *Clinical Biomechanics*. 2018;51:76-81.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 三瀬貴生, 栗田剛寧, 鎌苅翔平, 阿久澤弘, 押川智貴, 松永直人, 江玉睦明, 大森豪, 金岡恒治
2. 発表標題 Scapular Dyskinesisが泳動作中の肩甲骨周囲筋活動及び肩甲骨挙動に及ぼす影響
3. 学会等名 第32回日本臨床スポーツ医学会学術大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三瀬貴生, 市川浩, 下門洋文, 馬場康博, 大森豪, 阿久澤弘, 金岡恒治
2. 発表標題 水泳動作中の肩甲骨周囲筋活動にエクササイズ介入が与える即時効果
3. 学会等名 第31回日本臨床スポーツ医学会学術集会
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	金岡 恒治 (Kaneoka Koji)		
研究協力者	阿久澤 弘 (Akuzawa Hiroshi)		

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究協力者	市川 浩 (Ichikawa Hiroshi)		
研究協力者	下門 洋文 (Shimojo Hirofumi)		

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関