



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的研究

—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—

山田 洋 (体育学部体育学科) 國友亮祐 (大学院体育学研究科)
長尾秀行 (大学院総合理工学研究科) 小山孟志 (体育学部競技スポーツ学科非常勤助手)
小河原慶太 (体育学部体育学科) 陸川 章 (体育学部競技スポーツ学科)

Evaluation of Competitive Athletes' Skillfulness based on a Bio-mechanical Approach
-The Second Report: Evaluation of the Motion during Jump Shots performed by
Basketball Players following Exercise-

Hiroshi YAMADA, Ryouyusuke KUNITOMO, Hideyuki NAGAO, Takeshi KOYAMA,
Keita OGAWARA and Akira RIKUKAWA



Abstract

The purpose of the present study was to evaluate competitive athletes' skillfulness, using a bio-mechanical approach. The study focused on jump shots by basketball players after they performed exercise. Subjects were one skilled basketball player and one student of the Department of Physical Education with no experience (inexperienced basketball player). Their jump shot forms were recorded by four video cameras. The center of gravity of the body (calculated based on the center of gravity in various regions of the body) and the angle and angular velocity of the leg joints were calculated, using the 3D DLT method. The maximum length of the jump was larger when the skilled player threw shots, compared to the inexperienced player, and the skilled player released the ball close to the highest point from the ground. The maximum angular velocities of the arm and leg joints were higher when shots were thrown by the skilled basketball player. In the case of the skilled player, the angular velocity of the leg joints first became maximal, followed by that of the arm joints. This suggests that “the actions are transmitted” during the jump shot motion - a feature of experienced players' performance or “skillfulness”. The body movement had less of an influence on the shooting motion when the skilled player performed jump shots, compared to the inexperienced player. The study results suggest that the kinematic data obtained from video footage are effective as indices for the evaluation of exercise skills and coaching.

(Tokai J. Sports Med. Sci. No. 25, 21-28, 2013)

I. 緒 言

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」等した研究と比較すると数少なく、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るといえる。

「巧みさ」や「スキル」に関する研究は、様々な手法で行われている^{1,2)}。この中でマイネル³⁾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。

この“運動伝導”を観点とした研究の中で、陸川⁴⁾は、2次元映像解析を用いて大学バスケットボール選手のフリースロー動作時の「巧みさ」を調べ、フリースローが得意な選手はシュート時に、足関節→膝関節→股関節が、次いで肩関節→肘関節→手関節が順次性をもってタイミングよく伸展してボールをリリースすることを報告している。これらの先行研究の結果をふまえ、前回我々は、マイネルの考えに従い、“運動伝導”の観点から、国内トップレベルのバスケットボール選手の2ポイント・ジャンプシュート動作を対象として、測定・検討を行った⁵⁾。

今回は、3ポイント・ジャンプシュートを対象として、“運動伝導”の観点から国内トップレベルのバスケットボール選手のシュート動作を検討するとともに、運動により誘発した疲労が“巧みさ”に及ぼす影響について検討した。本研究の目的は、競技スポーツ選手における“巧みさ”を、バイオメカニクスの手法により定量化すること、および得られた知見のデータベース化とスポーツ現場へのフィードバックを検討することであった。

II. 方 法

1. 被験者

被験者は健康な男性2名であった。そのうち一名は東海大学バスケットボール部に所属する選手（年齢22歳、身長184cm、体重77kg）であり、バスケットボール暦15年、学生関東代表選手のバスケットボールに習熟した熟練者であった。一方、もう一人は、バスケットボール競技暦を有していない体育学部学生（年齢23歳、身長174cm、体重65kg）であり、体育会硬式テニス部に所属し、バスケットボールは授業で実施する程度の未熟練者であった。測定は、東海大学15号館共同実験室で実施した。選手およびコーチには予め実験の趣旨を十分に説明し、文書にて同意を得た。なお、本研究は、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上で実施されたものである。

2. 運動課題・測定

被験者には6.75mの距離から3ポイントシュート（3 Point Shot、以下3 PS）を10投行わせた。その後、運動を負荷（運動負荷①）して疲労を生じさせて、3 PSを10試技行った（Fatigued 3 Point Shot 1セット目、以下F 3 PS ①）。さらに、もう一度運動を負荷（運動負荷②）して、その後3 PSを10試技行った（Fatigued 3 Point Shot 2セット目、以下F 3 PS ②）。

疲労を誘発する運動負荷には、制限時間60秒間に15mの距離を8往復半走らせる課題を採用した。この課題は、通称セブンティーン（17回15mダッシュを繰り返すという意味）と呼ばれ、バスケットボールのトレーニングとして開発されたもので、トレーニングの場面で広く用いられている⁷⁾。また、心拍計（RS400, POLAR社製）を装着し、運動負荷時の心拍数を測定した。

被験者は全身タイツを着用し、身体測定点に反射マーカを付けた。反射マーカの貼付位置は阿江⁶⁾の方法に従った。デジタルビデオカメラ

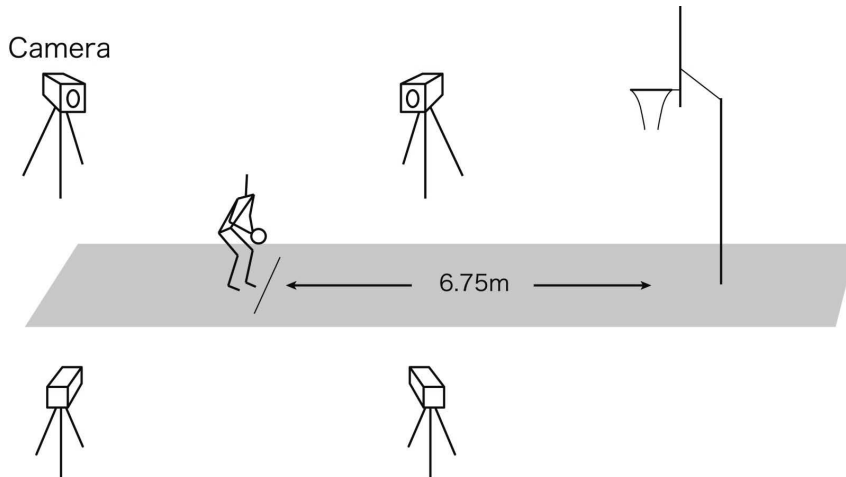


図1 測定状況概略図
Fig. 1 Measurement conditions

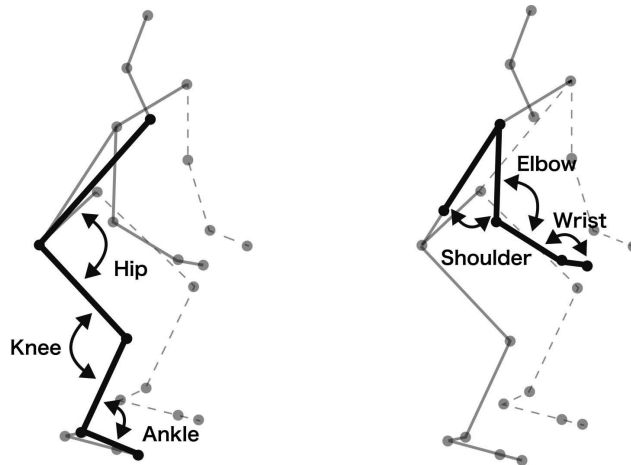


図2 関節角度定義
Fig. 2 Definition of joint angles

(EXILIM EX-F1, CASIO 社製) を4台用いてシュート動作を撮影した(図1)。撮影条件は、300fps、シャッター速度1msであった。

3. 解析

得られた映像データをオフラインで処理・解析した。映像解析処理ソフト(Frame Dias IV, DKH 社製)を用いて、3次元DLT法によりマーカーの3次元実空間位置座標を算出した。算出した座標より、阿江⁶⁾の身体部分慣性係数を用いて身体合成重心の座標を算出した。

図2に関節角度定義を示す。足関節角度、膝関節角度、股関節角度、肩関節屈曲伸展位度(以下肩関節角度)、肘関節角度、および手関節掌屈背屈角度(以下手関節角度)を算出した。さらに関節角度より、各関節角速度を算出した。関節角速度は、伸展に対する値を正とした(手関節は掌屈を正とした)。

ジャンプシュートの動作は、ボール捕球(キャッチ)→ボール保持(ホールド)→構え(セット)→リリース→フォロースロー→着地の一連の流れで行われる(図3)。解析範囲は、シュート

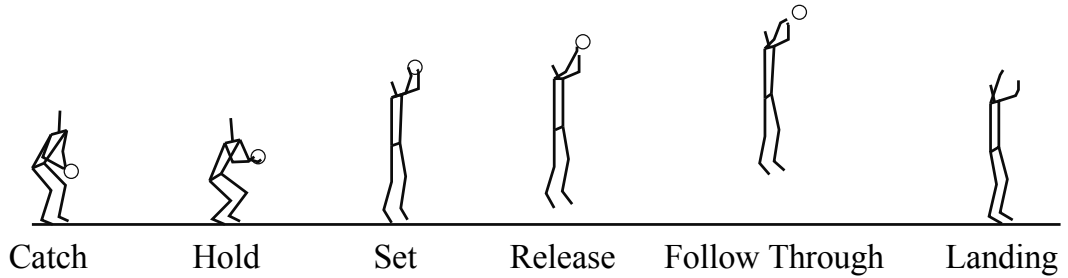


図3 ジャンプシュートの動作
Fig. 3 Motion of Jump shot

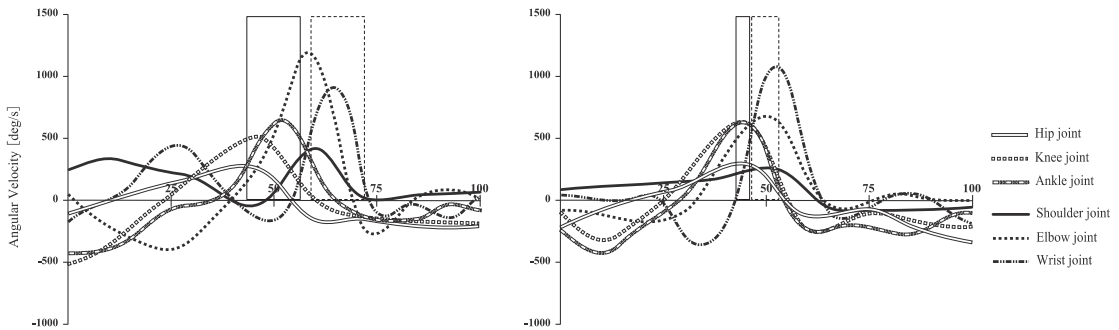


図4 熟練者および未熟練者における各関節の角速度変化
Fig. 4 Time series data of joint angular velocity in skilled and unskilled

を構成するセットからシュートをリリースするまでとした。上記の解析範囲で時間を規格化した。

各被験者のセット内10試技分における解析範囲内の身体合成重心、各関節の角速度は平均値±標準偏差で表した。疲労前後の変化は一元配置分散分析により比較し、その後、Scheffeの方法を用いて多重比較検定を行った（SPSS18.0, IBM社製）。危険率は5%未満とした。これら疲労によるスキルの変容を熟練者と未熟練者間で定性的に比較・検討した。

Ⅲ. 結果および考察

1. 運動課題による疲労が心拍数と跳躍高に及ぼす影響

本研究では、疲労を誘発する運動負荷として、制限時間60秒間に15mの距離を8往復半走らせる課題を採用した。この課題による心拍数の変化

は、熟練者において運動前112拍/分、運動課題①後に182拍/分、運動課題②後に183拍/分であり、未熟練者において運動前123拍/分、運動課題①後に191拍/分、運動課題②後に202拍/分であった。両被験者において、心拍数は充分に増大しており、この課題により全身性疲労が進行していたことを示唆していた。

疲労進行に伴い、合成重心の変位より算出したシュート中の最大跳躍高は、熟練者において運動前 26.2 ± 0.6 cm、運動課題①後に 26.6 ± 0.7 cm、運動課題②後に 24.0 ± 1.6 cmとなり、運動前と運動課題①後、および運動前と運動課題②後間に有意差が認められた ($p < 0.01$)。したがって、運動課題により誘発された疲労により、ジャンプシュートの跳躍高が低くなっていた。一方、未熟練者においては、運動前 26.2 ± 0.6 cm、運動課題①後に 26.6 ± 0.7 cm、運動課題②後に 24.0 ± 1.6 cmとなり、セット間で有意差は認められなかった。

すわなち、疲労による影響は受けていなかった。

本実験において採用した疲労を誘発する運動課題により、両被験者において心拍数は増大した。ジャンプシュート時の跳躍高は、未熟練者では低下しなかったが、熟練者においては低下した。従って、運動課題により、全身性の疲労、および主に下肢における局所性の筋疲労が生じていたと考えられる^{8,9)}。

2. 運動により誘発された疲労が各関節の角速度に及ぼす影響について

図4は、熟練者および未熟練における各関節の角速度変化を示している。左側が熟練者、右側が未熟練者で、下肢は股・膝・足関節、上肢は肩・肘・手関節をそれぞれ示している。熟練者は、各関節の角速度のピークが下肢（図中実線の四角い枠）から、上肢（図中点線の四角い枠）へと順次的に出現している。これに対し、未熟練者は、各関節の角速度のピークがほぼ同時期に出現し、下肢から上肢への伝導が上手く行えていない様子がわかる。これらの結果は、この“運動伝導”を観点とした陸川ら⁴⁾の大学男子バスケットボール選手におけるフリースロー・シュート技能に関する報告、山田ら⁵⁾の2ポイント・ジャンプシュート技能に関する報告と合致していた。

本研究は、3ポイント・ジャンプシュートを対象として同様の結果を得ることができ、熟練した選手の「巧みさ」を評価できたと考える。本研究ではこれら先行研究と同様に観察された「巧みさ」の指標である“運動伝導”について、さらに疲労後の変容について検討を加えた。

図5は、下肢関節角速度最大値を、熟練者および未熟練者毎に示している。それぞれの棒グラフは、運動課題前、運動課題①後、運動課題②後間で比較をしている。下肢関節角速度最大値は、熟練者では足関節のみ、運動課題前と運動課題①後間に有意差が認められた ($p<0.05$)。これに対し、未熟練者では、股関節・膝関節・足関節において運動課題①後と運動課題②後間に有意差が認められた ($p<0.05$)。

図6は、図5と同様に上肢関節角速度最大値を、熟練者および未熟練者毎に示している。上肢関節角速度の最大値は、熟練者では全ての関節において、運動課題前、運動課題①後、運動課題②後間で違いがみられなかった。一方、未熟練者では、肩関節において運動課題前と運動課題②後間 ($p<0.05$)、運動課題①後と運動課題②後間 ($p<0.05$)、肘関節において運動課題前と運動課題②後間 ($p<0.05$)、運動課題①後と運動課題②後間 ($p<0.01$)、手関節において運動課題前と運動課題①後間 ($p<0.05$) に有意差が認められた。これらの結果は、熟練者は運動課題により誘発された疲労がシュート動作に及ぼす影響が小さいのに対し、未熟練者ではその影響が大きく、下肢の各関節・上肢の各関節の角速度の増減が生じていたことを意味していた。

図7は、熟練者および未熟練者における関節角速度最大値出現時点の典型例を示している。熟練者においては、関節角速度最大値が、下肢では股関節→膝関節→足関節、上肢では肩関節→肘関節→手関節へ、順次的に出現している様子がみとれる。これに対し、未熟練者においては前述したように順次的な出現がみられない。また、運動課題により誘発された疲労の影響は、熟練者と比較して、未熟練者で大きい。

図8は、熟練者および未熟練者における関節角速度最大値出現時点を示している。それぞれの棒グラフは、運動課題前、運動課題①後、運動課題②後間で比較をしている。関節角速度最大値出現時点は、熟練者では足関節のみ、運動課題前と運動課題①後間に有意差が認められた ($p<0.05$)。これに対し、未熟練者の下肢関節では、股関節・膝関節・足関節において運動課題①後と運動課題②後間に有意差が認められた ($p<0.05$)。未熟練者の上肢関節では、肩関節において運動課題前と運動課題②後間 ($p<0.05$)、運動課題①後と運動課題②後間 ($p<0.05$)、肘関節において運動課題前と運動課題②後間 ($p<0.05$)、運動課題①後と運動課題②後間 ($p<0.05$)、手関節において運動課題前と運動課題①後間 ($p<0.05$)

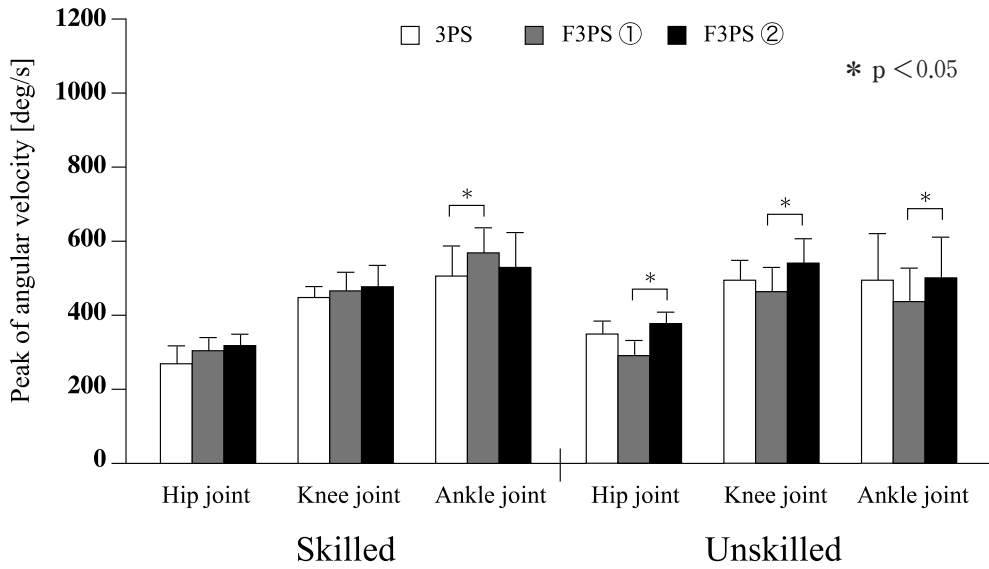


図5 熟練者および未熟練者における下肢関節角速度最大値
Fig. 5 Peak values of lower limbs joint angular velocity in skilled and unskilled

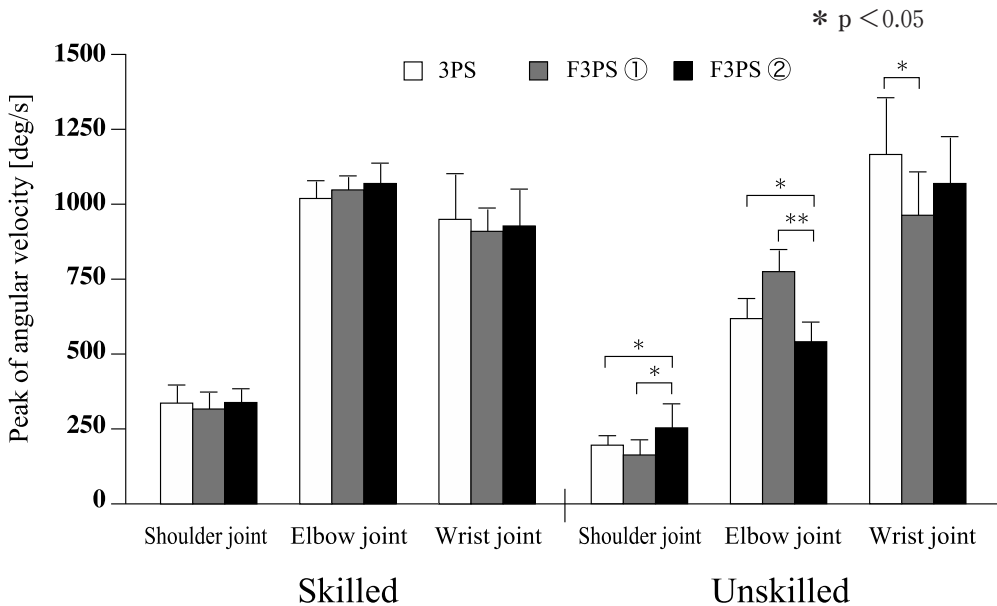


図6 熟練者および未熟練者における上肢関節角速度最大値
Fig. 6 Peak values of upper limbs joint angular velocity in skilled and unskilled

に有意差が認められた。これらの結果は、熟練者は運動課題により誘発された疲労がシュート動作に及ぼす影響が小さく、再現性の高いシュートフォームを維持できていたことを意味していた。

3. バasketボールのシュート評価における本手法の有用性について

本研究の結果から、熟練者のシュートは、シュート動作がスムーズであり、各関節をタイミング良く動かしていること、および身体全体でシュートを放っていることが明らかになった。これに対し、未熟練者のシュートは、下肢関節が同じタイ

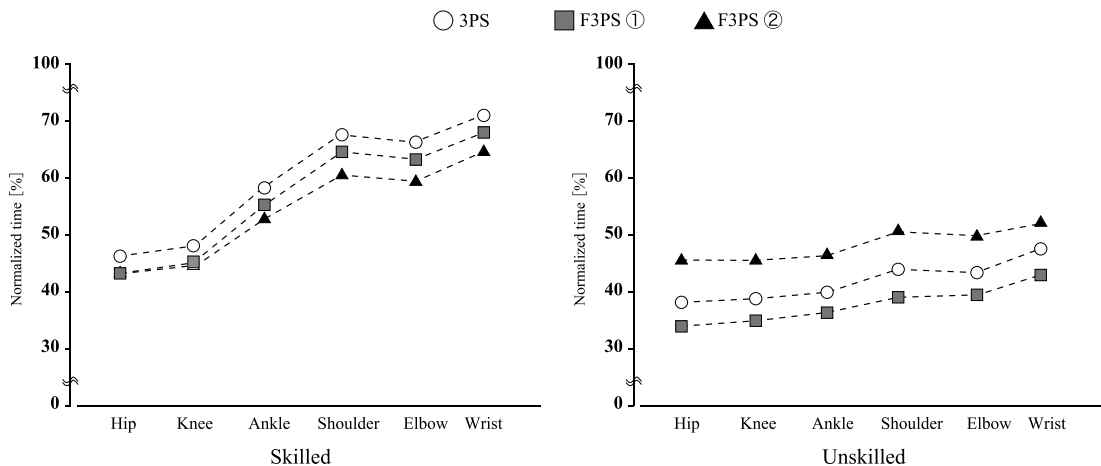


図7 熟練者および未熟練者における関節角速度最大値出現時点の典型例
Fig. 7 Typical example of timing of peak joint angular velocity appearance in normalized time

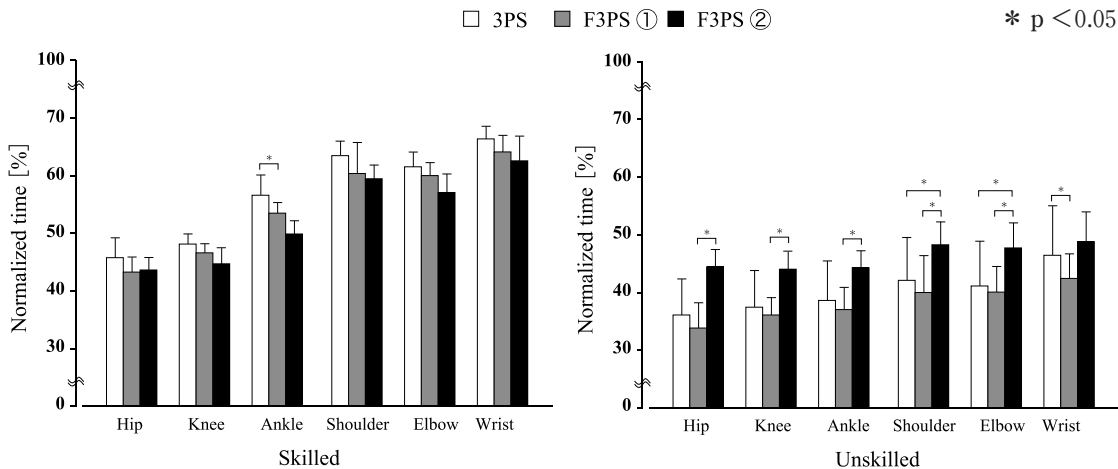


図8 熟練者および未熟練者における関節角速度最大値出現時点
Fig. 8 Timing of peak joint angular velocity appearance in normalized time

ミングで動いており、上肢から下肢への運動伝導が上手く行えていないこと、および下肢動作・上肢動作を速くする補償動作によりシュートを放っている可能性が推察された。また、熟練者は、疲労状態においても各関節の角速度最大値およびその出現時点に変容がみられず、疲労状態でも再現性が高いシュートを行えるが、未熟練者ではそれができないことも見て取れた。

バスケットボールのシュートは、他の競技と異なり、「強さ」・「速さ」ではなく、「正確さ」・「巧みさ」が要求される動作であり¹⁰⁾、研究があまり行われてこなかった。本研究では、“運動伝

導”の観点から、バスケットボールのシュートのスキル、およびそのスキルの疲労に対する適応性についてもある程度評価できた。これらの知見は、今後、他の「正確さ」・「巧みさ」を要求される競技スポーツにおけるスキルの評価へも適用できると考えられる。本研究の結果から、映像により取得された kinematics データによって“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が示唆された。

IV. まとめ

本研究の目的は、競技スポーツ選手における“巧みさ”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当てて分析を行った。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。

引用・参考文献

1) 川発清典：身体運動における巧みさの科学, 杏林

書院, pp1, 1982.

- 2) 村瀬豊, 宮下充正：ボーリングのキネシオロジー, 体育の科学, 23, 654-659, 1973.
- 3) Kurt Meinel, 金子明友：スポーツ運動学, 大修館書店, pp146-252, 1981.
- 4) 陸川章, 山田洋, 加藤達郎, 植村隆志：大学男子バスケットボール選手におけるフリースロー・シュート技能の評価, 東海大学体育学部紀要, 35, 7-12, 2005.
- 5) 山田 洋, 長尾秀行, 國友亮祐, 小山孟志, 宮崎彰吾, 小河原慶太, 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—バスケットボールジャンプシュートの分析—, 東海大学スポーツ医科学雑誌, 24, 19-25 2012.
- 6) 阿江通良：日本人幼少年およびアスリートの身体部分慣性係数, Japanese Journal of Sports Sciences, 15, 155-162, 1996.
- 7) Pound Robin：バスケットボールのディフェンススタンス, ストレングス & コンディショニング, 15, 2-13, 2008.
- 8) Bigland-Ritchie B, Furbush F, Woods JJ：Fatigue of intermittent submaximal voluntary contractions：central and peripheral factors, J Appl Physiol., 61, 421-429, 1986.
- 9) 小宮山伴与志, 河合辰夫, 古林俊晃：筋疲労の神経生理学的機序, 千葉大学教育学部研究紀要, 42, 53-72, 1994.
- 10) 財団法人日本バスケットボール協会：バスケットボール指導教本, 大修館書店, pp. 69, 2006.