Key Words 【ゴルフ:golf、ユース:youth、クラブヘッドスピード:club head speed、身体的な決定要因:physical determinants、ゴルフスイング:golf swing】

# ゴルフスイングパフォーマンスの身体的な決定要因:ユースゴルファーに対する 考慮事項

Physical Determinants of Golf Swing Performance: Considerations for Youth Golfers

James Shaw, <sup>1</sup> M.Sc., CSCS Zachariah I. Gould, <sup>1</sup> Ph.D., CSCS Jon L. Oliver, <sup>1,2</sup> Ph.D. Rhodri S. Lloyd, <sup>1,2,3</sup> Ph.D., CSCS, <sup>\*</sup>D, FNSCA

## 要約

ゴルフでは、クラブヘッドスピー ドがゴルファーのより高いスキル レベル、および全体としてのロース コアに関連している。研究による と、クラブヘッドスピードはゴルフ スイングパフォーマンスの重要な 指標であり、適切なストレングス& コンディショニング介入で強化す ることができる。クラブヘッドス ピードの決定要因を理解すること は、ユースゴルファーの才能の特定 と開発のためのテストバッテリー のデザインに役立つ可能性があ る。この投稿は、ゴルフスイングパ フォーマンスのバイオメカニクス 的および身体的な決定要因に関す る最近の文献に焦点を当て、これら の決定要因をテストするために用 いることができる利用可能なテス トを検討することを目的としてい る。

## はじめに

ゴルフは、良いパフォーマンスを発 揮するために心理的、戦術的、技術的な 習熟が必要な、スキルベースのスポー ツである。ゴルフスイングのその技術 的な性質のために、しばしば最も複雑 な動きのスポーツのひとつとみなされ る(20)。伝統的に、スイングテクニッ クの改良、心理学に基づくアプローチ の導入、または科学技術による強化を 通じて、ゴルフのパフォーマンスを向 上させることに多くの焦点が当てられ ていた。しかし、クラブヘッドスピー ド(CHS)やキャリーディスタンス(85) といった、スイング特性を改善するた めのストレングス&コンディショニン グ(S&C)プログラムの利点への関心 が高まっており、CHSが速く、キャリー ディスタンスが長くなるとスコアが減 少し、パフォーマンスが向上すること が示されている(31)。近年の調査デー タによると、PGA(プロゴルフ協会)ア シスタントプロの約79%が何らかの 形のS&Cを取り入れており(108)、これは以前、ゴルフのコーチの46%がゴルフをするために体型を気にする必要はないと考えていたことを示すデータと比較して、著しく増加していることを示している(25)。

文献の中で著者らは、ゴルフスイン グパフォーマンスと、ボールスピン (57) やクラブフェースの角度(21)、 ロールディスタンス(57)、スイングの 運動学(57)、パターの精度(100)、アプ ローチショットの精度(100)、ターゲッ トの精度(50)などを含むゴルフショッ トの結果の特徴を把握するために、 様々な指標を調査した。文献で報告さ れている最も一般的なゴルフスイング パフォーマンスの指標はCHSである。 これはインパクトの瞬間におけるゴル フクラブのヘッドスピードであり、よ くボール速度と合わせて記述されて いる(31)。CHSおよびインパクトの瞬 間から導き出されるボール速度は、イ ンパクト直後の計算されたボール速度

<sup>&</sup>lt;sup>1</sup>Youth Physical Development Centre, Cardiff School of Sport and Health Sciences, Cardiff Metropolitan University, Cardiff, United Kingdom

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup>Sport Performance Research Institute, New Zealand (SPRINZ), AUT University, Auckland, New Zealand

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup>Centre for Sport Science and Human Performance, Waikato Institute of Technology, Hamilton, New Zealand

である(101)。CHSの改善は、ボールが ティーから地面に落ちるポイントまで 飛んだ距離として定義されるドライビ ングディスタンス(49)に有意に関連し ていることが示されている。さらに、 CHSはハンディキャップと強く相関 しており、熟練したゴルファーはスキ ルの低いゴルファーよりもCHSが高い ことが示唆されている(31)。介入研 究では、CHSを主要な従属変数として 使用することが多く、レビュー論文で は、S&C介入はゴルファーのCHSを増 加させる可能性があるとされている (24,93)。これらの調査結果は、適切な S&Cプログラムを通じてゴルファーに おけるCHSを増加させることの実現可 能性と重要性を強調している。

現在、ヨーロッパには30万人以上のユースゴルファー(18歳以下)が登録されており(83)、各国の総括団体が、若い才能のあるゴルファーが世界の舞台で活躍できるようにサポートしている。これにより、若い将来性のある選手を特定するためのタレント発掘の必要性が高まっている。同様に、過去20年間で、若年アスリートにおける運動能力の長期的な発達により高い関心が寄せられている(61)。ゴルフクラブを効果的に振るために必要とされる運動能力(85)、およびゴルフスイングが練習やプレー中に身体に課す要求

(12)の観点から、健康およびパフォーマンスにおける利点のため、神経筋トレーニングは、能力開発プログラムの重要な要素であるべきである(79)。また、バイオメカニクス的および身体的観点の両方から、そのスポーツに要求される要素を正しく理解し、ユースゴルファーのトレーニング処方を最適化するために、成長と成熟の影響を認識する必要があることを留意しておかなければならない。

# ゴルフスイングのバイオメカニクス 的特性

ゴルファーは、絶えず変化する制約 (疲労、不安、道具、競技状況、天候、また は地面の状態など)においても、質の高 いボールを打ち続けるために、スイン グする上で適応性が求められる(33)。 ゴルフスイングは、5つのフェーズ、つ まり、アドレス、バックスイング、ダウ ンスイング、インパクト、およびフォ ロースルーに大きく分割することが できる(74)(**図1**)。ドライビングディ スタンスを最大化するために、ゴル ファーは技術的効率とCHSの向上に重 要な役割を果たすスイングの各フェー ズにおいて、コンタクトのポイントで ピークセグメント速度に到達する必要 がある(45.49)。ドライビングディス タンスは、クラブヘッドの角速度とレ バーの長さによって影響を受ける可能性があり、それはすなわち腕(アーム)とゴルフクラブであり、よくアームクラブシステムと呼ばれている(49)。アームクラブシステムは、ゴルファーの形態とテクニック(49)によって上手く活用でき、前者はユースゴルファーが成熟して身長が伸び始めるにつれて自然に発達するものである。

クラブヘッドの角速度は、スイング の各フェーズで異なる影響を受ける可 能性があり、その中における特定の動 きのパターンがドライビングディスタ ンスに有利に働く(49)。したがって、 スイングの各フェーズがどのようにゴ ルフのスイングパフォーマンスに影響 するのかを理解することが重要であ る。ゴルフスイングの開始位置はアド レスポジションとして知られており、 これにより、ゴルファーは股関節をヒ ンジさせ、ニュートラルな静的姿勢、お よび正しいバイオメカニカル的ポジ ションにおける動的バランスを確保す る(32)。これは、(a) 股関節からのヒン ジ、(b)ニュートラルな姿勢(ニュート ラルな頭部位置、胸椎伸展、ニュートラ ルな骨盤位置)、(c)ニュートラルな肩 甲帯、(d)膝のわずかな屈曲、(e)真ん中 でのバランス保持、および(f)ターゲッ トに合わせること、以上によって達成 される。



図1 ゴルフスイングのフェーズの識別

(A) アドレス、(B) バックスイング、(C) ダウンスイング、(D) インパクト、および(E) フォロースルー(画像提供:Dr. Golf Global)。

バックスイング時の目的は、最適な ポジショニング(ゴルフコーチによっ て「クラブを平面に保つ」と呼ばれる) と、最大の角速度および精度でダウン スイングを行なうために、ゴルフクラ ブを正しい位置に保持することである (45)。バックスイングは、水平面に沿っ て骨盤と上半身を時計回りに回旋させ ることで開始する(特に明記されてい ないかぎり、ここではすべて右利きの ゴルファーとして説明)(74)。バック スイングが開始されると、ゴルファー の体重が後脚に向かって移動するのが みられ、地面反力(GRF)(48,81)、足圧 (11)、および重心(48)の変化を通じて 複数の研究がこの体重移動を定量化し ている。インパクトの際に大きなCHS を生成するためには、プロゴルファー でもアマチュアゴルファーでも、かな りの量のGRFを生み出す必要がある (87)。これは、ドライバーと5番アイア ンを打っている際に体重×0.2~2の 範囲のGRF値を確認した研究によって さらに証明できる(5,53)。ユースゴル ファーでは、ピークGRFが大きいほど、 6番アイアンとドライバーのショット でCHSがより高く、キャリーディスタ ンスがより伸びることが実証されて いる(90)。成人においても、ハンディ キャップの高いゴルファーと低いゴル ファーの間でGRFの違いが確認されて おり、よりスキルの高いゴルファーは ダウンスイング全体を通じてより高い GRFが生成でき(81)、またダウンスイ ング中に下肢においてより高い筋活動 を行なうことができる(69)。力の生産 はS&Cの実践を通じて良い方向に変化 させることができるため(24,93)、これ は専門職が考慮すべき重要な特性であ る。

バックスイングのもうひとつの目的は、胸椎と骨盤の間の分離を増加させ、xファクターを創り出すことである(70)(図2)。この動作により、xファクターストレッチと呼ばれる動きが生

み出される。より大きなxファクター ストレッチは、ハンディキャップの低 さや、CHSとボール速度の大きさに起 因し(11,15,73)、ユース世代の間では、 より高い運動能力を有するゴルファー は、より大きなxファクターストレッ チを生み出すことが認められている (38)。xファクターストレッチに起因 するメカニズムは明確ではない(45)。 しかし、伸張反射の増加は、より多くの 弾性エネルギーを誘発させ(ストレッ チ-ショートニングサイクル[SSC]の 活性化)、遠位セグメントの回転速度を 高めることが示唆されている(49)。x ファクターストレッチに関連するCHS の増加は、下半身と体幹の伸張性収縮 の活性化に起因するとも議論されてい る(6,81)。この概念は、バックスイング の持続時間が長い(約0.80 秒[73])こ とで、速いSSC活動に関連する興奮性 メカニズムを促進することはできない が、遅いSSC活動のメカニズム(すなわ ち、クロスブリッジ形成の時間の増加) とより一致する。

Cochran&Stobbs(17)、 お よ び Tinmarkら(99)は、より高いスキルを もつゴルファーのダウンスイングの持 続時間は約230~284ミリ秒であることを示したが、ダウンスイングは、クラブヘッドがバックスイングのトップで

静止している瞬間から、インパクトの 瞬間までとしてよく測定される(99)。 しかし、McTeigueら(73)は、高いスキ ルを有するゴルファーが、ダウンスイ ングでは下半身を最初に始動し、上半 身がターゲットから離れて回旋し続け (これにより、xファクターストレッチ 全体も増加する)、したがって、以前に 認識されていたよりもダウンスイング の時間フレームが長くなり、ゴルフス イングが遅いSSC活動であるという考 えをさらに支持した。ユース世代の間 では、柔軟性は小児期に得られやすく (71)、柔軟性の発達において「感受性 期」が $6 \sim 11$ 歳の間に起こることが知 られている(94)。この重要な期間は、 成人期に移行する時期が継続されてい るかぎり、ゴルファーがより大きなx ファクターストレッチを生成する能力 に寄与する可能性がある。xファクター が胸椎と骨盤の分離であることを考え ると、xファクターストレッチに関連 する可能性のある他の要因は、胸椎と 股関節の可動性と下半身の安定性であ る。ただし、これを実証するには、さら なる研究が必要である。

ダウンスイングの目的は、最大速度 での特定のショットにおいて、意図し たスイング軌道に合わせ、ボールに対 してクラブのヘッドをスクエア(直角)

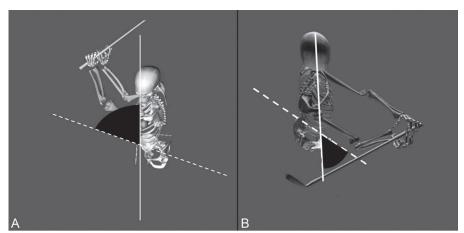


図2 バックスイングのトップポジションにおけるxファクターの三次元画像。点線は骨盤の回旋を表し、ブロック線は肩の回転を表す。胸椎と骨盤の分離の角度はxファクターとして表される。(A)正面からの図と(B)上からの図(画像提供:Bull3DのMark Bull)。

に戻すことである(49)。体幹筋群の 伸張性収縮活動によりダウンスイン グを開始し(81)、右股関節伸展筋群と 外転筋群、および左の大内転筋が骨盤 の反時計回りの回旋を開始させると いわれている(6)。股関節がターゲッ トに向かって回旋し始める際、腕はま だバックスイング(6.81)の動作中であ り、xファクターストレッチ(74)の増 加が起こっている。腕がダウンスイン グを開始すると、広背筋と肩甲下筋は 初期段階で非常に活動が高まり、大胸 筋はダウンスイングの後半の加速段階 で高い活動を示す(35)。バックスイン グからダウンスイングの初期段階への 移行は、ハンディキャップの低いゴル ファー(72)では、GRFが後脚から前脚 にシフトしていることを示しており、 CHSを最大化するためにゴルファーが スイング中に効果的に体重を分散させ る必要性を示している。ゴルファーが 反時計回りに回旋すると、スイング中 の身体の姿勢を維持するために、脊柱 起立筋と腹斜筋群の活動が大幅に高ま る(82)。下半身で生み出されたエネル ギーを、体幹を通って腕に伝達させる 必要があるため、体幹は、ゴルフスイン グのためのパワーの生成機というより も、パワーの伝達機とみなす必要があ る。キネティックチェーンは、膝と股 関節を伸展させ、体幹と肩を回旋させ ることで起こり、手首と手を伸ばすこ とで終わる(49)。CHSは、関連する筋 組織が近位から遠位の部位の順番で活 動が起こっている時に最大化されるこ とが知られている(95)。運動の順序が 正しく効率的に行なわれることで、運 動エネルギーは、各部位の個々の合計 よりも大きくならなければならない (すなわち、力の合計)(49)。ゴルフス イングのバイオメカニクスに関する文 献のほとんどは成人を対象としている ことに注意する必要があり、スイング のバイオメカニクスにおける様々な指 標に対する成長と成熟の影響を把握す

るためには、さらなる研究が必要である。

#### ゴルフスイングの身体的な決定要因

専門職は、ゴルフスイングの重要な フェーズに寄与する身体的な決定要因 にも注意することが重要である。ゴ ルフのパフォーマンスには精神的、技 術的、スキル的要素の重要性があるに もかかわらず、過去の文献では、運動 能力(39)、筋力(34,44,50,109)、パワー (44.56.86.109)、柔軟性(10.91.109)、およ びバランス(64,91,109)がゴルフスイン グに貢献する主要な要素として認識さ れている(図3)。ユースゴルファーの ゴルフスイングに関するこれらの決定 要因を確認できることで、ゴルフチー ム、コーチ、および競技の統括機関が、 個々のゴルファーのニーズに対応する 特定のトレーニング介入を開発するた めに必要な情報を専門職に提供できる ような、関連するテストバッテリーを 開発できるのである。

#### 運動能力

運動能力は、スポーツで必要とされる専門スキルの構成要素とみなされる

基本的な運動スキルを実行する能力として定義されている(43)。運動能力は、目標沿った人間の運動において、個人が示す習熟度を反映している(89)。運動能力の幅と深さは、効果的で長期的な運動能力にとって重要であると述べられている(59)。運動スキル能力は、効果的なスポーツ特有のスキルに移行する構成要素であると考えられており(84)、身体能力の向上(97)と傷害リスクの軽減に繋がる(55)。

運動能力とゴルフパフォーマンスの 関連性を評価している研究は限られて いる。タイトリストパフォーマンスイ ンスティテュート(TPI)は、ゴルフの 姿勢とゴルフスイングに関連する動き を評価するために、ゴルフ特有の動作 スクリーニングを開発した。現在まで のところ、TPI動作スクリーニングと CHSの関係を評価した研究はないが、 1つの研究において、動作スクリーニ ングの各エクササイズとゴルフスイン グでの欠点との関係が調査されている (41)。研究の範囲内での限られた適用 に加えて、CHSでのTPI動作スクリー ニングの妥当性もしくは信頼性を評価 した研究はなく、特にユース世代を対

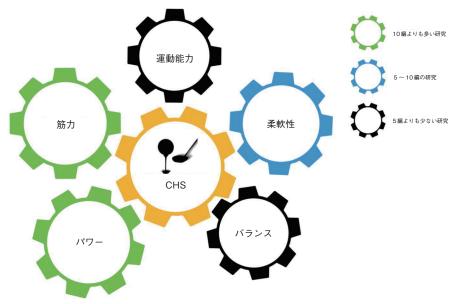


図3 ゴルフスイングの身体的決定要因。歯車の色とフォントサイズは、研究の密度を表している。 CHS=クラブヘッドスピード

象とした研究はない。

ゴルフの動作スクリーニングに は10個のエクササイズが含まれてお り、特にゴルファーの運動能力を評価 するためにデザインされている(37)。 このテストは、ユースゴルファーをス クリーニングする際に、優れた検者間 信頼性と検者内信頼性を備えているこ とが示されているが(37.38)、妥当性の 観点から、ゴルフの動作スクリーニン グでのパフォーマンスの向上が、ゴル フスコアの向上に繋がるかどうかは不 明のままである。さらに、ゴルフの動 作スクリーニングは、合計のスコアと 個々のエクササイズが、ゴルファーが トレーニングフェーズまたは開発プロ グラムを通じて改善しているかどう か、およびどの程度改善しているかを 判断するために不可欠な、複数のシー ズンにわたって起こる変化を検出す る感度を有していることを示してい る(39)。研究によると、ゴルフの動作 スクリーニングでより高いスコアで あったユースと成人のゴルファーは、 脊柱のコントロールとxファクタース トレッチが優れていた。具体的には、 ゴルフ動作スクリーニングの4つのエ クササイズと、xファクターストレッチ の間に関連性があり、前述したように、 より速いスイング速度(11)、より速い ボール速度、より低いハンディキャッ プと関連があることが示されている (13)。すべての年代のゴルファーは、 より優れた脊柱のコントロールとx ファクターストレッチを達成するため に、高いレベルの運動能力を有するこ とが必要とされる(38)。

### 筋力

筋力はパワーを強化するための基礎 とみなされており、適切なレベルの筋力があれば、高速での力発揮能力を高めることができる(97)。地面から下半身に向かって、ゴルフスイング中に大きな力が生成され(67.69)、バックスイ

ングの際に後脚から、ダウンスイング の際に前脚から、様々な大きさのGRF が移行される(11,81)。下半身の筋力と CHSの関係を調査した研究では、様々 なスクワットエクササイズを使用して 筋力を測定したが、曖昧な結果であっ た。それらの研究では、エリートレベ ルの男性ゴルファーにおけるバックス クワットの最大举上重量(1RM)、ハン ディキャップの低い男性ゴルファーに おけるフロントスクワットの1RM、ハ ンディキャップの低い、および高いゴ ルファーにおけるハックスクワット の1RM(推定3~6RM)、そしてレク リエーションレベルのゴルファーにお けるウォールスクワットのタイムが用 いられた(44,50,64,100)。1RMのテス トでは、より小さな相関関係が認めら れた筋持久力のテストとは対照的に、 大きな相関関係から非常に大きな相関 関係が認められた。したがって、ゴル フスイングの爆発的で非反復的な性質 を考えると、より多い反復回数の範囲 で筋持久力を測定するのではなく、下 半身の筋力の最大努力を評価すること が推奨される。最大挙上重量テストに 加えて、アイソメトリックミッドサイ プル時のピークフォースは、男性の高 いスキルをもつレクリエーションレベ ルのゴルファーのCHSと中程度の相関 関係が認められている(56,110)。これ らの知見により、より大きな力を生み 出すことがCHSの改善に繋がることを 示しているが、スイング中の体重移動 の適切なタイミングが、GRFの大きさ と一致して、その結果としてCHSを大 きくしていることが示され(87)、すな わち、より高い筋力と運動能力をもつ ゴルファーがより速いCHSを生み出す ことができることを示唆している。ま とめると、最大の力発揮能力を評価する 身体テストは、速いCHSを生み出す能力 に強く関連しているようであり、ユース ゴルファーのためのテストバッテリー として考慮されるべきである(49)。

一度下半身で力が生成されると、そ れは運動連鎖に従って、体幹を通り肩 と腕に伝達される(49)。ゴルフスイン グ中の適切な順序の動作は、最適な回 転を発生させ、ゴルファーはインパク ト時にボールに伝達させる最大の力を 生み出すことができる。上半身の筋力 テストとして、最大握力はCHSと中程 度から大きな相関を示し(10,44)、ドラ イバーと5番アイアンのボール速度、 キャリーディスタンス(109)と非常に 大きな相関があることが示されてい る。ただし、握力はしばしば上半身の 筋力の副産物であるとされるため(9)、 上半身の総合的な筋力を測定する他の テストを優先する必要があることに注 意する必要がある。

他の上半身のテストでは、おそらく 肩が内転・内旋させられてゴルフスイ ングのダウンスイングが行なわれる際 に、大胸筋の活動が高いとされている ため、胸部の筋力と筋持久力が評価さ れている(69)。下半身の筋力評価と同 様に、上半身の最大努力テストのほう が、筋力持久力テストよりも強い相関 関係が示されている。ベンチプレス (50.100)とペックデック(34)を用いた 上半身の筋力評価では、CHS、最大ボー ル速度、平均ボール速度と大きな相関 関係が認められ、一定の時間内での腕 立て伏せでは小さな相関(64)しか認め られなかった。ある研究では、様々な ハンディキャップの範囲のゴルファー における肩の等尺件・等速性筋力を分 析し、スクラッチゴルファー(ハンディ キャップが0)は、ハンディキャップの 多いゴルファーよりも肩の内外旋の筋 力が強いことが認められた(91)。肩の 筋力は、傷害予防とゴルフスイング中 の肩の安定性にとって重要であるが (36)、CHSに対して貢献しているかど うかは依然として不明である。

推定1RM評価は筋力と相関することが示されているが(111)、過去の研究では、実際に1RMのテストを実施する

ことが、1RM推定値と比較して、より 有効なフィールドベースの筋力の測定 法である可能性が示されている(29)。 ただし、アスリートの技術的な能力が 最も重要であり、機器を使用できるか どうかが重要である。注目すべきこと に、1RMテストからはアスリートの力 産生についての戦略に関する洞察は得 られないが、一方で、等尺性(42)または 動的(54)なプロトコルでのフォースプ レートの活用により、将来的なトレー ニング目標の設定に役立つ力 - 時間関 係の情報を得ることができる(42)。

ダウンスイングの加速フェーズで は、腹斜筋群と脊柱起立筋の高い筋活 動が起こっていることが確認されてお り(67,69)、ゴルフスイングパフォーマ ンスに関連する体幹のテストの理論的 根拠を示している。ハンディキャップ の低いゴルファーにおいて、腹筋群の 持久力とドライバーのキャリーディス タンスの間に中程度の相関関係が認め られている(109)。レクリエーション レベルのゴルファーで実施された別の テストでは、CHSやドライバーと5番 アイアンとのキャリーディスタンスに とって、腰部の筋力が重要であること が認識された(64)。ただし、ハンディ キャップの低いゴルファーでこれにつ いて調査した研究はない。

筋電図を用いた研究では、体幹が脊柱の負荷に対する反応をコントロールするための安定性に作用するため (106)、パワーを生み出す役割はもっておらず、それゆえ最大力発揮能力に対する反応ではないことを示していることに注意すべきである (68)。代わりに、体幹は、股関節から上肢に伝達される力の通り道とみなされるべきであり、より強い体幹をもつ人は、股関節から肩や腕に大きな力を伝えることができるといわれている。これは、ボクシング、野球、テニスなどの他のスポーツでも、下肢、体幹、腕の同調動作が、パンチを打つ、ボールを投げる、サーブを打つ

力の増加に繋がる可能性があることが 証明されている(14,92,104)。

現在までの研究で、ユースゴル ファーを対象としたCHSの身体的な決 定要因を特定して調査したものが1つ だけ存在する(18)。才能のあるユー スゴルファー(13~17歳、ハンディ キャップ $-3.0 \sim 12.6$ )において、筋持 久力(腕立て伏せと修正版の懸垂)の測 定値とCHSとの間には、男女のいずれ においても有意な相関関係は認められ なかった。CHS全体へ貢献を促進する ために、大きな力が地面から生み出さ れる。したがって、下半身の最大筋力 測定値を評価することが妥当である。 しかし、この研究では上半身の筋力測 定値のみを評価しているため、上半身 と下半身がゴルフスイングのパフォー マンスに与えるそれぞれの影響につい て、明確に記述することはできなかっ た。将来的なユース世代を対象とした 研究では、ゴルフスイングの決定要因 をより深く理解するためには、最大下 肢筋力テストの実施を検討するべき である。また、若年層のゴルファーに 対して、成熟度がゴルフスイングのパ フォーマンスに与える影響はまだ検討 されていないことにも注意する必要が ある。研究によると、成熟度はユース 世代の様々な身体的資質に影響を与え る可能性があり(59)、したがって、ゴル フスイングのパフォーマンスの測定に 関する成熟の役割とトレーニングとの 相互作用をより理解するために、さら なる研究を行なう必要がある。

#### パワー

パワーは、一定の時間当たりに行なわれる仕事として定義することができ、力に速度を乗じることによって計算できる(102)。筋力は、パワーを発達させるための基礎とみなされており、適切なレベルの筋力があれば、速い速度での力発揮能力を高めることができる(97)。ゴルフスイング中に大きな力

を生み出すことができることは重要で あるが(67,69)、ゴルフスイングの速度 を考えた場合、力をより素早く発揮で きることは間違いなくより重要である ため、力の立ち上がり率(RFD)の評価 を用いる必要がある。RFDは、所定の 時間における力の変化として定義する ことができる(102)。 ダウンスイング は約0.3秒と短いため(73)、ゴルファー はゴルフクラブを短時間で加速させる 必要があり、これはRFDがゴルファー のスイング速度とキャリーディスタン スに関連している理由を説明するのに 役立つ(56)。ユースゴルファーのRFD とパワー発揮能力を測定するテストを 行なうことは、専門職が所定の時間内 におけるゴルファーの力発揮能力を理 解するのに役立ち、それがエクササイ ズの選択と正しいトレーニング介入の 処方に役立つ。

GRFはキャリーディスタンスの重 要な決定要因であり(49)、ダウンスイ ング中に利用できる限られた時間のフ レームとともに、下半身のRFDはCHS の重要な貢献要素である。これを裏づ けるように、下半身のパワーに関する 多くのテストでは、ゴルフパフォーマ ンスの測定値と有意な関係があること がわかっている。文献の中で、下半身 のパワーの主な評価はカウンタームー ブメントジャンプ(CMJ)のパフォーマ 研究によると、CMJの跳躍高と予測 されるピークパワーは、CHS、ボール 速度、キャリーディスタンスと中程 度から非常に大きな相関関係を示し ている(44,56,86,100,109,110)。測定で 使用された他のジャンプパフォーマ ンステストには、中程度から強い関 係性のあるスクワットジャンプ(SJ) とドロップジャンプが含まれていた (44,58,86,110)。跳躍高および/また はピークパワーの両方を使用した研 究では、ピークパワーが跳躍高よりも 強い相関関係を示したとされている

(44,86)。Coughlanら(18)は、ユース ゴルファーを対象に、CMJの跳躍高と ピークパワーを測定し、CHSとCMJの ピークパワーの間にのみ、有意な相関 関係があることを発見した。ピークパ ワーが跳躍高よりもCHSと強い関係性 がある理由は、ゴルファーがゴルフス イング中に身体質量を移動させる必要 がないことが理由である可能性があ る。したがって、理論的には、同じ質量 の2人のゴルファーがゴルフショット を打った場合、他のスイング変数が一 定であれば、絶対パワーがより大きい ゴルファーのCHSが高くなるだろう。 予測ピークパワーは、下半身パワーの 信頼性のあるフィールドベースの測 定値であるが、下肢の最大パワー出力 を計算するための変数として、跳躍高 を使用することは疑問視されている (78)。単一のデータのみを使用すると、 パフォーマンスの土台となる特性への 洞察が限られ、専門職が意思決定を行 なうための内容が制限されると述べら れている(88)。したがって、下半身の パワーを評価する際には、力-時間曲線 が導き出せる一連の動作の流れの測定 値を算出することにより、エクササイ ズ選択の決定を下すためのより多くの 情報を得るだけでなく、トレーニング の超回復効果についても評価すること が推奨される(16,54,103)。

両側でのCMJテストに加えて、片側でのCMJの跳躍高は、利き脚と非利き脚の両方で、ドライバーおよび5番アイアンでのボール速度、およびキャリーディスタンスと強い相関関係を示している(109)。GRFは横方向と鉛直方向の両方に生成され(72)、ゴルフスイングの様々なフェーズで両脚間における差が生じることが示されている(48,81)。ゴルフは片側で行なう課題ではないため、今後の研究では、ゴルフスイング中のそれぞれの脚における力の発揮への関与について確認するために、両側種目でのテスト中のそれぞれ

の脚の貢献度を評価する必要がある。

最大の力を生成する時間は、0.25~ 0.4 秒の範囲であると報告されている が(1,112)、最長で0.6~0.8秒かかる可 能性があり(23)、ゴルフスイングのダ ウンスイングに費やす時間は約0.3秒 である(73)。したがって、ダウンスイ ングの時間フレーム内で最大の力の 生成が達成されない場合がある。し たがって、ゴルフスイングは遅いSSC 活動として分類することができる。 Wellsらは、カテゴリー1に所属するゴ ルファーを対象に、 $0 \sim 50$ 、 $0 \sim 100$ 、0~ 150、および0~ 200 N/秒でのアイ ソメトリックミッドサイプルを実施し た際のRFDを評価し、0~150 および0 ~ 200 N/秒でCHSと中程度の相関関 係があることを発見した(110)。一貫 した指示、キューイング、フィードバッ ク、および技術的なセットアップに加 えて、等尺性テストで筋収縮の開始を 正確に判断できることは、信頼性を最 適化するために重要である。過度に 低い閾値を使用すると、早すぎるトリ ガーが発生する可能性があるが、逆に 閾値が高すぎると、その開始が遅れる 可能性がある。どちらの場合も、デー タの信頼性に影響を与える可能性があ る。力の閾値(8)、標準偏差が±5以内 の体重(22)、またはマニュアルでの識 別(30)を含む、力-時間データから力の 発揮の開始を識別するためには、異な るアプローチをとることができること を考慮しておくべきである。特に力-時間曲線の開始フェーズのRFDに注目 したい場合は、低い閾値の自動または 体系的な方法を使用することが推奨さ れる(65)。収縮の初期フェーズ(例え ば、 $0 \sim 50$  ミリ秒)の間に測定された 運動力学的変数(例えば、RFDおよび力 **積)は、後の時点(例えば、0~150 ミリ** 秒)と比較して、得られたシグナル内に より大きなノイズを拾うことが多いこ とにも留意すべきである(98)。

レクリエーションレベルのゴル

ファーを対象とした同様の研究では、 アイソメトリックミッドサイプルテス トを使用し、0~150ミリ秒での力が、 最大および平均CHSと中程度の相関関 係を有することを発見した(56)。しか し、ユースゴルファーを対象に実施さ れたより最近の研究では、CHSと相関 するアイソメトリックミッドサイプ ルからの唯一の力-時間特性はピーク フォースであり、CHSと相関するRFD の測定値は認められなかった(90)。成 熟度の想定がなされていないため、力-時間特性の分散は大きく、したがって 相関関係は認められないことが考えら れる。若年の体操選手を対象とした、 成熟過程の様々な段階にわたるアイソ メトリックミッドサイプルの力の分散 を調査した研究では、異なる時間帯か らの力の値は非常に変動しており、未 成熟な個人ではより大きな変動性があ ることがわかった(77)。ユース選手で は、成熟度に関係なく実施したピーク フォースの測定と比較して、異なるサ ンプリング期間にわたっての力の生成 に一貫性がなく、より変動性が高いこ とがわかり(42,77)、ピークフォースに おいてのみCHSとの相関関係がみられ た理由を説明している。

CHSとパワーの関係性を調査する 際に、上半身のパワーは、下半身のパ ワーに比べて評価されている調査が少 ない(18.34.58.86,100)。現在までに、上 半身のパワーを単独で調査した研究 は3件のみで、そのうち2件は座位での メディスンボールスローを使用した研 究で、成人参加者のCHSとの大きな関 係性を報告し(58.86)、残りの1件の研 究では、若年の参加者を対象として中 程度の相関関係があることを見出した (18)。Readら(86)が実施した研究で は、座位でのメディスンボールスロー は、すべての年齢層において、CHSに対 するフィールドベースの測定としての テストの有効性を表す研究で使用され た他のテスト(CMJ、SJ、および回旋系

のメディスンボールスロー)と比較して、その関係性の観点から最も説明のつく分散を示したと報告している。ベンチプレスのパワーとボール速度の相関関係を調査した別の研究では、平均ボール速度とピークボール速度の間に大きな相関関係があることがわかった(100)。ボールの最大飛距離を達成するためには、ゴルフスイングは、効率的な運動学的な流れが必要であるが、上半身と下半身を別々に評価することが可能なため、専門職はターゲットを絞ったトレーニング処方が必要な領域を特定することができる(49)。

回旋系のメディスンボールスロー は、ゴルフスイングに類似しているた め、回旋系のパワーの最も一般的な評 価方法である(18,34,86,100)。2つの研 究において、回旋系のメディスンボー ルスローとCHSの関係性が評価され、 中程度の相関関係が報告されており (34.86)、また1kgおよび2kgの重さ を使用した回旋系のメディスンボー ルスローとピークおよび平均ボール 速度にも大きな相関関係が示されて いる(100)。男性と女性のユースゴル ファーでは、回旋系のメディスンボー ルスローとCHSとの間に、中程度から 大きな相関関係があることが観察され ている(18)。回旋系のメディスンボー ルスローとCHSの間に報告された中 程度から大きな相関関係は、動的一致 (96)として知られるVerkhoshansky& Siff(105)によって提案された理論の構 成要素を満たすエクササイズに起因し ている可能性がある。これらの構成要 素は、動作の大きさと方向、力産生の領 域、動力学、最大の力生成の速度と時 間、および筋の仕事量の動態である。 ゴルフスイングと同様に、回旋系のメ ディスンボールスローは、スポーツの 動作からテストへの強い繋がりのある ゴルフスイングを反映した平面に沿っ た効果的な動きの流れと組み合わせ て、急激な力の生成を必要とする。

#### 柔軟性

研究によると、ハンディキャップの 低いゴルファーは、肩、股関節、体幹、胴 体の可動域(ROM)が大きいことが確 認されているが(91)、柔軟性とCHSと の相関関係は不確かである。入手可 能な文献のうち、CHSとの有意な相関 関係が認められた研究は2つだけであ る。1つ目の研究は、カテゴリー1の女 性ゴルファーを対象に、座位と立位に おける体幹回旋ROMの関係性を検討 することであった(10)。座位での左右 の体幹ROMは、それぞれ大きな正の相 関と非常に大きな正の相関を示した。 2つ目の研究では、シット&リーチテス トとキャリーディスタンスおよびボー ル速度との関係を評価し、中程度の相 関関係を認め、腰部とハムストリング スの柔軟性が高い人は、ドライバー と5番アイアンのキャリーディスタン スがより短いことと関連していること を確認した(109)。シット&リーチテ ストは、矢状面における腰部とハムス トリングスの柔軟性のテストで、前額 面でのゴルフスイングの特異性を反映 していない。これは、回旋系のテスト の外的妥当性が高いことが原因で相関 関係が強い理由を説明しているかもし れない。そのメカニズムは不明である が、バックスイングのトップポジショ ンにおける股関節周りの回旋と、肩の 回旋の相対的な分離、すなわちxファク ターストレッチ(15)は、伸張反射によ る弾性エネルギーの増加を引き出し、 それゆえ回旋速度を増加させるという 考えが提案されている。ほとんどの研 究では、バックスイングのトップポジ ションでより大きなxファクターを得 られる高いスキルをもつゴルファー は、より高いCHSを生成することがで き、パフォーマンスに利益をもたらす と示唆されている(15)。

柔軟性が低下したゴルファーは、スイングする際に代償動作を生み出す可能性があり、例えば、胸椎の可動性が良

くない場合、ゴルファーは腕を身体から遠ざけ、バックスイングのトップポジションで体幹を側屈させることになり、傷害のリスクを高め、スイングの効率とボールを打つ一貫性を低下させる可能性がある(49)。ただし、より厳密な研究が行なわれるまでは、スポーツスキル自体がスイングの改善に対して天井効果をもたらす可能性があるため、どの程度の柔軟性が「最適」であるかは不明である(71)。

#### バランス

ゴルファーは、長さの異なる複数の ゴルフクラブを使用し、様々な速度で、 また多くの場合、平らでない地面で複 雑な動作を行なうため、適切なレベル のバランス能力が必要であると主張す ることができる。まだ十分に研究さ れていないトピックであるが、Sellら (91)は、ハンディキャップの低いゴル ファーは、ハンディキャップの高いゴ ルファーよりも優れたバランス能力を もっていることを示した。しかし、ゴ ルフパフォーマンスの指標(CHS、ボー ル速度、キャリーディスタンスなど) におけるバランステストを調査した 研究では、様々な結果が得られている (40,64,91,109)。11 ~ 26 歳の60 名以 上の才能あるゴルファーのゴルフスイ ング中における基本的なバランス能力 と脊柱、胸椎、骨盤のバイオメカニクス との関係を評価した別の研究では、小 ~中程度の相関しか見つからなかった (38)。修正版のストークテストを用い た研究では、左右の脚のバランス能力 とドライビングディスタンスの間に中 程度の相関関係が認められ、それぞれ の脚のバランス能力が高いゴルファー ほどボールを遠くに飛ばすことが示唆 された(40)。バランス能力のCHSへの 貢献度を確認するためには、さらなる 研究が必要である。もしゴルファーが ゴルフショットの際にバランス能力を 低下させた場合、本能的に安定した状 態で骨盤を回転させる能力に悪影響を 及ぼす。逆に、ゴルファーがより高い レベルのバランス能力をもっている場 合、より大きい範囲のxファクタースト レッチが生成され(38)、それがより大 きなCHSを生成することに繋がる可能 性がある。

# ユースゴルファーのための フィットネステストバッテリー

現在の文献では、程度の差はあるも のの、運動能力、筋力とパワー、柔軟 性、バランス能力がゴルフスイングの パフォーマンスの決定要因であるこ とが確認されている。専門職は、ゴル ファーの身体能力を評価するために、 様々なテストを活用することができる (図4)。当然のことながら、テストの 選択は利用可能な施設や機器にある程 度依存するが、専門職は、測定誤差(基 準の妥当性と再テストの信頼性)が可 能なかぎり少ないテストを選択するこ とが推奨される(47)。繰り返し行な う測定間で、パフォーマンスにおける 意味のある変化を正確に見極めること ができることは、トレーニングプログ ラムの有効性を確立するために重要で ある。専門職が使用するテストについ ては、客観的な数値と基準値(基準妥当 性)の間に一致が必要であり、繰り返し 行なう測定間の良好な再現性(再テス トの信頼性)が必要であり、専門職は使 用する測定の妥当性と信頼性の両方を 確認する必要がある(28)。理想的には、 ユースアスリートを対象に使用される テストにおける測定の典型的な誤差 は、トレーニングおよび/または成長 と成熟から生じる予想される変化の大 きさよりも小さくなることである。

研究者は、バックスクワットを含む1RMテストを、アスリートが技術的に適していること、資格を保持した専門家によって監督されていることを条件に、子どもおよび青年を対象とした筋力の評価の安全で実行可能な測定と

みなしている(27)。1RMテストは、3 ~7歳を対象としたレッグプレス(26) および青年のパワークリーン(27)で信 頼性があることが示されているが、機 器と時間の制約が専門職の制限ではな いため、最大筋力の評価に関連する基 礎となるキネティック変数について より深い洞察を得るためには、フォー スプレートを使用する必要がある(7)。 アイソメトリックミッドサイプルは 最近、子どもを対象として最大の力発 揮能力を評価するために使用されてお り(77)、この研究では、最大成長速度 (PHV) 後とPHV前の体操選手におけ る絶対的および相対的ピークフォー スについて、セッション間の変動係数 (CV)がそれぞれ6.3%および9.8%で あると報告されている。

下半身のパワーを評価するためには、可能であれば、フォースプレートを使用してジャンプベースのテスト(CMJなど)を行なうべきである。Meylanら(75)の研究では、鉛直方向へのCMJにおける伸張性および短縮性のピークと平均の鉛直方向の力、そして短縮性の鉛直方向の力積は、男性と女性の両方において、PHV前、おおよそPHV、およびPHV後で高い信頼性があることが示された(CV=0.7~9.3%)。

専門職がフォースプレートを利用でき ない場合、コンタクトマットは、ユー ス世代を対象とした跳躍高などのパ フォーマンスベースの変数のための信 頼できるツールであることが示されて いる(60)。ユース世代においては、推 定パワー方程式はその正確さについて 精査されてきたが、Amonetteら(2)に よって提唱されたユース特有の方程式 が推奨されている。回旋系および上半 身パワーは、メディスンボールスロー の距離を使用して評価することができ (86)、過去の研究では、ゴルファーの座 位でのメディスンボールスローと回旋 系のメディスンボールスローでそれぞ れ0.89と0.90の級内相関係数(ICC)が 報告されている。Khuyagbaatarら(52) が推奨する3D分析を使用して肩から 股関節における分離を評価すること は、上半身の柔軟性の結果であるxファ クターストレッチを定量化するのを助 け、より大きなCHSを生成するのに有 益であることが示されている。胸椎の 柔軟性は、座位での胸椎回旋テストを 用いてゴルファーを対象に実施され た、同様のプロトコルを活用して評価 することができる(50.91)。ゴルフの動 作スクリーニングは、すでに座位での 胸椎回旋テストを使用しているため、



図4 それぞれの身体的決定要因の推奨テスト

運動能力を評価しながらスクリーニン グすることができる。ゴルフの動作ス クリーニングは、ユースゴルファーの 間では、妥当性と信頼性を兼ね合わせ た測定とみなされており、運動能力を 評価するためのスポーツ特有のアプ ローチである(37)。ゴルフの動作スク リーニングの合計スコア(ICC=0.94) に対して、検者間/検者内信頼性が高 いため、Gouldらによって実施されたよ うに、2Dビデオ分析を活用して動作ス クリーニングを遡及的に評価すること が推奨される(37)。バランス能力のテ ストは、不明瞭な結果をもたらしたが、 専門職は、xファクターストレッチとド ライビングディスタンスとの関係性を 踏まえ、スタンディングストークテス トなどのバランステストを活用するこ とができる(38)。

# ユースアスリートのテストに関する 注意事項

子どもと青年は非線形に発達し、そ の成長と成熟度がユース世代の身体能 力に影響を与えることはよく報告され ている(4)。したがって、ユースアス リートに関する身体的パフォーマンス データは、それぞれの子どもまたは青 年の成熟状態を考慮して解釈する必要 がある。成熟度は様々な方法を使用し て評価できるが(62)、専門職にとって 最も身近で手頃な方法は、予測方程式 を使用した身体成熟度の推定(51,76) および/または成長率の縦断的モニタ リングである(62)。利用可能な方法を より包括的に理解するために、読者に はLlovdらによる研究(62)を読むこと を推奨する。成熟度を推定するために 身体成熟度、すなわちMaturity Offset 法(76)、もしくは予測された成人身長 (51)を使用する予測方程式が利用可能 である。Maturity Offset法は、ユース 世代を対象としてPHV前またはPHV 後のいずれかに分類し、PHVの年齢を 推定するために活用することができる

(76)。PHVは身長の最大成長速度と して定義することができ(66)、成熟中 の重要な参照マーカーとしてよく使用 される。あるいは、アスリートは、予測 成人身長の割合によって、次のように 異なるグループに分けられる。<85% (思春期前)、≥85~<90%(思春期初 期)、≥90~<95%(思春期中期)、およ び≥95%(思春期後期)。時間の経過 に伴う成長度と成長率の両方、および /または成熟度の状態の変化の両方を モニタリングすることで、専門職はど のトレーニング介入に対しても、アス リートがどれだけ成熟しているかを把 握し、パフォーマンスの変化の解釈を 理解することができる。アスリートの 成熟度の状態を把握することで、専門 職はアスリートをより公平にグルー プ化し、また比較することができる。 そしてその後、専門職は成長と成熟度 のデータを使用して、トレーニンググ ループに情報を提供したり、成熟度の 状態に合わせて身体的パフォーマンス の変化を解釈したりできるのである  $(19)_{0}$ 

ユースアスリートは、運動技能を実 行し発達させようとする際に、情報を 保持し、運動パターンを自己修正する 能力によって制限されると報告されて いる(80)。効率的な運動能力の発達 は、簡潔な指示とフィードバックが使 えるかどうか、経験を積んだ専門職の 能力にも起因する可能性がある(63)。 ユースアスリートにとって、できるだ け正確かつ確実にテストを遂行する 可能性を高めるために、発達上適切な キューイングは重要である。最近のレ ビューでは、単純で短い外的キューイ ング(アスリートの注意を環境の構成 要素に集中させるキュー)の使用が、最 高の運動パフォーマンスを引き出すの に最も効果的であると報告されている (3)。キューイングにより、アスリート はバッテリー内のテストをどのように 実行すべきかを認識できることになる

が、特に年少の子どもでは、最初に慣れるためのセッションを実施することが 推奨される。トレーニングによる身体 的パフォーマンスの測定における真の 変化を識別するためには、その測定の 最も小さい検出可能な変化を識別して ければならない(107)。ユースアスリートの運動スキルは成人ほど洗練されて おらず、アイソメトリックミッドサコレ (60)、および運動スキルのパフォーマンス(46)など、様々なテストで青年と 比較して、子どもでは測定誤差(ランダム変動と系統的バイアスの両方)が大きいことがよく報告される。

## まとめ

ユースゴルファーに関する文献はや や限られているが、本稿はゴルフスイ ングのパフォーマンスのバイオメカニ クス的および身体的な決定要因に着目 している。現在のデータによると、上 半身と下半身の筋力とパワーは、運動 能力、柔軟性、バランス能力とともに、 ゴルフのパフォーマンスに関連する資 質であるため、ユースゴルファーの発 達課程においては定期的なテストと一 貫したトレーニングが必要である。特 にユースゴルファーにおいて、ゴルフ スイングのパフォーマンスの重要な身 体的な決定要因を正確に特定するため には、さらなる研究が必要である。子 どもを対象とした集団のその独自性を 考えると、身体的パフォーマンスデー タは成長と成熟に従って解釈されるべ きである。また、ユースアスリートの 様々なゴルフに関連する運動の資質を テストするために、関連する測定誤差、 時間の制約、および機器の可用性に応 じて特定のテストプロトコルを選択で きるような推奨事項も作られている。

#### References

- 1. Aagaard P. Training-induced changes in neural function. Exerc Sport Sci Rev 31: 61-67, 2003.
- 2. Amonette WE, Brown LE, De Witt JK, et al. Peak vertical jump power estimations in youths and young adults. J Strength Cond Res 26: 1749- 1755, 2012.
- 3. Barillas SR, Oliver JL, Lloyd RS, et al. Cueing the youth athlete during strength and conditioning: A review and practical application. Strength Cond J 35: 1700-1706, 2020.
- 4. Barker AR, Armstrong N. Exercise testing elite young athletes. In: The Elite Young Athlete. N. Armstrong, A.M. McManus, eds: Karger Publishers, 2011. pp. 106-125.
- 5. Barrentine S, Fleisig G, Johnson H, et al. Ground reaction forces and torques of professional and amateur golfers. In: Science and Golf II. A.J. Cochran, M.R. Farrally. eds: Taylor & Francis, 2002. pp. 58-67.
- 6. Bechler JR, Jobe FW, Pink M, Perry J, Ruwe PA. Electromyographic analysis of the hip and knee during the golf swing. Clin J Sport Med 5: 162- 166, 1995.
- 7. Beckham G, Suchomel T, Mizuguchi S. Force plate use in performance monitoring and sport science testing. New Stud Athl 29: 25-37, 2014.
- 8. Blazevich AJ, Cannavan D, Horne S, Coleman DR, Aagaard P. Changes in muscle force-length properties affect the early rise of force in vivo. Muscle Nerve 39: 512-520, 2009.
- 9. Bohannon RW. Reference values for extremity muscle strength obtained by handheld dynamometry from adults aged 20 to 79 years. Arch Phys Med Rehabil 78: 26-32,
- 10. Brown SJ, Nevill AM, Monk SA, et al.Determination of the swing technique characteristics and performance outcome relationship in golf driving for low handicap female golfers. J Sports Sci 29: 1483-1491,
- 11. Burden AM, Grimshaw PN, Wallace ES. Hip and shoulder rotations during the golf swing of sub- 10 handicap players. J Sports Sci 16: 165-176, 1998.
- 12. Cabri J, Sousa JP, Kots M, et al. Golf-related injuries: A systematic review. Eur J Sport Sci 9: 353-366, 2009.
- 13. Callaway S, Glaws K, Mitchell M, et al. An analysis of peak pelvis rotation speed, gluteus maximus and medius strength in high versus low handicap golfers during the golf swing. Int J Sports Phys Ther 7: 288-295, 2012.
- 14. Campbell BM, Stodden DF, Nixon MK. Lower extremity muscle activation during baseball pitching. J Strength Cond Res 24:
- 15. Cheetham PJ, Martin PE, Mottram R, et al.

- The importance of stretching the "X-factor" in the downswing of golf: The "X-factor stretch". In: Optimising Performance in Golf, P.R. Thomas. eds. Brisbane, Australia: Australian Academic Press, 2001. pp. 192-199.
- 16. Claudino JG, Cronin J, Mezêncio B, et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. I Sci Med Sport 20: 397-402, 2017.
- 17. Cochran AJ, Stobbs J. The Search for the Perfect Swing: The Proven Scientific Approach to Fundamentally Improving Your Game. Chicago, IL: Triumph Books, 2005.
- 18. Coughlan D, Taylor MJD, Jackson J, Ward N, Beardsley C. Physical characteristics of youth elite golfers and their relationship with driver clubhead speed. J Strength Cond Res 34: 212-217. 2020.
- 19. Cumming SP, Lloyd RS, Oliver JL, et al. Biobanding in sport: Applications to competition, talent identification, and strength and conditioning of youth athletes. Strength Cond J 39: 34-47, 2017.
- 20. Dillman C, Lange G. Science and golf II. In: Proceedings of the World Scientific Congress of Golf, 1994.
- 21. Doan BK, Newton RU, Kwon YH, Kraemer WJ. Effects of physical conditioning on intercollegiate golfer performance. J Strength Cond Res 2062: 62-72, 2006.
- 22. Dos'Santos T, Jones PA, Comfort P, Thomas C. Effect of different onset thresholds on isometric midthigh pull force-time variables. J Strength Cond Res 31: 3463-3473, 2017.
- 23. Edman KP. Contractile performance of skeletal muscle fibres. Strength Power Sport 114: 7-40, 2003.
- 24. Ehlert A. The effects of strength and conditioning interventions on golf performance: A systematic review. J Sports Sci 38: 2720-2731, 2020.
- 25. Evans K, Thomas P. Perceptions and practices of Australian golf coaches towards physical fitness for golf. J Sci Med Sport 15: S130, 2012.
- 26. Faigenbaum AD, Milliken LA, Westcott WL. Maximal strength testing in healthy children. J Strength Cond Res 17: 162-166,
- 27. Faigenbaum AD, McFarland JE, Herman RE, et al. Reliability of the one-repetitionmaximum power clean test in adolescent athletes. J Strength Cond Res 26: 432-437, 2012.
- 28. Faigenbaum AD, Lloyd RS, Oliver JL. Essentials of Youth Fitness, Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, 2019.
- 29. Fleck SJ, Kraemer W. Designing Resistance Training Programs, 4E. Champaign, IL: Human Kinetics, 2014.
- 30. Folland JP, Buckthorpe MW, Hannah R. Human capacity for explosive force

- production: Neural and contractile determinants. Scand J Med Sci Sports 24: 894-906, 2014.
- 31. Fradkin AJ, Sherman CA, Finch CF. How well does club head speed correlate with golf handicaps? J Sci Med Sport 7: 465-472, 2004.
- 32. Geisler P. Golf. Sports Injury Prevention and Rehabilitation. New york: McGraw-hill, 2001. pp. 185-226.
- 33. Glazier P. Movement variability in the golf swing: Theoretical, methodological, and practical issues. Res Q Exerc Sport 82: 157-161 2011
- 34 Gordon BS Moir GL Davis SE Witmer CA Cummings DM. An investigation into the relationship of flexibility, power, and strength to club head speed in male golfers. J Strength Cond Res 23: 1606-1610, 2009.
- 35. Gorman J. In the swing: The shoulder's role in this complex golf stroke. Sport Med Update 15: 7-12, 2001.
- 36. Gosheger G, Liem D, Ludwig K, Greshake O, Winkelmann W. Injuries and overuse syndromes in golf. Am J Sports Med 31: 438-443, 2003.
- 37. Gould ZI, Oliver J, Lloyd RS, et al. Intra and interrater reliability of the golf movement screen (GMS). Int J Golf Sci 6: 118-129, 2017.
- 38. Gould ZI, Oliver J, Lloyd RS, et al. The Golf Movement Screen (GMS) is related to spine control and x-factor of the golf 1 swing in low handicap golfers. J Strength Cond Res 35:
- 39. Gould ZI, Oliver J, Lloyd RS, et al. The longitudinal development of movement competency in young high-level golfers. Int  ${\it J}$ Golf Sci 8, 2019.
- 40. Green A, Dafkin C, Kerr S, et al. Relationships between physical and biomechanical parameters and golf drive performance: A field-based study. South Afr J Res Sport Phys Educ Recreation 37: 83-95,
- 41. Gulgin HR, Schulte BC, Crawley AA. Correlation of Titleist Performance Institute (TPI) level 1 movement screens and golf swing faults. J Strength Cond Res 28: 534-539, 2014.
- 42. Haff GG, Ruben RP, Lider J, Twine C, Cormie P. A comparison of methods for determining the rate of force development during isometric midthigh clean pulls. J Strength Cond Res 29: 386-395, 2015.
- 43. Hardy LL, Reinten-Reynolds T, Espinel P, Zask A, Okely AD. Prevalence and correlates of low fundamental movement skill competency in children. Pediatrics 130: e390e398 2012
- 44. Hellström J. The relation between physical tests, measures, and clubhead speed in elite golfers. Int J Sports Sci Coach 3: 85-92, 2008.
- 45. Hellström J. Competitive elite golf. Sports

- Med 39: 723-741, 2009.
- 46. Hoeboer J, Krijger-Hombergen M, Savelsbergh G, De Vries S. Reliability and concurrent validity of a motor skill competence test among 4- to 12-year old children. *J Sports Sci* 36: 1607-1613, 2018.
- Hopkins WG. Measures of reliability in sports medicine and science. Sports Med 30: 1–15, 2000.
- 48. Horton JF, Lindsay DM, Macintosh BR. Abdominal muscle activation of elite male golfers with chronic low back pain. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1647–1654, 2001.
- Hume PA, Keogh J, Reid D. The role of biomechanics in maximising distance and accuracy of golf shots. Sports Med 35: 429– 449, 2005.
- 50. Keogh JW, Marnewick MC, Maulder PS, et al. Are anthropometric, flexibility, muscular strength, and endurance variables related to clubhead velocity in low-and high-handicap golfers? J Strength Cond Res 23: 1841–1850, 2009.
- 51. Khamis HJ, Roche AF. Predicting adult stature without using skeletal age: The Khamis-Roche method. *Pediatrics* 94: 504–507, 1994
- 52. Khuyagbaatar B, Purevsuren T, Kim YH. Kinematic determinants of performance parameters during golf swing. *Proc Inst Mech Eng H* 233: 554-561, 2019.
- 53. Koenig G, Tamres M, Mann R. The biomechanics of the shoe-ground interaction in golf. In: *Science and Golf II*, A.J. Cochran, M.R. Farrally. eds. London, United Kingdom: Taylor & Francis, 2002. pp. 68–75.
- 54. Lake J, Mundy P, Comfort P, et al. Concurrent validity of a portable force plate using vertical jump force-time characteristics. *J Appl Biomech* 34: 410–413, 2018.
- 55. Lauersen JB, Bertelsen DM, Andersen LB. The effectiveness of exercise interventions to prevent sports injuries: A systematic review and metaanalysis of randomised controlled trials. Br J Sports Med 48: 871–877, 2014.
- 56. Leary BK, Statler J, Hopkins B, et al. The relationship between isometric force-time curve characteristics and club head speed in recreational golfers. J Strength Cond Res 26: 2685–2697, 2012.
- 57. Lephart SM, Smoliga JM, Myers JB, Sell TC, Tsai YS. An eight-week golf-specific exercise program improves physical characteristics, swing mechanics, and golf performance in recreational golfers. *J Strength Cond Res* 21: 860–869, 2007.
- 58. Lewis AL, Ward N, Bishop C, Maloney S, Turner AN. Determinants of club head speed in PGA professional golfers. *J Strength Cond Res* 30: 2266–2270, 2016.
- 59. Lloyd RS, Oliver JL. The youth physical development model: A new approach to

- longterm athletic development. *Strength Cond J* 34: 61–72, 2012.
- 60. Lloyd RS, Oliver JL, Hughes MG, Williams CA. Reliability and validity of field-based measures of leg stiffness and reactive strength index in youths. J Sports Sci 27: 1565–1573, 2009.
- Lloyd RS, Faigenbaum AD, Stone MH, et al. Position statement on youth resistance training: The 2014 international consensus. Br J Sports Med 48: 498–505, 2014.
- 62. Lloyd RS, Oliver JL, Faigenbaum AD, Myer GD, De Ste Croix MB. Chronological age vs. Biological maturation: Implications for exercise programming in youth. *J Strength Cond Res* 28: 1454–1464, 2014.
- Lloyd RS, Oliver JL, FaigenbaumAD, et al. Long-term athletic development- part 1: A pathway for all youth. J Strength Cond Res 29: 1439–1450, 2015.
- 64. Loock H, Grace J, Semple S. Association of selected physical fitness parameters with club head speed and carry distance in recreational golf players. *Int J Sports Sci Coach* 8: 769-777, 2013.
- 65. Maffiuletti NA, Aagaard P, Blazevich AJ, et al. Rate of force development: Physiological and methodological considerations. Eur J Appl Physiol 116: 1091–1116, 2016.
- Malina RM, Bouchard C, Bar-Or O. Growth, Maturation, and Physical Activity. Champaign, IL: Human kinetics, 2004.
- 67. Marta S, Silva L, Castro MA, Pezarat-Correia P, Cabri J. Electromyography variables during the golf swing: A literature review. J Electromyogr Kinesiol 22: 803-813, 2012.
- McGill S. Core training: Evidence translating to better performance and injury prevention. Strength Cond J 32: 33–46, 2010.
- 69. McHardy A, Pollard H. Muscle activity during the golf swing. *Br J Sports Med* 39: 799-804, 2005.
- McLean J. The X-Factor Swing by John Andrisani and Jim McLean. New York, NY: Harper Collins, 1997.
- McNeal JR, Sands WA. Stretching for performance enhancement. *Curr Sports Med Rep* 5: 141–146, 2006.
- McNitt-Gray J, Munaretto J, Zaferiou A, et al. Regulation of reaction forces during the golf swing. Sports Biomech 12: 121–131, 2013.
- 73. McTeigue M, Lamb S, Mottram R, et al. Science and Golf II. In: Spine and hip motion analysis during the golf swing. Presented at Science and Golf II: Proceedings of the World Scientific Congress of Golf. A.J. Cochran, M.R. Farrally, eds. London, United Kingdom. pp. 50–58, 2002.
- 74. Meister DW, Ladd AL, Butler EE, et al. Rotational biomechanics of the elite golf swing: Benchmarks for amateurs. *J Appl*

- Biomech 27: 242-251, 2011.
- 75. Meylan CM, Cronin JB, Oliver JL, Hughes MG, McMaster DT. The reliability of jump kinematics and kinetics in children of different maturity status. *J Strength Cond Res* 26: 1015–1026, 2012.
- 76. Mirwald RL, Baxter-Jones AD, Bailey DA, Beunen GP. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med Sci Sports Exerc* 34: 689–694, 2002.
- 77. Moeskops S, Oliver JL, Read PJ, et al. Within- and between-session reliability of the isometric midthigh pull in young female athletes. *J Strength Cond Res* 32: 1892–1901, 2018
- 78. Morin JB, Jime ´ nez-Reyes P, Brughelli M, Samozino P. When jump height is not a good indicator of lower limb maximal power output: Theoretical demonstration, experimental evidence and practical solutions. *Sports Med* 49: 999–1006, 2019.
- Myer GD, Faigenbaum AD, Chu DA, et al. Integrative training for children and adolescents: Techniques and practices for reducing sportsrelated injuries and enhancing athletic performance. *Phys Sportsmed* 39: 74–84, 2011.
- 80. Myer GD, Kushner AM, Faigenbaum AD, et al. Training the developing brain, part I: Cognitive developmental considerations for training youth. *Curr Sports Med Rep* 12: 304–310, 2013.
- 81. Okuda I, Armstrong C, Tsunezumi H, et al. Biomechanical analysis of professional golfer's swing: Hidemichi Tanaka. *Sci Golf IV*: 18–27, 2002.
- 82. Pink M, Perry J, Jobe FW. Electromyographic analysis of the trunk in golfers. *Am J Sports Med* 21: 385-388, 1993.
- 83. R&A. *R&A European Participation Report*, 2019. Available at: https://www.randa.org/TheRandA/ Initiatives/Golf-Research. Accessed: March 1, 2020.
- 84. Radnor JM, Moeskops S, Morris SJ, et al. Developing athletic motor skill competencies in youth. *Strength Cond J* 42: 54–70, 2020.
- 85. Read PJ, Lloyd RS. Strength and conditioning considerations for golf. *Strength Cond J* 36: 24-33, 2014.
- 86. Read PJ, Lloyd RS, De Ste Croix M, Oliver JL. Relationships between field-based measures of strength and power and golf club head speed. J Strength Cond Res 27: 2708–2713, 2013.
- 87. Richards J, Farrell M, Kent J, et al. Weight transfer patterns during the golf swing. *Res Q Exerc Sport* 56: 361–365, 1985.
- Richter C, O' Connor NE, Marshall B, et al. Analysis of characterizing phases on waveforms: An application to vertical jumps. J Appl Biomech 30: 316–321, 2014.
- 89. Robinson LE, Stodden DF, Barnett LM,

- et al. Motor competence and its effect on positive developmental trajectories of health. Sports Med 45: 1273-1284, 2015.
- 90. Sanders J, Gould ZI, Moody JA. The relationship between isometric mid-thigh pull force-time characteristics and swing performance in highlevel youth golfers. Int J Golf Sci 9: 1-14, 2020.
- 91. Sell TC, Tsai YS, Smoliga JM, Myers JB, Lephart SM. Strength, flexibility, and balance characteristics of highly proficient golfers. J Strength Cond Res 21: 1166-1171, 2007.
- 92. Shaffer B, Jobe FW, Pink M, Perry J. Baseball batting. An electromyographic study. Clin Orthop Relat Res 292: 285-293, 1993
- 93. Smith CJ, Callister R, Lubans DR. A systematic review of strength and conditioning programmes designed to improve fitness characteristics in golfers. J Sports Sci 29: 933- 943, 2011.
- 94. Smith D.I. A framework for understanding the training process leading to elite performance. Sports Med 33: 1103-1126, 2003.
- 95. Sprigings EJ, Neal RJ. An insight into the importance of wrist torque in driving the golfball: A simulation study. J Appl Biomech 16: 356-366, 2000.
- 96. Stone M, Plisk S, Collins D. Training principles: Evaluation of modes and methods of resistance training-A coaching perspective. Sports Biomech 1: 79-103, 2002.
- 97. Suchomel TJ, Nimphius S, Stone MH. The importance of muscular strength in athletic performance. Sports Med 46: 1419-1449, 2016.
- 98. Tillin NA, Pain MT, Folland JP. Shortterm unilateral resistance training affects the agonistantagonist but not the force-agonist activation relationship. Muscle Nerve 43: 375-384, 2011.
- 99. Tinmark F, Hellström J, Halvorsen K, Thorstensson A. Elite golfers' kinematic sequence in full-swing and partial-swing shots. Sports Biomech 9: 236-244, 2010.
- 100. Torres-Ronda L, Delextrat A, Gonzalez-Badillo JJ. The relationship between golf performance, anthropometrics, muscular strength and power characteristics in young elite players. Int SportMed J 15: 156-164, 2014.
- 101. TrackMan. What is ball speed? In: TrackMan Golf. Vedbaek, Denmark: TrackMan, 2017.
- 102. Turner AN, Comfort P, McMahon J, et al. Developing powerful athletes, part 1: Mechanical underpinnings. Strength Cond J 42: 30-39 2020
- 103. Turner AN, Comfort P, McMahon J, et al. Developing powerful athletes part 2: Practical applications. Strength Cond J 43: 23-31, 2021.
- 104. Van Gheluwe B, Hebbelinck M. Muscle actions and ground reaction forces in tennis.

- J Appl Biomech 2: 88-99, 1986.
- 105. Verkhoshansky Y, Siff MC. Supertraining. Rome: Verkhoshansky SSTM, 2009.
- 106. Watkins RG, Uppal GS, Perry J, Pink M, Dinsay JM. Dynamic electromyographic analysis of trunk musculature in professional golfers. Am J Sports Med 24: 535-538, 1996.
- 107. Weir JP. Quantifying test-retest reliability using the intraclass correlation coefficient and the SEM. J Strength Cond Res 19: 231-240,
- 108. Wells JET, Langdown BL. Sports science for golf: A survey of high-skilled golfers' "perceptions" and "practices". J Sports Sci 38: 918-927 2020
- 109. Wells GD, Elmi M, Thomas S. Physiological correlates of golf performance. J Strength Cond Res 23: 741-750, 2009.
- 110. Wells JET, Mitchell ACS, Charalambous LH, Fletcher IM. Relationships between highly skilled golfers' clubhead velocity and force producing capabilities during vertical jumps and an isometric mid-thigh pull. J Sports Sci 36: 1847-1851, 2018.
- 111. Wentworth M, Abadie B, Boling R, et al. Prediction of 1-RM strength from a 5-10 RM submaximal strength test in college-age females. Med Sci Sports Exerc 30: 214, 1998.
- 112. Zatsiorsky VM, Kraemer WJ, Fry AC. Science and Practice of Strength Training. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers,

From Strength and Conditioning Journal Volume 44, Number 4, pages 10-21.

## 著者紹介\_\_\_



James Shaw: Cardiff Metropolitan Universityの小児ストレン グス&コンディショニング に関する博士課程に在籍し、 Wales Golfのストレングス& コンディショニングコーチの リーダーである。



Zachariah I. Gould: Wales Golfのストレングス& コンディショニングコーチで あり、Dr. Golf Globalの創設 者である。



Jon L. Oliver:

Cardiff Metropolitan Universityの応用小児エクサ サイズ科学の教授であり、同 大学のユースフィジカル発 達学部の共同創設者である。 また、Sports Performance Research Institute New Zealand (SPRINZ) の非常勤 教授である。



Rhodri S. Lloyd: Cardiff Metropolitan Universityの小児ストレング ス&コンディショニング科の 教授であり、同大学のユース フィジカル発達学部の学部長 である。