

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 6 月 5 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500682

研究課題名(和文)子どもの動作の「スキル」獲得過程の縦断的および横断的検討

研究課題名(英文) Longitudinal and cross-sectional examination of the "skill" acquisition process of the movement of children

研究代表者

山田 洋 (Yamada, Hiroshi)

東海大学・体育学部・教授

研究者番号：30372949

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,000,000円

研究成果の概要(和文)：本研究の目的は、子どもの跳躍動作におけるスキル獲得過程の縦断的および横断的検討であった。バイオメカニクス的手法により算出されたスキルの評価指標を用い、同一被験者において4歳から7歳までの4年間のデータを追跡した。平行して、横断的検討も行った。立ち幅跳び動作を対象として、二次元DLT法を用いて、下肢関節の屈曲・進展の順序に基づく“運動伝導”により「スキル」を評価した。「スキル」は4歳から5歳の間に大きく獲得され、7歳で大きく大人に近づいた。これらはスキヤモンの発達曲線の神経系のパターンに合致しており、この時期の教育・訓練の重要性が示唆された。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study was the longitudinal and cross-sectional examination of the "skill" acquisition process of the movement of children. We chased 4 years data from 4 to 7 years old in the same subjects by using the index of the skill calculated from the technique of the biomechanics. The cross-sectional examination was carried out simultaneously. Kinematics data such as center of gravity, joint angle, angular velocity of each joint in lower limb were calculated by using Two-dimensional DLT methods for the standing broad jump. The index of the skill was "exercise conduction" based on the order of the flexion/extension of the lower limb joint. The "skill" in jumping movement was greatly got from 4 years old to 5 years old and greatly got closer to it of adults at 7 years old. These results agreed in the pattern of development curve of Scammon, indicating the importance of the education, training in this period.

研究分野：総合領域

 キーワード：発育発達 二次動作解析 Kinematics 身体合成重心 走・跳・投 運動伝導 筋の共収縮 股・膝
 ・足関節

1. 研究開始当初の背景

(1) バイオメカニクス的手法による「スキル」の評価指標の提案・確立

競技スポーツ選手の「動き」は美しく、巧みであるとよくいわれる。しかしながら、その「動き」を“美しさ”や“巧みさ”の観点から評価しようという試み、そしてそれを後生に残していこうという営みは、「強さ」「速さ」等を観点とした研究と比較すると少なく、これからの体育・スポーツ科学における最重要研究課題のひとつであった。

「巧みさ」や「スキル」に関して、マイネルは運動学的な観点から、「よい動きでは、胴体-大腿-下腿-足といった順次性が肉眼でも見ることができ、ある部分から他の部分への運動伝導の印象は特に鮮やかである」と述べ、これを“運動伝導”と定義している。本研究では、このマイネルの定義を足がかりに、バイオメカニクス的手法を用いてスキルの評価指標を提案・作成することを試みた。

(2) 子どもの跳躍動作の「スキル」の評価

スキヤモンの発育曲線にみられるように、幼児期から小学校の低学年までは神経系の発育が著しい。したがって、この時期に適切な運動刺激を加えることにより、神経系の発達が促される。神経系の発達は運動機能、とりわけ「スキル」に正の影響を与えているといわれている。しかしながら、これまでのところ、子どもの動作の「スキル」に焦点を当てた研究はほとんど行われていない。さらにこれが、発育発達に伴ってどの時期に、どのように獲得されていくかを検討した研究はみられなかった。

これを検討するためには、同一の子どもに対して、縦断的に検討する必要が不可欠である。さらに、縦断的データを、横断データと照合し、総合的に検討することにより信頼性の高いデータとなるといえる。

日常生活やスポーツにおいて、走・跳・投動作が重要であるが、本研究では、跳躍動作を取り上げ、この動作の獲得過程について検討した。

2. 研究の目的

本研究は、跳躍動作におけるスキル獲得過程を縦断的および横断的に検討するために、以下の研究課題を設定し、研究を行った。

(1) バイオメカニクス的手法を用いて「スキル」の評価指標を確立する。

(2) 確立された指標を用いて発育発達に伴う動作の「スキル」の獲得過程を縦断的に検討する。

(3) 発育発達に伴う動作の「スキル」の獲得過程を横断的に検討し、総合的に評価を行う。

3. 研究の方法

(1) バイオメカニクス的手法による「スキ

ル」の評価指標の確立

野球・バスケットボール・ダンス・ウエイトリフティング等の各種スポーツ種目を対象として、一流競技者とそうでない被験者のデータを採取し、各種パラメータを分析することにより、「スキル」の定量化の手法の検討を行った。

研究を遂行するプロセスは、競技スポーツ選手の動作の映像撮影 データ処理・解析 データベース化 フィードバックであった。ハイスピードカメラにより撮影され得た映像は、三次元 DLT 法により映像解析し、身体合成重心を算出し、その動態を検討した。さらに、上肢や下肢の関節の角度・角速度・角加速度等の Kinematics データを算出した。得られた各関節の Kinematics データの動態(順序性やタイミング)を手がかりに“運動伝導”を検討し、「スキル」の定量化を行った。また、Kinematic からトルクやエネルギーを算出した。同時に、表面筋電図を記録して、筋の共収縮の有無、切り替え等についても検討した。

(2) 子どもの跳躍動作の「スキル」の評価

主に下肢の各関節の Kinematics データの動態(順序性やタイミング)を手がかりに“運動伝導”を検討し、「スキル」の定量化を行った。

4. 研究成果

(1) バイオメカニクス的手法による「スキル」の評価指標の確立

バスケットボール： 研究の目的は、競技スポーツ選手における「スキル」をバイオメカニクス的手法により評価することであり、運動負荷により誘発された疲労後のバスケットボールの3ポイント・ジャンプシュートに焦点をあてて分析を行った。被験者は、熟練者1名(バスケットボール選手)、未熟練者1名(バスケットボール経験のない体育学部学生)であった。ジャンプシュート時のフォームを4台のビデオカメラで撮影した。三次元 DLT 法を用いて、身体合成重心、下肢関節の角度・角速度を算出した。下肢および上肢における各関節の角速度最大値は、未熟練者と比較して熟練者において大きかった。熟練者の各関節角度の最大値は、下肢から上肢の順序で出現した。これらは「運動の伝導」を意味しており、熟練者の“巧みさ”の特徴であると考えられた。疲労がシュート動作に及ぼす影響は、未熟練者と比較して、熟練者で小さかった。これらの結果は、映像により取得された kinematics データより“巧みさ”を評価できること、およびこれらがコーチングの題材となりうる可能性を示唆していた。

野球： 野球のピッチングにおける“運動伝導”について、少年野球投手と一流投手のデータを比較した。肩、肘、手首、手先の速度[m/s]の“運動伝導”を比較した結果、少年

野球投手、一流投手ともに、肩 肘 手首 手先の順に、速度のピーク値が出現しており、“運動伝導”が認められた。両被験者を比較すると、一流投手はその速度の絶対値が大きかった。また、肩 肘 手首間における最大値出現時期の時間差が大きく、効率よく手先の速度を増大させている様子がわかった。これは充分な「タメ」を作って、いわゆる“ムチ動作”を生成していると言い換えることができた。

ウェイトリフティング：力発揮能力改善が目的のトレーニングであるクイックリフト動作時の力発揮特性とそのメカニズムを検討した。動作・筋電図分析の結果、挙上重量が大きい者には反動動作が見られ、下肢関節トルク、関節トルク立ち上がり速度、力学的エネルギーの流れが大きかった。さらに屈筋と伸筋の筋活動から推定した関節剛性も大きかった。このことから、反動動作時の高剛性状態の関節による高効率エネルギー伝達によって、クイックリフト時に大きな力発揮が可能となると考えられる。本研究に用いた手法により、「スキル」を抽出できたと言える。

ダンス：熟練したストリートダンサーと非ダンサーを対象に全身の感覚運動同期の巧拙を明らかにし、その後、非ダンサーに全身の感覚運動同期課題の練習を行わせ、学習効果を明らかにすることを目的とした。全身の感覚運動同期はストリートダンサーが優れており、非ダンサーには初心者特有の運動パターンがあることが明らかとなった。また、その初心者特有の運動パターンは練習することでその内在的制約を克服できることが明らかとなった。さらに、練習することで、筋の共収縮は減少することが明らかとなった。

(2) 発育発達に伴う動作の「スキル」の獲得過程の縦断的検討

本研究では、立ち幅跳びの踏切動作について、4歳から7歳までの4年間にわたり一年毎に測定・記録し、その変化を縦断的に分析した。特に立ち幅跳び動作のパフォーマンスを決定づける踏切局面の下肢関節動作に着目して、股関節、膝関節、足関節が巧みに運動して動き、合理的かつ最大の力が発揮できるような洗練された動きはどのように獲得されていくのかを探り、マイネルが述べている巧みな“運動伝導”の形成過程について検討した。

被験者は、横浜市の幼稚園に通う児童のうち、4年間追跡調査することができた10名(男子5名、女子5名)とした。幼児の保護者および幼稚園には予め測定の趣旨を十分に説明し、文書にて同意を得た。研究の遂行にあたっては、東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得た。また、合理的な跳躍動作を既に獲得していると思われる成人男性13名(22.3±0.61歳)をコントロール群として、同様の測定を行い比較す

ることとした。

対象とした被験者の形態を、全国平均値と比較検討するために、被験者の身長・体重を記録した。また、運動能力の指標として立ち幅跳びの記録を跳躍距離として測定し、全国平均値と比較検討した。立ち幅跳び動作の記録は、1台のビデオカメラ(DCR-HC62型, SONY社製)を用いて、被験者の右側方から毎秒30コマで行った。記録した映像データは、映像解析ソフト(Frame DIAS, DKH社製)を使用し、2次元DLT法を用いて試技中の身体標点の矢状面における2次元位置座標を算出し、映像解析を行った。

分析範囲は、身体合成重心の最下点となった時機から最上点となった時機までとし、動作時間を100%として規格化を行った。股関節、膝関節および足関節が伸展する際の角速度を算出し、身体合成重心が最下点の時機から各関節の角速度が最大になる時機までの時間を算出して、下肢関節動作の順次性について検討した。また、各関節の角速度が最大になる時機までの時間のばらつきについても検討した。なお、時系列データはBryant型デジタルフィルタを用いて遮断周波数6Hzで平滑化を行った。

統計処理は、統計処理ソフト(SPSS16.0, SPSS社製)を用いて行った。本研究で得られた身長、体重および跳躍記録と全国平均値との比較では、母平均と標本の平均値の差に対する対応なしのt検定を用いた。下肢関節動作の順次性の検討には、一元配置の分散分析を行い、多重比較検定はBonferroniの方法を採用した。その際、関節間に有意差が認められなかった場合は「順次性なし」と判断し、有意差が認められた場合には「順次性あり」と判断した。その時の有意水準は危険率5%未満とした。各関節の角速度が最大になる時機までの時間のばらつきの評価については、変動係数(標準偏差/平均値×100)を用いて行った。

本研究の被験者の妥当性を検証するために性別、年齢毎の測定値を全国平均値と比較した。身長、体重においては、男女ともに全国平均値との間に有意差が認められなかった。このことから本研究の被験者は、年齢相応の発育をしていたといえる。

跳躍距離においては、男子では4歳時・5歳時・6歳時・7歳時とも全国平均値との間に有意差が認められなかったため、年齢相応の運動能力を獲得していた。また、女子における跳躍距離は、4歳時において全国平均値より有意に小さい値を示したが、5歳時・6歳時・7歳時においては全国平均値との間に有意差が認められなかった。このことから女子は4歳時では年齢相応の運動能力より劣っていたが、5歳時・6歳時・7歳時では年齢相応の運動能力を獲得していたといえる。これらの結果から、本研究の被験者である子どもは全国的に概ね標準的な形態および運動能力を獲得しているといえる。

縦断的な観点から4歳から7歳の子どもを年齢毎に1つの群として捉え、踏切局面における下肢関節動作の順次性について検討を行った。各関節の角速度が最大になる時機までの時間(%)を検討した結果、4歳時・5歳時・6歳時においては、各関節間に有意差が認められなかった。このことから、4歳時・5歳時・6歳時においては下肢関節動作の順次性は見られなかった。しかしながら7歳時になると、股関節と足関節($p<.05$)、膝関節と足関節($p<.05$)の間に有意差が認められた。このことから、7歳時になると下肢関節動作の順次性が見られ〔股関節・膝関節 足関節〕であった。また、合理的な踏切動作を既に獲得されていると思われる成人についても同様の方法で検討を行った。その結果、股関節と足関節($p<.05$)、膝関節と足関節($p<.01$)の間に有意差が認められた。このことから、成人では下肢関節動作の順次性が見られ〔股関節・膝関節 足関節〕であった。したがって、4歳時・5歳時・6歳時では下肢関節動作の順次性は見られなかったが、7歳時になると成人と同様の〔股関節・膝関節 足関節〕という下肢関節動作の順次性が見られた。このことから、下肢関節動作の順次性は6歳以降に獲得されることが示唆された。

(3) 発育発達に伴う動作の「スキル」の獲得過程の縦断的検討

山田ら(2008, 2009)の幼稚園児を対象とした横断的研究により、4~5歳で「スキル」が大きく獲得されることがわかっている。本研究では、6~12歳の児童(小学校1~6年生)を対象として、同様の測定を行った。

被験者は、長野県の小学生100名、成人8名とした。児童の保護者および小学校には予め測定の趣旨を十分に説明し、文書にて同意を得た。研究の遂行にあたっては、東海大学「人を対象とする研究」に関する倫理委員会の承認を得た。立ち幅跳び動作の記録は、1台のビデオカメラ(EX-F1, CASIO社製)を用いて、被験者の右側方から毎秒300コマで行った。記録方法・分析方法はこれまでと同様であった。

その結果、6~12歳の児童においては、下肢の“運動伝導”すなわち「スキル」が経年的に獲得されていくことが明らかになった。また、効果的な腕振りが獲得されるのは7歳からであり、それ以前の児童は、効果的な腕振りを獲得するためにその動きに個人差が大きいことが明らかとなった。

(4) 研究成果のまとめ

各種スポーツ種目において、熟練者と未熟練者の動きを映像解析し、“運動伝導”の観点から、「スキル」のバイオメカニクスの評価指標を提案・作成した。これらの指標は、他のスポーツ種目、あるいは基本的動作に適用することができると考えられる。

得られたバイオメカニクスの指標により、

跳躍動作の獲得過程を縦断的かつ横断的に検討した。跳躍動作の下肢にみられる「スキル」は4歳から5歳の間に大きく獲得され、7歳で大きく大人に近づく、二段階のステップを経て獲得されることが明らかになった。さらに、これ以降に、さらに手の振り等の動作が獲得されて、成人と同様の動きになることが明らかになった。これらはスキヤモンの発達曲線の神経系のパターンに合致しており、この時期の教育・訓練の重要性が示唆された。

<引用文献>

山田 洋, 加藤達郎, 知念嘉史, 相澤慎大, 三上恭史, 植村隆志, 塩崎知美, 長堂益文. 幼児の跳躍動作における「巧みさ」の獲得過程に関する縦断的研究 - 二次元映像解析より求めた下肢関節の屈伸の順次性 -. 東海大学スポーツ医科学雑誌, 20: 55-62, 2008. 3.

山田 洋, 加藤達郎, 西ヶ谷達則, 植村隆志, 知念嘉史, 山下泰裕, 長堂益文. 幼児の跳躍動作における「巧みさ」の獲得過程に関する三年間の縦断的研究(第2報) - 二次元映像解析より求めた下肢関節の屈伸の順次性 -. 東海大学スポーツ医科学雑誌, 21: 51-58, 2009. 3.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 6 件)

山田 洋, 日渡雄太, 長尾秀行, 宮崎彰吾, 長堂益文, 小川原慶太. 子どもの立ち幅跳びの踏切動作についての縦断的研究. 東海大学体育学部紀要, 査読有, 43: 25-29, 2015. 3.

長尾秀行, 山田 洋, 小金澤鋼一. パワークリーン動作における巧みさの定量的評価方法の提案とその検証. 東海大学工学部紀要, 査読有, 54: 57-66, 2015. 3.

山田 洋, 内山秀一, 高野 進, 長尾秀行, 宮崎彰吾, 小川原慶太. 速度及びピッチの統制が走動作に及ぼす影響 - ナンバ様走りの生成メカニズムに関するバイオメカニクスの研究 -. 東海大学体育学部紀要, 査読有, 43: 17-23, 2015. 3.

山田 洋, 長尾秀行, 小松真二, 内山秀一, 小川原慶太. 野球のピッチングにおける投法の違いが動作に与える影響. 東海大学スポーツ医科学雑誌, 査読有, 26: 45-51, 2014. 3.

長尾秀行, 山田 洋, 小川原慶太, 宮崎彰吾, 有賀誠司, 小金澤鋼一. パワークリーンにおける下肢の力学的特性 - 熟練者と未熟練者の相違 -. バイオメカニクス研究, 査読有, 16: 206-219 2013. 3.

山田 洋, 國友亮祐, 長尾秀行, 小山孟志, 小川原慶太, 陸川章. 競技スポーツ選手に

おける“巧みさ”の評価に関するバイオメカニクスの研究-第2報 疲労後のバスケットボール3ポイント・ジャンプシュート動作の評価-. 東海大学スポーツ医科学雑誌, 査読有, 25: 21-28, 2013. 3.

〔学会発表〕(計 7 件)

山田 洋,小松真二,長尾 秀行,小澤悠,小河原慶太. 全身の感覚運動同期能の評価に関するバイオメカニクスの研究. 日本生体医工学会専門別研究会 第51回生体信号計測・解釈研究会,(関東学院大学)神奈川, 2014. 12.

長尾 秀行,小金澤鋼一,山田 洋,小河原慶太,有賀誠司,小山孟志. 動作解析および筋電図の分析によるクイックリフト時の爆発的力発揮能力の検討. 第23回日本バイオメカニクス学会,(国立スポーツ科学センター)東京, 2014. 9.

小澤 悠,山田 洋,小河原慶太,長尾 秀行,内山秀一. バレーボール選手の床地と砂地におけるスパイク跳躍動作の違い. 日本体育学会第65回大会(岩手大学)盛岡, 2014. 8.

國友亮佑,山田 洋,小山孟志,陸川章. バスケットボールのシュートスキルに関する研究-疲労前後のシュート動作の変容に着目して-, 第33回バイオメカニクス学術講演会,(東北大学)仙台, 2012. 12.

長尾秀行,山田 洋,小河原慶太,小金澤鋼一. 関節トルクのモデル化による巧みさの定量的評価, 日本体育学会第63回大会,(東海大学)平塚, 2012. 8.

山田 洋,長尾秀行,國友亮佑,小山孟志,小松真二,小河原慶太,陸川章. 競技スポーツ選手における“巧みさ”のバイオメカニクスの検討-バスケットボールジャンプシュートを対象として-, 日本体育学会第63回大会,(東海大学)平塚, 2012. 8.

山田 洋,長尾秀行. バスケットボールのジャンプシュートにおける“巧みさ”の評価, 第155回日本体力医学会関東地方会,(横浜薬科大学)横浜, 2012. 7.

〔図書〕(計 1 件)

山田 洋. 運動伝導からの競技スポーツ選手の動き解析. アンチ・エイジングシリーズ 4 進化する運動科学の研究最前線, エヌ・ティー・エス, 2014. pp.165-173.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

山田 洋 (YAMADA HIROSHI)

東海大学・体育学部・教授

研究者番号: 30372949

(2) 研究分担者

小河原 慶太 (OGAWARA KEITA)

東海大学・体育学部・准教授

研究者番号: 90407990