©NSCA JAPAN
Volume 28, Number 7, pages 56-69

Key Words【水泳：swimming、肩のキネティックチェーン：shoulder kinetic chain、肩の問題：shoulder problems、肩のエクササイズ：shoulder exercises】

クロール選手のための水泳に特異的な肩のストレングス＆コンディショニングプログラム

A Swim-Specific Shoulder Strength and Conditioning Program for Front Crawl Swimmers

John Bradley, [1] Ph.D.　**Stewart Kerr,** [2] M.Sc.　**David Bowmaker,** [2] Ph.D.
Jean-Francois Gomez, [3] M.Sc., M.Phty.
[1]Independent Researcher, Cheshire, United Kingdom
[2]LifeFit Physiotherapy, Falkirk, Scotland, United Kingdom
[3]Mardyke Arena (UCC), Mardyke Walk, Cork, Republic of Ireland

要約

水泳は全身運動であるが、水泳選手に頻発しうるのは肩の問題である。水泳の推進力は主に上半身で生み出されるが、下半身と体幹も重要な補助的役割を果たす。水泳における肩のキネティックチェーン（SSKC）とは、全身を使って水泳の推進力を生み出すことを説明する言葉である。優れた水泳選手はストロークにSSKCを用いることから、効果的なストレングス＆コンディショニング（S＆C）プログラムにもSSKCを取り入れるべきである。本稿では、SSKCを用いる一連の水泳に特異的なエクササイズを紹介する。これらは肩を中心としたエクササイズであるが、全身を対象とした水泳のS＆Cプログラムの基盤として役立つ。

はじめに

水泳選手は、水泳に多くの時間を費やし、水泳のストロークを繰り返し行なう結果として、肩に傷害を生じることが多い。水泳選手の肩の傷害を調査した先行研究は、標準的な水泳選手について、大学生年齢（平均19歳）で週平均12時間（4～18.8時間）、距離にして42 km（9～110 km）を泳いでおり（7）、また用いられる泳法は、しばしば自由形と呼ばれるフロントクロール（FC）が過半数を占めると説明している（37）。肩痛は、水泳選手が広く経験しうる問題であり（いわゆる「水泳肩」）、有病率は推定18～91％である（6,14,22,32,35,37）。数字に幅があるのはおそらく、痛みの定義の違いや対象集団の違い（性別、年齢、および身長は、いずれも肩痛の発生率に影響を及ぼすことが明らかになっている[7,35]）によるものであろう。

水泳選手の肩の問題に関するレビュー（7）では、肩の問題の発生リスク増大に関連づけられる様々な要因が特定されている（**図1**）。特定された主な要因は、肩の筋力、肩の筋持久力、水泳のストロークにおける肩のバイオメカニクス的因子、水泳トレーニングからの一時離脱（シーズン終了後の回復期は除く）、既往歴、および肩関節の可動域である。**図1**に、肩のインピンジメントと特に関連性の強い、主なバイオメカニクス的因子を示した。その他の要因と肩の問題との関連性は様々であるが、興味深いことに、肩関節の柔軟性と可動域は、肩痛との関連性が比較的低い。水泳からの一時離脱は肩の問題と関連づけられるが、これはおそらく、水泳選手のキャリア全体を通して連続的な適応が生じている可能性を示唆している。そのため、離脱を経て水泳に復帰する場合は、肩の傷害リスクを回避するための入念な管理が必要である。

Swim England（イングランドの水泳競技統括団体）は、水泳は全身を用いる運動であると説明している。しかし、水泳には全身が関与しているにもかかわらず、水泳選手の肩の問題を調査し

た研究のほとんどは、肩以外の関連領域の特定を怠っている。肩甲帯以外の動作や機能を検証した研究は非常に少ない。そこで本稿では、先行研究がFC泳法における肩の問題に関連づけている要因について分析し、それらを水泳における全身の関与に当てはめて考察する。その上で、一連の水泳に特異的な肩のコンディショニングエクササイズを、水泳選手のストレングス＆コンディショニング（以下S&C）プログラムの基盤を構成するものとして提案する。

水泳のメカニクス

肩関節は複合関節である(9)。上腕骨頭は肩甲骨とともに肩甲上腕(GH)関節を形成し(**図2**)、その安定した基盤から起始する筋群は、GH関節の動的安定性に貢献する(17)。肩甲骨それ自体は体軸骨格とは連結せず、肩鎖関節を通じて肩峰端で鎖骨と連結する。そして鎖骨は、胸鎖関節を通じて胸骨端で胸骨と連結する。ローテーターカフの4つの筋（棘上筋、棘下筋、小円筋、および肩甲下筋）は、GH関節を支持する主要な筋群であり、上腕骨頭を肩甲骨に引き寄せている(**図3**)。肩甲骨を安定させているのは、肩甲骨を脊椎（僧帽筋、菱形筋、および肩甲挙筋）、肋骨（前鋸筋および小胸筋）、上腕骨（ローテーターカフ筋群、大円筋、三角筋、烏口腕筋、上腕二頭筋、および上腕三頭筋）、および首（肩甲舌骨筋）に引き寄せる筋群である(**図3**)。この複雑な構造によって、肩関節は身体で最も可動域の大きい関節となっているが、それだけに安定性を靭帯や筋の支持に依存する割合が大きい(36)。

上肢で生み出された力は、GH関節を通じて肩甲骨に伝わり、そこから肩鎖関節を通じて鎖骨に伝わり、さらに胸鎖関節を通じて体軸骨格および身体へ伝わる。これは力を上肢から身体へと伝達するキネティックチェーンを形成しており、それらはすべて支持筋群によって安定化されている。FC泳法における推進力の大半(90%)は、腕とGH関節が生み出している(10)。水泳選手は、手と前腕を水中に固定し、それらを、身体で直進線をまたぐようなカーブを描きながら追い越す泳ぎ方をする傾向がある(5,19)。これを効果的かつ効率的に実施するには、肩関節とそれを支持する筋群および構造を協調させなければならない。FC泳法のストロークは、キャッチ、プルスルー、およびリカバリーの各局面に分けられる(**表1**)。主な推進力はプルスルー局面において生み出され、前鋸筋、大胸筋、および広背筋がローテーターカフ筋群を補助して上腕骨を内旋させ、比較的固定された手の上で身体を前進させる

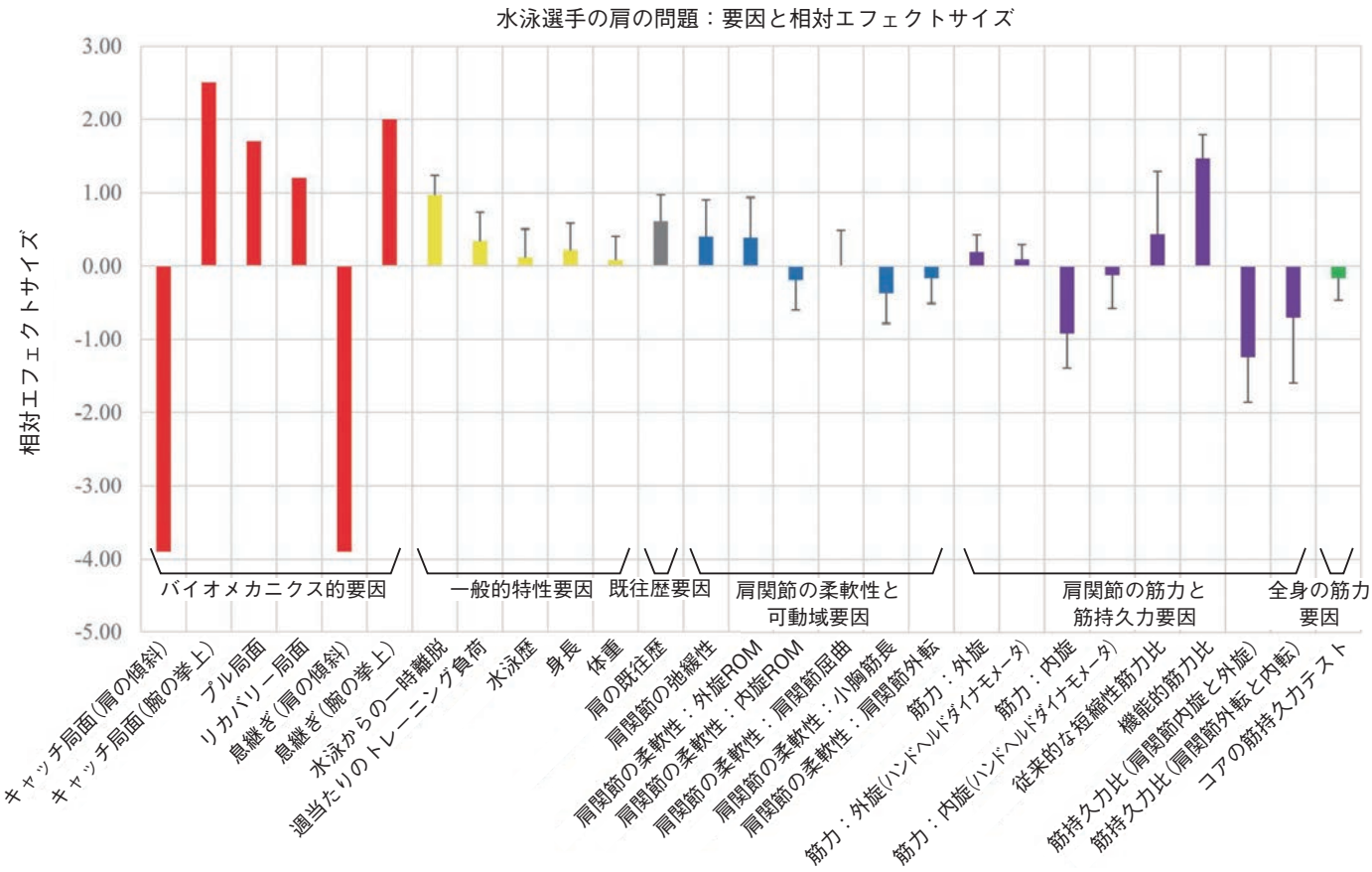


図1　肩の問題に関連づけられる各要因のエフェクトサイズ(7)

(15,25)。FCの推進力の生成に用いられ、上腕骨とGH関節の効果的な動作に重要な筋群がある一方で、肩甲骨の動作と安定化に用いられる筋群もある。FCストロークのキャッチ局面における上腕骨の外旋には、肩甲骨の外転と上方回旋が関与しており、これには前鋸筋、僧帽筋、菱形筋、および小胸筋を大きく活動させる必要がある。プル局面からリカバリー局面にかけての上腕骨の内旋には、肩甲骨の下方回旋が関与しており、これには肩甲挙筋と菱形筋が用いられる。そしてリカバリー局面には、肩甲骨の内転と上方回旋が関与しており、これには特に三角筋、菱形筋、前鋸筋、および僧帽筋の活動が求められる。

FCの推進力の大半は腕と肩によって生み出されるが、自由形の泳速度は、脚の蹴り動作を加えることでさらに10%増加する(10)。これは主に、脚がストローク中の身体の他の部分に相対的な安定性をもたらすためである。したがって、水泳の推進力には、足から手までの全身が関与しているということができる。全身が一体となって効果的な泳動作を生み出し、協調的で効率的なひとつの単位として連結しているのである。胸椎は肋骨に安定性を与えつつ、股関節と肩のローリングの可動性をもたらす。体幹の可動性は、肩甲骨の傾斜角度すなわち肩のローリングに制限をもたらすことで、FCストロークのキャッチ局面とリカバリー局面における肩甲骨のポジションに直接影響を及ぼす(**表1**)。腰部、体幹、および脚部の動作とコーディネーションが不適切であると、下半身が肩と上半身にもたらす貢献が制限される。

ストローク中の脚のポジションと役割は、FC泳における身体のポジションと腕の動作に影響を及ぼす。脚の動作を加えると、泳速度が10%増加するのと同時に、1回のストロークにおける前方へのリーチが36%増加し、ストロー

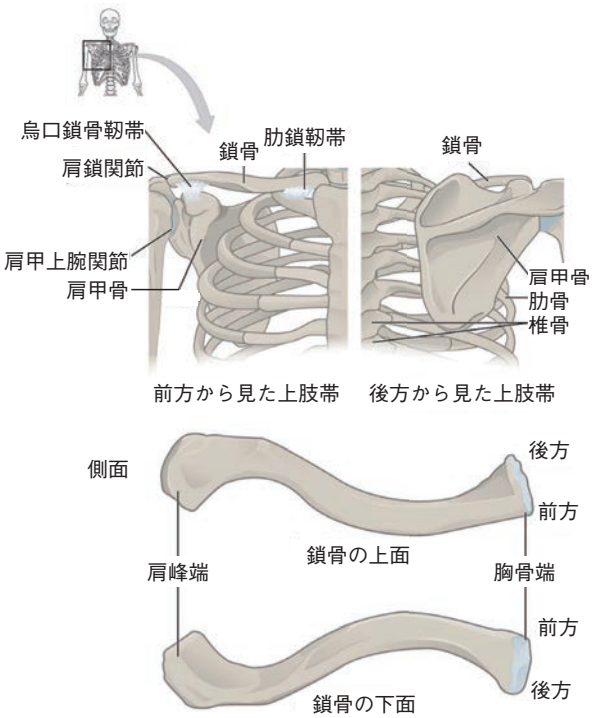


図2　上肢帯の骨

OpenStaxの『Anatomy & Physiology』から許可を得て転載(Section 8.1, Figure 2)。OpenStax CNX。2016年2月26日、http://cnx.org/contents/14fb4ad7-39a1-4eee-ab6e-3ef2482e3e22@8.24、クリエイティブ・コモンズ・ライセンスの下で転載(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)。

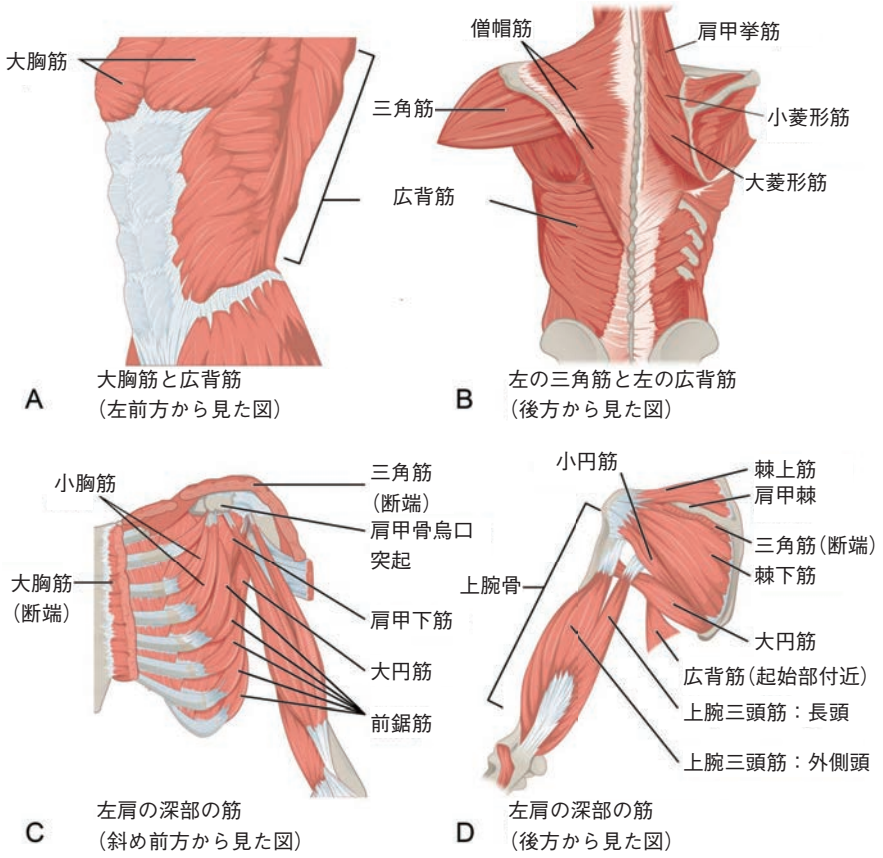


図3　上腕骨を動かす筋群

OpenStaxの『Anatomy & Physiology』から許可を得て転載(Section 11.5, Figure 2)。OpenStax CNX。2016年2月26日、http://cnx.org/contents/14fb4ad7-39a1-4eee-ab6e-3ef2482e3e22@8.24、クリエイティブ・コモンズ・ライセンスの下で転載(https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)。

ク中の手首の深さが15％減少し、またストローク中の手首の（前後軸における）後方への動きが50％以上減少した（10）。このことから、脚が泳速度の向上に大きな役割を果たすのは、それが手首の軌道およびFCストロークの動作を変化させるためであると考えられる。Deschodtら（10）はまた、FCストロークに脚の蹴り動作を加えると、股関節の上下動が減少することを観察しており、その結果、身体の他の部分の安定性が増して、腕がより力強い動作パターンを発揮することが可能になるとしている。また、地区レベルとエリートレベルの水泳選手では、100 mと200 mのFC泳における疲労の影響が、ストローク頻度とストローク長に加え、肘と手首のポジションも有意に変化させることが明らかになっている（12,30,31）。疲労はまた、上腕を挙上する際の肩甲骨の上方回旋も減少させることが明らかになっている（34）。全般的に、脚の動作はそれ自体が上半身の動作に大きな影響を及ぼしている。脚部と背部の不適切なコンディショニングとコーディネーション、および疲労の発生は、脚の蹴り動作がもたらす貢献を減少させ、それが安定性に果たす役割を制限し、結果としてFCストロークの効率を低下させる可能性がある。

水泳における肩のキネティックチェーン

肩のキネティックチェーンという言葉は、複数の身体セグメントの関節運動と筋活動を統合して遂行される、上肢の動的課題を説明するものとして用いられている（17,29）。しかし、肩のキネティックチェーンという概念は、投動作、打撃、およびサーブのように、陸上で行なわれる活動にのみ適用されており、それらは地面から身体を通じて上肢の遠位部へと流れる動作である。水泳もまた、動的かつ主に上肢を用いる課題であるが、陸上で行なう活動ではない。手と前腕が水中で比較的固定され、身体がそれを追い越していくという観点からすると（5,15,19）、FC泳は遠位から近位への動作となる。しかし、腕の動作と身体のポジションは、脚と下半身が水泳に果たす役割に強く影響を受ける。したがってFC泳は、下肢から始まって遠位の手と腕に流れる動作とみなすことができる。効率的な水泳に全身が関与していることは間違いなく、したがって、水泳における全身の関与を伴う特異的な肩の動作を十分に説明するためには、水泳における肩のキネティックチェーン（SSKC：Swimming shoulder kinetic chain）という特異的な概念が必要となる。

水泳では、多くの時間と努力が、適切なストロークテクニックを身につけることに費やされる。水を「感じる」という表現が、あらゆる泳法におけるストロークのプル動作を説明するのに広く用いられている。水泳と陸上のコンディショニングにおいて、SSKCを効果的に利用して脚と身体を手と腕に結

表1　FCのアームストロークの各局面と、肩の問題の「リスクが高い」人の特性に基づく、肩の問題が起こりやすいポイント（38）
図はPink & Tibone（26）から許可を得て転載

ストロークの各局面（右腕）	必要な動作	潜在的な問題
キャッチ局面：手の入水、前方へのリーチ、およびキャッチ	腕の挙上および肩の傾斜／ローリング、ローテーターカフ筋群の伸張性筋活動に次いで短縮性筋活動、肩甲骨の外転および上方回旋、胸椎の回旋	肩甲骨の傾斜角度すなわち肩のローリングの制限、テクニックの欠陥（オーバーリーチ）による可動域末端での過度の肩甲骨挙上、不適切な下肢のポジショニング（下半身が低い位置にあるなど）
プル局面：肘を立てながらのプルスルー	肩甲上腕関節の内旋、ローテーターカフ筋群による短縮性内旋動作、肩甲骨の下方回旋、胸椎の回旋	内旋筋力の不足によって肩甲骨のポジショニングが制限されて起こる挙上と外転、不適切な腰部と脚部の動作とコーディネーション
リカバリー局面：肘を立て、肩を外旋させて行なう手の離水とリカバリー	肩甲上腕関節の内旋から外旋への切り替え、肩甲骨の内転、胸椎の回旋	胸椎の回旋の制限、肩の傾斜／ローリングの制限、内旋から外旋への切り替え時にローテーターカフ後部の筋活動が遅れて開始

FC＝フロントクロール

びつけることは、効率的な水泳のテクニックを促進する。この効果的なストロークテクニックを発揮するのに必要な微細運動の制御を身につけるためには、何年もの水泳トレーニングを積まなくてはならない。しかし、この微細運動の制御とともに、水泳のキャリアを通して、肩関節複合体におけるGH関節への筋の支持を十分に維持し、局所的な肩のメカニクスを最適化することが重要である。この主張は、競技を一時離脱した選手が復帰後、肩の問題の発生率が上がることを示した研究結果と一致する(1)。効率的なFCストロークにおける身体の筋のコーディネーションには、体幹および上下肢の筋とともに、肩を構成する26個の筋の多くが用いられる(23)。個別の筋の貢献度を明らかにするのは困難であるが、SSKCでは、水泳のストロークに関与する幅広い筋群を用いる動作に重点を置く。SSKCを考慮し、各エクササイズに脚、身体、および上肢の動きを組み込むことで、適切な動作パターンが強化される(21)。そのことが、特異的な肩のコンディショニングをもたらし、また同時に、身体と下肢から肩への十分な筋の支持をもたらすことに繋がる。

水泳における肩の問題

水泳選手の肩の問題(「水泳肩」)を引き起こす主な要因のひとつは、上腕骨頭と肩峰下構造のインピンジメントが繰り返し発生することであるとされる。この現象は従来、肩峰下インピンジメント症候群と呼ばれていた。しかし、非外傷性の肩痛は様々な要因によって生じることから、近年では肩峰下疼痛症候群、または回旋筋腱板関連肩痛と呼ばれるようになっている(8,18,24,28)。それでも、いくつかの研究が、水泳における肩のインピンジメントポジションと、それが水泳のストロークのバイオメカニクス的動作に強く関連していることに焦点を当てている(**図1**)。FCストロークにおいて、肩の問題を生じる可能性が明らかになっている3つの主な局面は(38)、キャッチ局面、プル局面、およびリカバリー局面である(**表1**)。これらの局面において、肩のインピンジメントを起こすリスクが高い選手は通常、FCストロークのテクニックに次の3つの特徴を示す。(a)プル局面における肩の内旋動作が大きい。(b)リカバリー局面における肩の外旋の開始が遅い。(c)傾斜角度すなわち肩のローリングが小さい(38)。同様にPinkら(24)も、肩痛の70%がプル局面の前半に、また18%がリカバリー局面に発生していることを観察している。さらには水泳に伴う疲労も、ストローク長と外旋可動域を減少させることで、水泳のストロークのメカニクスに有意に影響を及ぼすことが明らかになっている(20)。

FCストロークの3つの局面では、GH関節、肩甲骨、ローテーターカフ筋群、胸椎の筋群、およびその他の肩関節を支える構造の動作を協調させて前方への推進力を生み出し、同時に肩関節の支持を維持する。水泳選手の肩の問題は複数の要因から生じる可能性があり、ストロークのテクニックとバイオメカニクスに影響を及ぼす。またこれには、局所の組織(ローテーターカフ筋群、上腕二頭筋長頭腱、肩の関節唇、関節包、および滑液包)の状態と、それらが肩の動作に伴うストレスに耐える能力も影響を及ぼす。SSKCの上腕または下肢からすべての関節および筋を通じて身体へと至るいずれかの部分に、何らかの不足や動作の欠陥があれば、それがいずれ肩の問題を引き起こす可能性がある(11,28)。**表1**に、肩の問題が起こりやすいFCストロークの3つの局面について、それらを構成する動作と、各動作に関連する潜在的な問題をまとめた。

FCストロークのキャッチ局面では、腕の挙上と胸椎の回旋によって手を前方にリーチし、水を「掴む」ことで、推進局面をスタートさせる(**表1**)。この動作においては、肩が内旋動作を開始するのに伴い、肩甲骨が外転および上方回旋し、またローテーターカフ筋群が最初に伸張性筋活動、次いで短縮性筋活動を行なう。肩甲骨の外転および上方回旋を行なう主な筋は、前鋸筋と僧帽筋である。この動作を行なう際、キャッチ局面における頭や身体のポジションが低かったり、またはオーバーリーチになったりすることで、肩甲骨が過度に挙上されると、肩峰下構造の圧迫などの肩の問題を引き起こす可能性がある。

FCストロークのプル局面においては、前鋸筋、大胸筋、および広背筋という大きな筋群が、ローテーターカフ筋群とともに、GH関節の回旋と力強い推進動作を引き起こす。この局面において重要なのは、肩甲骨の支持とポジショニングである。内旋筋力や肩甲骨の支持筋群の筋力に不足があったり、体幹と脚の動作とコーディネーションが不適切であったりすると、肩の問題を引き起こす可能性がある。

リカバリー局面においては、GH関節が内旋から外旋へ切り替わるのに伴い、三角筋、菱形筋、前鋸筋、僧帽筋、およびローテーターカフ筋群が、肩甲骨を内転、胸椎を回旋させる。これによって腕はキャッチ姿勢に戻り、その間に反対側の腕はプル局面を実施する。肩甲骨の内転と下方回旋を行なう主な筋は、僧帽筋中部、菱形筋、広背筋、および小胸筋である。胸椎の回旋に制限があったり、ローテーターカフ後部の筋群に筋力不足があったりすると、GH関節が十分に支持されず、肩の問題を引き起こす可能性がある。

このような議論と、**表1**にまとめた潜在的な問題は、肩の筋力と筋持久力が水泳選手の肩の問題を引き起こす主な要因であると特定した研究結果と一致する(7)。水泳選手の肩の傷害と最

も強く関連している筋力および筋持久力の要因は、短縮性および伸張性の肩関節内旋筋力、機能的な等速性肩関節筋力比(伸張性肩関節外旋筋力と短縮性肩関節内旋筋力の比)、肩関節内外旋筋持久力、および肩関節内外転筋持久力である(**図1**)。これらの動作において重要なのは、GH関節と肩甲骨を支持する局所の筋群と、GH関節のローテーターカフ筋群である。肩甲骨のポジションと運動は、肩関節が適切に機能する上で重要であり、肩甲骨の運動異常を報告しているオーバーヘッド競技の選手は、肩痛を起こすリスクが43%高いと推定されており(16)、水泳に伴う疲労が肩甲骨のバイオメカニクスに有意に影響を及ぼし(33)、ひいては肩の問題の発生リスクを高めるとする研究結果を裏づけている。

水泳における肩のキネティックチェーンのエクササイズ:主な留意点

週5回以上泳ぐ水泳選手は、水泳トレーニングが身体の姿勢、安定性、および筋力に及ぼす悪影響を防ぐために、陸上でのエクササイズに参加することが推奨される(2)。そこで本稿では、競技選手に加えレクリエーションレベルの水泳選手も対象として、SSKCの概念を取り入れた一連のコンディショニングエクササイズを紹介する。このプログラムは、あらゆる年齢、競技レベル、および能力の水泳選手向けに作成されている。いずれも全身を用いるエクササイズであり、効率的な水泳に用いられる筋群のコンディショニングを目的とする。このプログラムは、水泳選手を指導するコーチ、治療専門家、およびS&C専門職に役立つ。

SSKCエクササイズは、水泳特異的なS&Cプログラムの基盤を構成するものとして、肩関節の可動域エクササイズ、および特異的な肩の筋力および筋持久力の向上エクササイズと併せて用いることができる。それによって、肩甲帯を支持する諸構造が上腕に十分な可動性をもたらすことが可能となり、また、ひとつの動作のみが過度に強化されることを防げる。SSKCのコンディショニングプログラムは全身に重点を置き、これに伝統的なGH関節と肩甲骨の筋力向上および可動性エクササイズを併用する。いずれかひとつのエクササイズが、特に肩の問題を予防するというものではない。以下に様々なエクササイズの詳細を示すが、これらは能力の向上に伴い、必要に応じて説明のとおり漸進させる。目指すところは、最も多くのレップを重ねることでも、最も高速で動作することでもなく、可能なかぎり最良のテクニックと動作の質を達成し、維持することである。基準のレップ速度は1レップ2秒であり、これは100 mのFC泳を60秒、30ストロークサイクル(左右各30サイクル)で泳ぐとして、1ストロークサイクルのプル局面は、ストロークサイクル全体の半分を占めるとの前提に基づく(3)。

水泳が反復的な運動であることと、競技に向けて準備をする選手が一般的に長い時間を水中で過ごすことから、肩甲骨を支持する局所筋群の疲労の潜在的影響が注目される。このことは特に、特定の筋力および筋持久力向上エクササイズの実施タイミングを左右する要素となりうる。ローテーターカフ筋群と肩甲骨の支持筋群を強化するS&Cサーキットは、有益なコンディショニング活動である。多くの人は、内旋動作を実施する際に肩甲骨を十分に制御できず、それが「肩の引き上げ」、すなわち肩甲骨の過度の前傾または挙上に繋がるのである(27)。しかし、これらのエクササイズは、ローテーターカフ筋群その他の肩関節を支持する局所筋群を疲労させる。実施直後には、肩甲骨とGH関節の支持と制御が低下する可能性があるため、プールでトレーニングを行なう前には実施を避けるべきである。

水泳における肩のキネティックチェーンエクササイズ

SSKCに重点を置いたエクササイズは、全身を用いるという水泳の特性に対応している。さらに、これらSSKCエクササイズの多くは、水泳の動作を再現し、水泳に用いられる筋群を用いている(25)。本稿では、一連のSSKCエクササイズを、それぞれ複数の漸進方法とともに紹介する。各エクササイズの漸進を判断する主な基準も示した。すべての基準が満たされた場合にのみ、漸進が推奨される。各エクササイズの適切な動作パターンとテクニックを強化することが、水泳の適切なコンディショニングを確立する上で重要である。またこれらの基準は、正確なレップ数をカウントするための指標としても役立つ。適切なテクニックを維持できなくなった時点で、そのセットは終了とする。不適切なテクニックでさらにレップを重ねることは避けるべきである。動作の習熟度とコンディショニングが向上するのに伴い、一部のエクササイズは、特定種目の標準的なタイムと同じ長さにわたって、あるいは適切なテクニックを維持できなくなるまで連続的に実施することもできる。

スイムハンドプランク

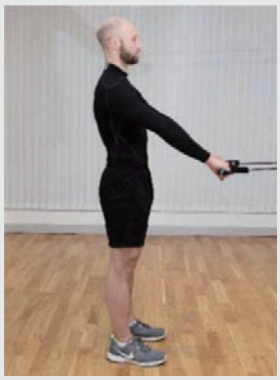
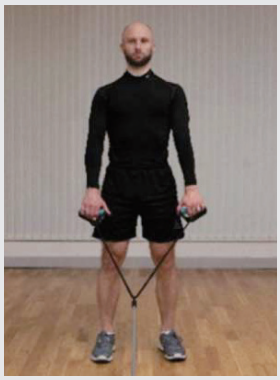
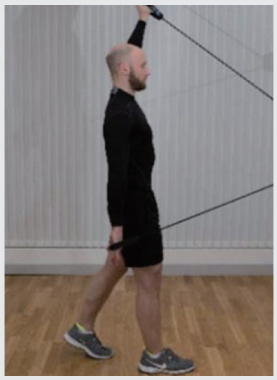
スイムハンドプランクは、胸椎の回旋、肩甲骨の回旋、および体幹と腹部の筋群を協調させて行なう(**表2**)。SSKCエクササイズの中では唯一、胸椎の回旋動作を含む。僧帽筋、棘上筋、および上背部の筋群を用いて肩を水平外転させ、水泳に特異的な動作を行なう。肩甲骨の回旋と内転は、FCの主な局面であるキャッチ局面、プル局面、およびリカバリー局面において重要である(**表1**)。肩甲骨の上方回旋は、キャッチ局面で腕を前方にリーチすることを可能にする。一方、肩甲骨の下方回旋は、プル局面で肩を内旋させることを可能にし、肩甲骨の内転は、リカバリー局面

表2　スイムハンドプランクSSKCエクササイズ：2つの漸進レベルの開始と終了姿勢		
レベル	開始姿勢	終了姿勢
1		
2		
主な基準：		
動作中は背中を真っ直ぐ伸ばしたニュートラルな姿勢に保ち、耳から股関節までを一直線にする。腰を反らしたり、上背部を丸めたり、頭を下げたりしない。		
片腕を垂直方向まで回旋させる。手に視線を向けながら、頭、肩、上背部をスムーズに回旋させる。		
レベル1から開始する。左右とも腕を回旋させて床面から指先まで一直線に伸ばし、なおかつ背中をニュートラルな姿勢に保てるようになれば、レベル2に漸進する。		
胸椎に緊張があると、可動域に制限が生じ、漸進が遅れる。		
両足で体重を支える間、股関節を伸展させて背中をニュートラルな姿勢に保つ（腰を反らさない）。		
スイムハンドプランクは、片腕で水泳のストロークを行なう2ポイントニーリングハンドプランクから、左右交互または片腕での「ストローク」を行なうフルハンドプランクへと漸進させることができる。最初は2～3セット×10～15レップから、または適切な動作が維持できなくなるまで行なう。この動作を適切に実施できるようになれば、次のような方法でさらに漸進させる。		
両足を揃えることで、床面との接点を狭めて1つにする。		
一方の足の上に反対側の足を乗せることで、足と床面との接点を1つにする。		
反対側の足を上げて宙に浮かせることで、同じく足と床面との接点を1つにする。		
必要に応じてエクササイズセットの強度と継続時間を変え、筋力と筋持久力いずれかのコンディショニングを強調する。		

SSKC＝水泳における肩のキネティックチェーン

で腕を水から抜き出すことを可能にする。胸筋群、肩甲挙筋、および広背筋など、肩甲骨を安定化し制御する筋群の伸張性が不足していると、腕を効率的に頭上へ伸ばすのに重要な肩甲骨の上方回旋の能力が制限される。このエクササイズを適切なテクニックで実施することは、肩甲骨の可動域を維持する上で重要である。オープンおよびクローズドキネティックチェーンを組み合わせて上肢に負荷をかけることで、ローテーターカフと肩甲骨の筋群がバランスよく動員される。またプランク姿勢は、上半身を安定化させる体幹と腹部の筋群を動員し、水泳のキック動作に多用される股関節屈曲筋群を活動させる。この動作パターンに何らかの制限がみられる場合、特定の筋群の可動域または筋力が不足している可能性が考えられる。

表3　ステップ＆ローテートwithマーチングアームエクササイズ：2つの漸進レベルの開始と終了姿勢

レベル	開始姿勢		終了姿勢	
1				
2				

主な基準：

- 動作中は背中をニュートラルな姿勢に保ち、耳から股関節までを一直線にする。
- 両腕を真っ直ぐ伸ばしたまま、身体の前方に固定したストレッチコードなどで抵抗をかけながら片腕を頭上に上げ、反対側の腕を股関節のすぐ後ろまで下げる。それと同時にコントロールされた動作で1歩前に踏み出す。
- 踏み出す動作は直線上で行ない、腕を動かしながら身体を捻ったりしない。肩を丸めたり捻ったり、背中を反らしたりするのは、エクササイズの強度が高すぎる可能性がある。
- レベル1から開始する。両腕を肩を挟んで一直線に上下させ、また背中をニュートラルな姿勢に保って、踏み出す動作で捻らないようになれば、レベル2に漸進する。

2～3セット×20レップで、または適切な動作が維持できなくなるまで行ない、レップごとに挙上する腕と踏み出し脚を左右入れ替える。ステップ＆ローテートwithマーチングアームは、両腕の上げ下げを伴うステップフォワードから、同じく両腕を上げ下げしながら台の上に乗るステップアップへと漸進させることができる。この動作は、左右の股関節を同時に屈曲・伸展させるパターン、および上肢の類似パターンを発達させて強化し、同時に体幹と腹部の筋群を動員する。この動作を背中のニュートラルな姿勢を保ち、肩を丸めたり腰を反らしたりせず、またステップアップ動作で身体を捻ったりせずに実施できるようになれば、次のような方法でさらに漸進させる。

- ステップアップの台を高くする。
- 両足首にバンドを巻き、踏み出し脚に抵抗を加える。
- BOSUバランストレーナーなどの不安定なサーフェスの上に踏み出す。
- 必要に応じてエクササイズセットの強度と継続時間を変え、筋力と筋持久力いずれかのコンディショニングを強調する。

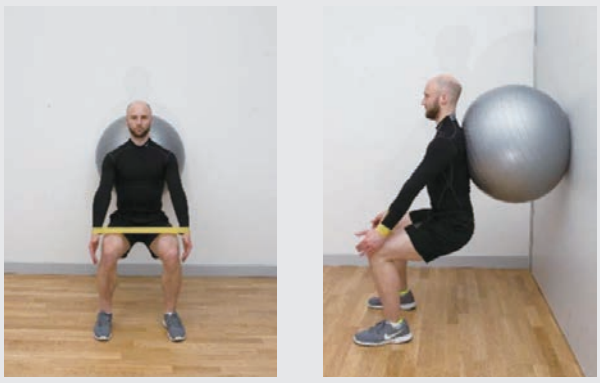
ステップ＆ローテートwithマーチングアーム

ステップ＆ローテートwithマーチングアームエクササイズは、肩のローテーターカフ筋群に加え、股関節屈曲筋群と脊椎伸展筋群を強化する（**表3**）。ローテーターカフ筋群は、FCストロークの主な局面に用いられる（**表1**）。キャッチ局面では、手が入水して水を掴む過程で、ローテーターカフ筋群が最初に伸張性、次いで短縮性の筋活動を行なう。これにより、キャッチ局面において上腕骨頭が安定化され、GH関節の動的制御が向上する。また、キャッチ時の手のポジションを肩より低くし、肩が手より上にくるようにすることで、肩関節構造への負荷がより小さいポジションが得られる（4）。さらに脚の動作、および脚と体幹の筋群の協調的な動作は、上半身を安定させ、水中における上半身の動作の効率と効果を高める。

オーバーヘッドスクワットシークエンス

オーバーヘッドスクワットは、水泳における力強い蹴伸びと流線型のグライド姿勢を強化し、なおかつローテー

表4　オーバーヘッドスクワットシークエンス：2つの漸進レベルの開始と終了姿勢

レベル	開始姿勢	終了姿勢
1		
2		

主な基準：

- 足を肩幅程度に開き、開始姿勢から完全に直立した姿勢になるまでスムーズな動作でエクササイズを行なう。
- 動作中は背中をニュートラルな姿勢に保ち、肩を丸めたり腰を反らしたりしない。
- 両肩を外旋させて前腕を正面に向けたら、押し上げるように頭の横まで完全に腕を挙上し、同時に身体を伸展させて完全に直立する。
- 足から手まで全身が一直線になったらエクササイズは終了である。ローテーターカフ、背部伸展筋群、または僧帽筋の筋力や動員が足りず、また胸椎の伸展可動域に制限があると、動作を適切に実施できない可能性があり、抵抗を加える前に改善が必要である。

2～3セット×10～15の完全なレップで、または適切な動作が維持できなくなるまで行なう。必要に応じて最初は腕に抵抗を加えずに実施し、適切な動作パターンを発達させる。エラスティックバンドを両手首に追加し、動作中は引き伸ばした状態を保つと、ローテーターカフ後部の筋群（棘下筋と小円筋）の活動が増大する。手に保持するウェイトを追加すると、この筋活動が強化されるが、必ず基本のエクササイズパターンに習熟してから取り入れる。この動作を適切に実施できるようになれば、次のような方法でさらに漸進させる。

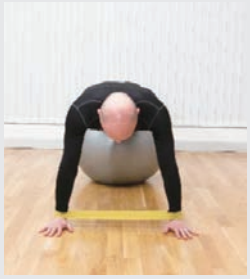
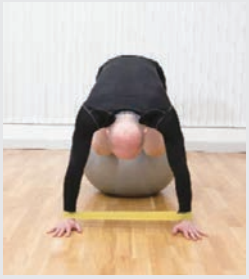
- 脚を伸展させる際に片脚を上げ、両腕を伸展させて片脚で立った状態で動作を完了する。
- 動作中ずっと片脚で立ち、反対側の脚をボールの上に乗せておく。
- BOSUなどの不安定なサーフェス上に立って実施する（高度なレベル）。
- 必要に応じてエクササイズセットの強度と継続時間を変え、筋力と筋持久力いずれかのコンディショニングを強調する。

ターカフ後部、殿筋群、背部伸展筋群、僧帽筋を活動させ、全身の可動域を動かすのに効果的なエクササイズである(**表4**)。弾性抵抗や軽量のウェイトを追加すると、この全身動作の全体を通して、ローテーターカフ筋群を十分に動員することができる。肩甲骨安定筋群とローテーターカフ筋群を動員して水泳に特異的な動作を実施することは、肩の問題が起こりやすいFCストロークの3つの局面を強化することになる(**表1**)。さらにこのエクササイズは、脚の蹴りが協調と安定化に果たす役割に重要な殿筋群、僧帽筋、および背部伸展筋群を動員する。

プローン・オーバー・スタビリティボール

このエクササイズは、三角筋、大円筋、上腕三頭筋、大胸筋、広背筋、腹筋、ローテーターカフ、および前鋸筋を活動させる(**表5**)。この連続的動作は、上肢からのクローズドキネティックチェーンという条件下で水泳のキネティックチェーンを用いるのに非常に適している。ローテーターカフと肩甲骨の筋群とともに、腹筋群と股関節屈曲筋群が動員される。伏臥位になって肩を外旋させる動作は、FCのキャッチ局面における腕の動作に一致しており、適切に動作すると、ローテーターカフに属する肩甲下筋が伸張性筋活動を行なう。またこのエクササイズにおけるGH関節の内旋は、肩甲下筋を短縮性筋活動させ、FCのプル局面に一致する(**表1**)。このエクササイズで手首に弾性抵抗を追加すると、棘上筋、三角筋、僧帽筋、および前鋸筋といったローテーターカフと肩関節の支持筋群の活動が増大する。さらに、スタビリティボールの上に股関節を乗せることで、広背筋と腹筋群も動員され、SSKCが手からスタビリティボールとの接点まで延長される。

表5　プローン・オーバー・スタビリティボール：開始と終了姿勢

レベル	開始姿勢	終了姿勢その1	終了姿勢その2
1			

主な基準：

- 伏臥位で両足をスタビリティボールの上に乗せ、手と腕は肩の下の楽な位置で上半身を支える。動作中はバンドを両手首で引き伸ばした状態を保つ。
- 手の位置はそのままで、膝をボールの上で転がして身体のほうへ引き寄せる。そこから後方へ転がし、開始姿勢に戻る。
- 体幹と脚を一直線に保ったまま、身体をボールの上で後方へ転がし、両腕を頭上へ伸ばす。この姿勢では、身体が手から肩、股関節、足関節まで一直線でなくてはならない。そこからまた開始姿勢に戻る。
- このエクササイズを適切に実施するには、背中を反らさず肩を丸めないことが重要である。

2～3セット×10～15の完全なレップで、または適切な動作が維持できなくなるまで行なう。このエクササイズは、動作に慣れるまで、手首でバンドを引き伸ばさずに実施することができる。またエクササイズの動作を覚えさせ、身体姿勢を強化するために、必要に応じてウォークアウトエクササイズを用いることもできる。胸をボールに乗せ、前方へ転がしコントロールを保てる限界まで手で歩く。そこから開始姿勢に戻る。エクササイズ全体を適切に実施できるようになれば、次のような方法で漸進させる。

- SSKCの長さを股関節または大腿から下腿まで延長する。ただし、エクササイズ中に身体の一直線の姿勢が崩れてはならない。
- 必要に応じてエクササイズセットの強度と継続時間を変え、筋力と筋持久力いずれかのコンディショニングを強調する。

SSKC＝水泳における肩のキネティックチェーン

肩の筋力、筋持久力、および運動制御の向上エクササイズ

SSKCのコンディショニングプログラムは、全身の協調的な動作に重点を置いている。しかし、伝統的なGH関節と肩甲骨の筋力向上および可動性エクササイズも、必要に応じてSSKCの補助として用いることができる。肩関節内外旋の短縮性および伸張性筋力は、水泳選手の肩の問題と強く関連している(7)。そのため、これらの動作に重点を置いた2種類のエクササイズを提案する。これらの筋群の筋力を高めることは、疲労の影響と、それに伴うFCストロークのバイオメカニクスの変化を相殺するのに役立つ。いずれのエクササイズも一連の漸進方法がある。導入時のエクササイズは、肩のローテーターカフ筋群の局所的な筋制御に重点を置く。そこから漸進して肩甲骨の制御を取り入れ、肩の局所的な筋力をSSKCに結びつける。SSKCエクササイズと同じく、重要なのは適切なフォームと動作パターンを維持することである。これらのエクササイズ自体が、肩の筋群を短期的に疲労させる可能性があり、一時的な肩甲骨の運動異常を引き起こす場合があるため、水泳前のトレーニングで実施してはならない。

GH・エクスターナルローテーション・モーターコントロール

このエクササイズは、FCストロークのキャッチ、プル、およびリカバリー局面に用いられるローテーターカフ筋群を用いる(**表6**)。腕に支えをした状態で実施し、特にGH関節の外旋筋群(棘上筋、棘下筋、小円筋、および三角筋)を強化する。漸進エクササイズでは、肩甲骨を軽く内転させて肩と上腕の前面を台から浮かせることで、さらに菱形筋と僧帽筋の活動が増大する。

GH・インターナルローテーション・モーターコントロール

上記のGH関節外旋エクササイズと同じく、このGH関節内旋エクササイズは、FCストロークのキャッチ、プル、およびリカバリー局面に用いられるローテーターカフ筋群を用いる(**表7**)。仰臥位をとって肘の下に支えを置き、伸張性から短縮性の内旋動作を実施することで、GH関節の内旋筋群(肩甲下筋と三角筋)が強化される。漸進エクササイズでは、肩甲骨を軽く外転させて上腕を支えから浮かせることで、さらに胸筋群の活動が増大する。

サーキットプログラム

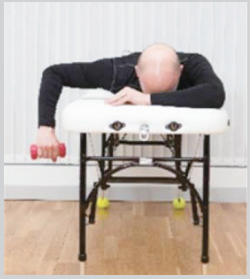
SSKCエクササイズは、水泳選手の陸上コンディショニングプログラムに組み込み、可動域や肩の筋力および筋持久力向上エクササイズと併用することができる。トレーニング効果を獲得するには、このようなコンディショニングプログラムを週2～3回実施しなくてはならない(13)。ただし、肩関節を支持する筋群が疲労し、それに伴い肩甲骨とGH関節の支持と制御が低下することを避けるため、プールで行なうトレーニングの直前には実施しない。適切な動作と運動制御に重点を置き、そのためエクササイズのテクニックと漸進の基準に特に注意を払う。各エクササイズには複数のレベルがある。最初は最も簡単なレベルで6週間実施し、神経筋の適応を促す。その後、次のレベルに漸進してまた6週間という具合に続ける。指定がある場合は、軽いウェイトまたは低い抵抗レベルのセラバンドから開始し、能力の向上に応じて漸進させる。これらエクササイズの重点は、最初は動作と制御の質を最大限に高めること、次にレップ数を増やすこと、その次にウェイトの重量やバンドの抵抗レベルを増やすことである。選手は、動作中に痛みを感じたら負荷を下げ、助言を求めるべきである。エクササイズをひととおり習得したら、選手は自身でプログラムを継続し、各エクササイズからいずれかのレベルを選んで実施することが推奨される。そのようにすることで、前のレベルのエクササイズを復習することが可能となり、長期的なプログラムに変化が生まれる。S&Cプログラムの内容は、期分けトレーニング計画によって変動をもたせることも可能であり、ある日は短時間、高負荷の筋力向上エクササイズを強調し、また別の日は長時間の筋持久力エクササイズを強調するといったことができる。**表2～7**に、本稿で紹介したエクササイズについてまとめた。

まとめ

SSKCは、水泳における肩だけでなく全身の動作を考慮に入れたものである。先行研究において、水泳選手の肩の問題に関連づけられる複数の要因が特定されている。しかし、それらは主に肩そのものに焦点を当てている。水泳における肩の動作は、SSKC全体から影響を受ける。そこで本稿では、SSKCを強化するための多様な全身エクササイズの例を紹介した。これらを陸上の水泳コンディショニングプログラムに取り入れることで、FC泳法に多い肩の問題の減少と予防を図ることができる。また必要に応じて、より特異的な、単一の身体セグメントのみ用いるエクササイズを補助的に実施することもできる。◆

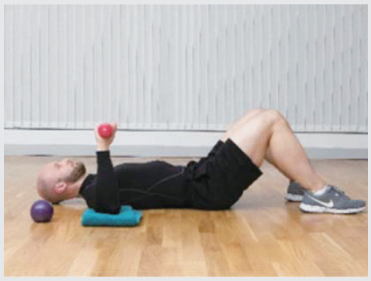
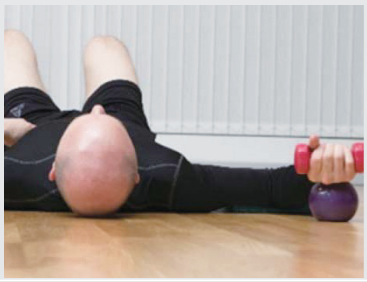
謝辞

本稿の準備にあたり、有益なコメントを提供してくださったScottish SwimmingのAlan Lynn氏とSundays Well Swimming Club(アイルランド、コーク)に感謝の意を表する。

表6　GH・エクスターナルローテーションエクササイズ：2つの漸進レベルの開始と終了姿勢		
レベル	開始姿勢	終了姿勢
1		
2		

主な基準：
伏臥位で肩を90°外転、肘を90°屈曲させ、前腕を真下に向ける。このエクササイズは追加の抵抗を用いずに実施できるが、写真では軽いウェイトを手に保持している。
上腕を巻いたタオルなどに乗せて台の表面から少し浮かせ、肩甲骨を軽く内転させる。
肩を外旋させて前腕を水平方向に向け、そこから開始姿勢に戻る。この動作全体を全レップでスムーズに、コントロールしながら可動域全体を使って実施する。
このエクササイズは、ゆっくり行なうと最も効果が得られる。動作中は肩甲骨と体幹を動かさず、腕のみを動かす。体幹の筋群を使ったり、身体を捻ったりして腕を補助してはならない。
左右各2～3セット×10～15レップでゆっくりと、または適切な動作が維持できなくなるまで行なう。このエクササイズは最初は簡単に思えるかもしれないが、全レップを通じてコントロールを維持しなくてはならない。肩甲骨と体幹は同じ姿勢を維持し、可動域全体を使って全レップ実施する。このエクササイズをコントロールされた動作で実施できるようになれば、次のような方法で漸進させる。
上腕を支えるタオルを取り除き、動作中は腕を持ち上げたままで能動的に肩甲骨を内転させた状態を保つ。
ウェイトを重くして動作の抵抗を増やす。
必要に応じてエクササイズセットの強度と継続時間を変え、筋力と筋持久力いずれかのコンディショニングを強調する。

表7　GH・エキセントリック／コンセントリックインターナルローテーションエクササイズ
：2つの漸進レベルの開始と終了姿勢

レベル	開始姿勢	終了姿勢
1		
2		

主な基準：

- 仰臥位をとって腕の下に支えを置く。このエクササイズは追加の抵抗を用いずに実施できるが、写真では軽いウェイトを手に保持している。
- 肩を外旋させて前腕を水平方向に向け、そこから開始姿勢に戻る（写真に示すとおり、ボールなどを用いて外旋動作の終了姿勢を示すことができる）。
- 腕を終了姿勢まで動かす間、股関節や腰を動かしたり、床面から浮かせたりしない。動作全体を全レップでスムーズに、コントロールしながら可動域全体を使って実施する。
- このエクササイズは、ゆっくり行なうと最も効果が得られる。動作中は肩甲骨と体幹を動かさず、腕のみを動かす。体幹の筋群を使ったり、身体を捻ったりして腕を補助してはならない。
- 両足で体重を支える間、股関節を伸展させて背中をニュートラルな姿勢に保つ（腰を反らさない）。

左右各2～3セット×10～15レップでゆっくりと、または適切な動作が維持できなくなるまで行なう。このエクササイズは最初は簡単に思えるかもしれないが、全レップを通じてコントロールを維持しなくてはならない。肩甲骨と体幹は同じ姿勢を維持し、可動域全体を使って全レップ実施する。このエクササイズをコントロールされた動作で実施できるようになれば、次のような方法で漸進させる。

- 上腕を支えるタオルを取り除き、腕を床面から持ち上げて肩甲骨を軽く外転させる。動作中は肩甲骨を挙上させた状態を保つ。
- ウェイトを重くして動作の抵抗を増やす。
- 必要に応じてエクササイズセットの強度と継続時間を変え、筋力と筋持久力いずれかのコンディショニングを強調する。

References

1. Abgarov A, Fraser-Thomas J, Baker J. Understanding trends and risk factors of swimming-related injuries in varsity swimmers. *Clin Kinesiol* 66: 24–28, 2012.
2. Bak K. The practical management of swimmer's painful shoulder: Etiology, diagnosis, and treatment. *Clin J Sport Med* 20: 386–390, 2010.
3. Bak K, Magnusson S. Shoulder strength and range of motion in symptomatic and pain-free elite swimmers. *Am J Sports Med* 25: 454–459, 1997.
4. Becker T, Havriluk R. Quantitative data supplements qualitative evaluations of butterfly swimming. In: *Proceedings of the XIth International Symposium for Biomechanics and Medicine in Swimming*. Kjendli, PL, Stallman, R, and Cabri, J, eds. Norwegian School of Sports Sciences, 2010. pp. 314–316.
5. Blanch P. Conservative management of shoulder pain in swimming. *Phys Ther Sport* 5: 109–124, 2004.
6. Borsa P, Scibek J, Jacobson J, Meister K. Sonographic stress measurement of glenohumeral joint laxity in collegiate swimmers and age-matched controls. *Am J Sport Med* 33: 1077–1084, 2005.
7. Bradley J, Kerr S, Bowmaker D, Gomez JF. Review of shoulder injuries and shoulder problems in competitive swimmers. *Am J Sport Sci Med* 4: 57–73, 2016.
8. Cools A, Michener L. Shoulder pain: Can one label satisfy everyone and everything?. *Br J Sport Med* 51: 416–417, 2017.
9. Culham E, Peat M. Functional anatomy of the shoulder complex. *J Orthop Sports Phys Ther* 18: 342–350, 1993.
10. Deschodt VJ, Arsac LM, Rouard AH. Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25-m sprint front-crawl swimming. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 80: 192–199, 1999.
11. van Dorssen E, Whiteley R, Mosler A, Ortega-Cebrian S, Dijkstra P. Shoulder injuries in swimming: Meeting the challenge. *Aspetar* 3: 571–580, 2014.
12. Figueiredo P, Nazario R, Cereja A, Vilas-Boas, JF RJ. The effect of fatigue on the 200m front crawl underwater stroke pattern. *Portuguese J Sport Sci* 11: 231–234, 2011.
13. Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, Franklin BA, Lamonte MJ, Lee IM; and American College of Sports Medicine. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sport Exer* 43: 1334–1359, 2011.
14. Harrington S, Meisel C, Tate A. A cross-sectional study examining shoulder pain and disability in division I female swimmers. *J Sport Rehabil* 23: 65–75, 2014.
15. Heinlein SA, Cosgarea AJ. Biomechanical considerations in the competitive swimmer's shoulder. *Sports Health* 2: 519–525, 2010.
16. Hickey D, Solvig V, Cavalheri V, Harrold M, McKenna L. Scapular dyskinesis increases the risk of future shoulder pain by 43 % in asymptomatic athletes: A systematic review and meta-analysis. *Br J Sport Med* 52: 1–10, 2018.
17. Kibler W, Ludewig P, McClure P, Michener L, Bak K, Sciascia A. Clinical implications of scapula dsykinesis in shoulder injury: The 2013 consensus statement from the "scapula summit". *Br J Sport Med* 47: 877–885, 2013.
18. Lewis J. Rotator cuff related shoulder pain: Assessment, management and uncertainties. *Man Ther* 23: 57–68, 2016.
19. Maglischo E. Increasing propulsion. In: *Swimming Fastest*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2003. pp. 5–42.
20. Matthews MJ, Green D, Matthews H, Swanwick E. The effects of swimming fatigue on shoulder strength, range of motion, joint control, and performance in swimmers. *Phys Ther Sport* 23: 118–122, 2017.
21. McMullen J, Uhl TL. A kinetic chain approach for shoulder rehabilitation. *J Athl Train* 35: 329–337, 2000.
22. Mohseni-Bandpei M, Keshavarz R, Minoonijhad H, Mohsenifar H, Shakeri H. Shoulder pain in Iranian elite athletes: The prevalence and risk factors. *J Manip Physiol Ther* 35: 541–548, 2012.
23. Neagle C, Bennett J. Subacromial anatomy and biomechanics related to the impingement syndrome. *Oper Techn Sport Med* 2: 82–88, 1994.
24. Pink M, Edelman G, Mark R, Rodeo S. Applied biomechanics of swimming. In: *Athletic and Sport Issues in Musculoskeletal Rehabilitation*. Manske R, Zachazewski J, Quillen W, eds. St. Louis, MO: Elsevier Saunders, 2011. pp. 331–349.
25. Pink M, Perry J, Browne A, Scovazzo M, Kerrigan J. The normal shoulder during freestyle swimming: An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. *Am J Sport Med* 19: 569–576, 1991.
26. Pink MM, Tibone JE. The painful shoulder in the swimming athlete. *Orthop Clin North Am* 31: 247–261, 2000.
27. Rickart D, Barrett M, Halaki M, Driscoll T, Ackermann B. A study of right shoulder injury in collegiate and professional orchestral cellists: An investigation using questionnaires and physical assessment. *Med Probl Perform Art* 27: 65–73, 2012.
28. Rodeo S. Imaging the painful shoulder in swimmers. *Aspetar* 4: 450–453, 2015.
29. Sciascia A, Cromwell R. Kinetic chain rehabilitation: A theoretical framework. *Rehabil Res Pract* 2012: 853037, 2012.
30. Seifert L, Chollet D, Chatard JC. Kinematic changes during a 100-m front crawl: Effects of performance level and gender. *Med Sci Sports Exerc* 39: 1784–1793, 2007.
31. Seifert L, Chollet D, Rouard A. Swimming constraints and arm coordination. *Hum Mov Sci* 26: 68–86, 2007.
32. Sein M, Walton J, Linklater J, Appleyard R, Kirkbridge B, Kuah D, Murrell GA. Shoulder pain in elite swimmers: Primarily due to swim-volume-induced supraspinatus tendinopathy. *Br J Sport Med* 44: 105–113, 2010.
33. Serenza FS, Oliveira AS, Bedo BLS, Mariano FP, Aquino R, Warner M, Santiago PRP. Biomechanical analysis of the shoulder of swimmers after a maximal effort test. *Phys Ther Sport* 30: 14–21, 2018.
34. Su KP, Johnson MP, Gracely EJ, Karduna AR. Scapular rotation in swimmers with and without impingement syndrome: Practice effects. *Med Sci Sports Exerc* 36: 1117–1123, 2004.
35. Tate A, Turner G, Knab S, Jorgensen C, Strittmatter A, Michener L. Risk factors associated with shoulder pain and disability across the lifespan of competitive swimmers. *J Athl Train* 47: 149–158, 2012.
36. Terry GC, Chopp TM. Functional anatomy of the shoulder. *J Athl Train* 35: 248–255, 2000.
37. Walker H, Gabbe B, Wajswelner H, Blanch P, Bennell K. Shoulder pain in swimmers: A 12-month prospective cohort study of incidence and risk factors. *Phys Ther Sport* 13: 243–249, 2012.
38. Yanai T, Hay J. Shoulder impingement in front-crawl swimming: II. Analysis of stroking technique. *Med Sci Sport Exer* 32: 30–40, 2000.

From Strength and Conditioning Journal
Volume 41, Number 4, pages 1-17.

著者紹介

John Bradley：
英国チェシャーに拠点を置く運動生理学者で独立系研究者。

Stewart Kerr：
LifeFit Physiotherapyの臨床専門公認理学療法士で臨床部長。

David Bowmaker：
LifeFit Physiotherapyの臨床専門公認理学療法士で最高責任者。

Jean-Francois Gomez：
University College CorkのMardyke Arenaでスポーツおよびアスリートパフォーマンス担当責任者を務める。