

Visual analog scale を用いた垂直跳動作様式の評価指標

鹿児島国際大学 吉本隆哉

鹿屋体育大学 高井洋平

キーワード：VAS, カウンタームーブメントジャンプ, 主観と客観

Visual analog scale for assessment of vertical jump

Takaya YOSHIMOTO

The International University of Kagoshima

Yohei TAKAI

National Institute of Fitness and Sports in Kanoya

Abstract

We tested the feasibility of visual analog scale (VAS) for assessing vertical jump movement. The VAS consisted of 5 items (movement speed, trunk inclination, hip pull, knee position, leg push), based on the earlier findings concerning preferred jump movement. In experiment 1 (EXP. 1), we confirmed the internal consistency between each of VAS and the corresponding biomechanical parameters (inclination angular velocity of the trunk and thigh, inclination angle of trunk, horizontal distance of heel to hip, horizontal distance of toe to knee, vertical ground reaction force) determined by 3D motion analysis and a force platform. To test the feasibility of the VAS, in Experimental 2 (EXP. 2), six physical education college students (evaluators) watched videos of 9 individuals performing jumps and assessed their movements. In EXP. 1, individual's VAS was significantly related to the corresponding biomechanical parameter ($r = 0.79-0.94, p < 0.05$). In EXP. 2, there were no significant differences in the scores of the VAS among the 6 evaluators. Jump height was positively related to total score of the VAS. These current findings demonstrate that VAS adopted in this study may validate the assessment of vertical jump movement.

keyword：VAS, countermovement jump, subjective and objective

I. 緒言

身体動作のキネマティクスおよびキネティクスを定量するためにモーションキャプチャーシステム、高速カメラや床反力計などが用いられている。多くの先行研究で、垂直跳を高く跳ぶためのバイオメカニクスの要因が明らかにされてきた (Salles et al., 2011; Vanrenterghem et al., 2008)。例えば, Domire and Challis (2007) は, 下肢3関節をより屈曲させることで跳躍高を増大させる可能性を示唆している。また, 金原ら (1960) や Heinz (1971) は, 垂直跳における下肢3関節の屈曲角度と跳躍高の関係は, 膝関節で代表させる

ことができ, 膝関節の屈曲角度を60度から90度にすることで最大の跳躍を得られると述べており, Salles et al. (2011) は, 完全伸展位を0度とした場合, 膝関節角度が50度, 70度および90度では, 90度が他の2つの角度に比べピークフォースが小さいにも関わらず, より跳躍高を獲得できると報告している。より高い跳躍高の獲得には, 体幹 (Vanrenterghem et al., 2008) の前傾や股, 膝および足関節 (Domire and Challis., 2007) をより屈曲させることが重要であり, そのために下肢関節を深く屈曲させる動作を促すトレーニングが必要であるという指摘もなされている (Domire and Challis.,

2007；Vanrenterghem et al., 2008)。これら研究を参考に、台を用いて垂直跳動作における体幹の傾斜，股関節の屈曲角度を一過性に変容させることで，跳躍高が高くなることも明らかにされている（吉本ら，2012；Yoshimoto et al., 2015）。以上の知見は，正しいフォームで跳躍動作を遂行することが，高い跳躍高の獲得に繋がることを示している。しかしながら，バイオメカニクスの要因を明らかにするために必要となる動作解析装置等は高価であり，場所による制限もあることから一般的に用いることが容易ではない。

スポーツや体育実践の場面では，指導者（体育教員やコーチなど）は，運動実践者の身体の動きから技術的な要因を評価することが多い。小野ら（2015）は，円盤投の動作を項目化し，映像から各項目の達成度を示すことで技能評価を実施している。また，身体運動を簡便に評価する手段として Visual analog scale (VAS) が有用である可能性が示唆されている（亀山ら，2011；田中ら，2012）。亀山ら（2011）は，カナディアンカヌーにおける前方に置いた脚の足関節角度を変えた際の主観的な漕ぎやすさを VAS で評価し，その値と漕エルゴメータにおけるパワーとの関連を明らかにした結果，最も漕ぎやすいと感じた足関節角度でパワーが最も高かったことを報告している。しかしながら，先行研究では，映像から実施者の動作を他者が観察・定量（小野ら，2015）しているものや，実施者の動作に対する主観的な感覚の定量（亀山ら，2011），自己と他者の動作の観察の一致度合い（田中ら，2012）について VAS を用いているのみであり，客観的な指標と主観的な評価が一致しているか否かを検討していない。すなわち，高い身体パフォーマンスを発揮するために必要なバイオメカニクスの変数に対応した VAS を作成し，VAS の得点とバイオメカニクス手法で得られた変数の値との間に対応関係があることを明らかにすることができれば，高価な機材を使わずとも技術的な要因を簡便に評価できると考えた。加えて，作成した VAS が作成者だけでなく，スポーツ経験を有する者（体育教員やコーチなど）であれば身体動作の動き方を評価することが可能であることを示すことで，作成した VAS の汎用性を示すことができる。

そこで本研究は，垂直跳動作における技術的要因を評価できる VAS を作成することを目的とした。この目的を達成するために，バイオメカニクスの先行知見および運動指導実践での指導法を参考に VAS を作成し，VAS の得点とバイオメカニクスの変数との対

応関係を明らかにした（研究 1）。次に，作成した VAS が作成者以外でも利用可能か否かを明らかにした（研究 2 および 3）。

II. 方法

本実験は，事前に鹿屋体育大学倫理委員会の承認を得たうえで行った。測定の実施に先立ち，研究参加者には，本研究の目的および実験への参加に伴う危険性について十分な説明を行い，実験参加の同意を書面で得た。本研究では，VAS を用いて垂直跳を評価する者を跳躍評価者，垂直跳を行い，VAS で評価される者を跳躍実施者として定義した。

1. 研究 1

(1) Visual analog scale の作成

大学陸上競技の指導者 1 名（跳躍評価者，年齢 29 歳）が，先行知見および指導法に基づいて垂直跳の技術的要因を評価する VAS を作成した（Fig 1 および 2）。すなわち，1）筋の力-収縮速度関係において伸張性収縮の速度が高いほど，発揮できる力が大きいこと（阿江，2002），伸張速度が大きいほど伸張反射による筋収縮が増大する（Takano and Henatsch, 1971）ため，『屈曲・前傾の素早さ』を，2）Vanrenterghem et al. (2008) は，反動動作の際，体幹を前傾させた垂直跳と体幹を直立させた垂直跳の跳躍高では，体幹を前傾させた垂直跳の方が股関節屈曲・伸展トルクが有意に大きく，体幹および股関節を深く前傾・屈曲を促す台を用いた一過性の練習を行うことで，体幹および股関節の前傾・屈曲角度の有意な増大と跳躍向上がみられた（Yoshimoto et al., 2015）ことから『体幹の傾き』を，3，4）スクワットにおいて膝を出さずに臀部を引くことで股関節伸展トルクが増大するという先行研究（Fry et al., 2003）から，『臀部の引き』および『膝の位置』を，5）垂直跳の際，鉛直方向に地面を強く押すことで，作用・反作用の法則から鉛直逆向きの力が発生し，高い跳躍高を獲得できると考えられるため，『脚の押し』を評価項目として採用した。VAS の長さは 10cm とし，0cm の地点を「動作が悪い」，10cm の地点を「動作が良い」と規定し，0.1cm 単位で計測した。

跳躍評価者は，跳躍者から 3m 離れた距離で行われた垂直跳を観察し，垂直跳の着地直後に VAS の評価を行った。

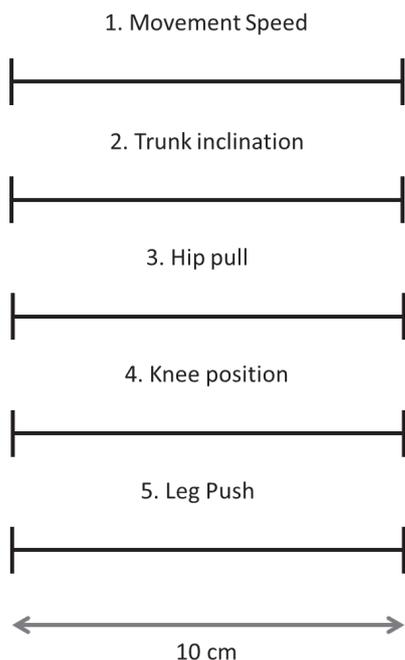


Fig 1. Visual analog scale

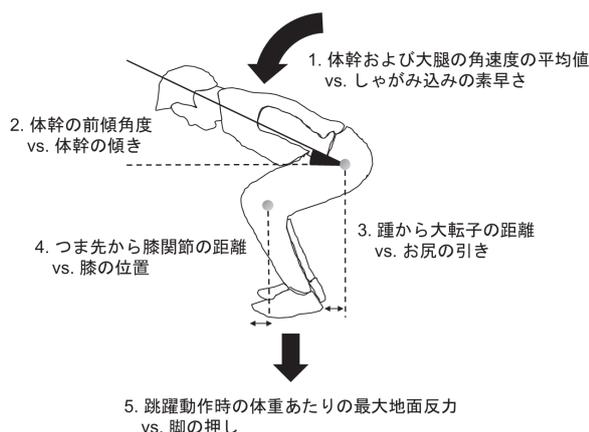


Fig 2. Correspondence between subjectivity and objectivity

(2) 呈示動作

跳躍評価者は、健康な成人男性9名(跳躍実施者、年齢 23.5 ± 1.8 歳、身長 172.0 ± 3.7 cm、体重 67.0 ± 7.5 kg)の垂直跳動作を評価した。すべての跳躍実施者は共通のウォーミングアップを行った後、垂直跳を3回実施した。試行間の休息時間は、1分間以上設け、跳躍実施者が違和感なく全力で跳躍を行えることを確認した後、次の試行を行った。跳躍実施者には、立位姿勢から反動動作を用いて鉛直方向への跳躍を全力で行うよう指示した。試行時の体幹および下肢の屈曲角度は任意とし、腰に手をあてた姿勢で行わせた。

(3) 跳躍高の評価

垂直跳の跳躍高は、先行研究(Bosco, 1981; 吉本ら, 2012, 2015; Yoshimoto et al., 2015)と同様の方法に倣い、マットスイッチ(マルチジャンプテスタ, DKH社製)を用いて行った。垂直跳は、滞空時間を計測し、 $h = 1/8 \cdot g \cdot tf^2$ (h : 跳躍高, g : 重力, tf : 滞空時間)により算出した。3回のうち最も記録の良かった試技を動作およびVASの評価対象とした。

(4) 跳躍動作の解析

跳躍動作は、光学式三次元動作解析システム(Mac3D System, Motion Analysis社製)の12台の専用カメラ(Rapter)と2台のフォースプラットフォーム(Z15907, Kistler社製)を使用した。光学式三次元動作解析システムによる測定では、身体部位14点に反射マーカ(直径13mm)を貼付し、撮影速度250Hz、シャッタースピード $1/2000$ sで身体各部位の三次元座標を計測した。Mac3D Systemのキャリブレーションによるカメラ12台の較正点の実測3次元座標値と算出された3次元座標値の平均誤差は0.3mm以下であった。身体部位14点は、左右の肩峰、大転子、大腿骨外側上果および内側上果、外果、踵後部、第二中足節関節、つま先)とした。身体各部位の三次元座標の解析には、三次元動作解析ソフト(Cortex3.6.0.1212, Motion Analysis社製)を用いた。また、身体各部位の三次元座標は、MATLAB R2023(The Math Works社製)に取り込み、Wells and Winter(1980)の方法に基づいて遮断周波数(17.5 Hz ~ 22.5 Hz)で平滑化した。跳躍動作中の時系列データから、体幹、下肢の部分および関節角度、最大角速度をそれぞれ算出した。

(5) 床反力の計測

跳躍動作中の両脚の作用する地面反力は、フォースプラットフォームにより計測し、専用アンプを介して、サンプリング周波数1000Hzでパーソナルコンピュータに取り込んだ。地面反力データは、MATLAB R2023(The Math Works社製)に取り込み、50 Hzで平滑化した。なお、三次元座標と地面反力のデータは、光学式三次元動作解析システムに付属するA/Dボードを介して同期した。

2. 研究2および3

研究2では、VASの作成者以外が垂直跳動作の評価を行えるかを明らかにするために、作成者を含む健康な一般成人男性6名(年齢: 24.2 ± 2.9 歳、主な競

技歴：陸上競技短距離および跳躍競技，競技年数：9.0 ± 1.3年）を跳躍評価者として，研究1で撮影した垂直跳の映像を用いて垂直跳の評価を行った。研究3では，跳躍動作を観察する際に，ある程度跳躍高を確認できることが動作の評価に影響する可能性があったため，離地直後に映像が遮断されるように編集したものをを用いて，健康な一般成人男性6名（年齢23.6 ± 2.9歳，主な競技歴：陸上競技短距離，ハードルおよび跳躍競技，競技年数：9.8 ± 1.9年）が垂直跳の評価を行った。なお，研究2の跳躍評価者とは別の評価者であった。

研究2および3では，跳躍評価者は映像をみて評価した。跳躍実施者は健康な成人男性9名（年齢24.3 ± 4.0歳，身長175.3 ± 6.4cm，体重68.9 ± 6.1kg）であった。映像は，デジタルビデオカメラ（HDR-CX560V，Sony社製）を用いて60 Hzで撮影した。デジタルビデオカメラは，跳躍実施者の矢状面側から撮像され，跳躍実施者の全身がすべて画面上に入るように約3m離して設置した。撮影した映像は，動画編集ソフト（Movie maker，Windows社製）で編集された。その後，跳躍実施者は椅子から3m離れた距離に置かれた横127.4 × 縦75.0cmの55インチのモニター（KDL-55HX850，Sony社製）に呈示される映像を観察した。

研究3で用いた映像は研究2の垂直跳を離地直後で遮蔽したものとした。跳躍実施者の映像および評価者の観察方法は研究2と同様であった。

3. 統計処理

すべての測定値は，平均値および標準偏差で表した。垂直跳動作中のキネマティクスおよびキネティクスと垂直跳の跳躍高との関係を明らかにするために，ピアソンの積率相関係数（ r ）を算出した。また，キネマティクスおよびキネティクスとVASとの関係を明らかにするために，以下に示す項目間のピアソンの積率相関係数（ r ）を求めた。

- ① 「体幹および大腿の角速度の平均値」と「しゃがみ込みの素早さ」
- ② 「体幹前傾角度」と「体幹の傾き」
- ③ 「踵から大転子の距離」と「お尻の引き」
- ④ 「つま先から膝関節の距離」と「膝関節の位置」
- ⑤ 「跳躍動作時の体重あたりの最大地面反力」と「脚（股，膝および足関節）の押し」
- ⑥ 「垂直跳の跳躍高」と「VASの総合得点」

垂直跳の3回の試行間における安定性を評価するために，級内相関係数（Intraclass correlation coefficient：ICC）を算出した。このとき，ICCの判定基準として

0.75以上であれば信頼性は良好であると考えられる（Vincent, 1995）。また，研究2および3のVASにおける跳躍評価者間の比較を行うために，対応のない一元配置の分散分析および多重比較を行った。すべての統計処理は，統計処理ソフト（IBM SPSS Statistics 20，IBM Japan製）を用いて行った。いずれの場合も危険率5%未満をもって統計的に有意とした。

III. 結果

Table 1および2に，研究1における垂直跳の跳躍高とキネマティクスおよびキネティクスとの関係を示

Table 1. Kinematics and kinetics during Vertical Jump

Variable	Mean (SD)	Range
<i>Kinematics</i>		
<u>Joint angle at the knee flexed, deg</u>		
Hip	127.4 (15.4)	110.8-160.4
Knee	99.2 (11.1)	81.9-116.1
Ankle	35.8 (6.6)	27.2-46.2
Trunk	63.8 (12.9)	47.2-91.4
Thigh	-64.2 (5.3)	-71.2-55.4
Lower leg	38.3 (7.3)	29.6-49.8
<u>Distance at the knee flexed, cm</u>		
Distance knee to toe	6.0 (3.7)	0.8-12.2
Distance hip to heel	3.9 (4.7)	-5.8-8.4
<u>Peak angular velocity from stand to flexion, ° · s⁻¹</u>		
Hip	317.2 (93.8)	193.4-492.6
Knee	220.9 (43.3)	142.7-290.3
Ankle	83.1 (21.9)	51.2-118.0
Trunk	165.8 (65.1)	74.5-295.9
Thigh	39.0 (29.7)	-1.7-93.4
Lower leg	74.0 (19.1)	50.2-97.3
<u>Peak angular velocity from flexion to takeoff, ° · s⁻¹</u>		
Hip	1037.8 (68.6)	566.2-799.0
Knee	1109.8 (100.2)	832.2-1156.6
Ankle	228.2 (131.7)	939.0-1273.2
Trunk	497.9 (42.6)	179.8-314.9
Thigh	542.2 (54.8)	388.2-569.6
Lower leg	1037.8 (60.5)	450.8-627.4
<i>Kinetics</i>		
Ground reaction force, N	1614.6 (263.2)	1055.0-1600.2
Ground reaction force relative to BM, N/kg	19.3 (1.9)	16.4-21.6
Peak ground reaction force (N)	1614.2 (263.2)	1262.6-2002.9
Peak ground reaction force relative to BM (N/kg)	24.1 (2.7)	19.8-27.6
Vertical jump height (m)	40.9 (7.58)	29.3-54.2

Table 2. Relationship between vertical jump height and kinematics and kinetics

Variable	Correlation coefficient
<u>Joint angle at flexed, deg</u>	
Hip	0.69 *
Knee	0.21
Ankle	0.28
Trunk	0.67
Thigh	-0.40
Lower leg	-0.31
<u>Distance at the trunk flexed, mm</u>	
Distance from hip to heel	-0.79 *
Distance from knee to toe	-0.75 *
<u>Peak angular velocity from stand to flexion, ° · s⁻¹</u>	
Hip	0.55
Knee	0.14
Ankle	0.25
Trunk	0.59
Thigh	0.79
Lower leg	-0.002
Trunk and Thigh	0.68 *
<u>Peak angular velocity from flexion to takeoff, ° · s⁻¹</u>	
Hip	-0.51
Knee	-0.66
Ankle	-0.54
Trunk	-0.45
Thigh	0.51
Lower leg	-0.61
Trunk and Thigh	0.72 *
<i>Kinetics</i>	
Ground reaction force, N	0.45
Ground reaction force relative to BM, N/kg	0.81 *
Peak ground reaction force (N)	0.49
Peak ground reaction force relative to BM (N/kg)	0.79 *

* $p < 0.05$

す。股関節屈曲角度, 体幹傾斜角度, 大腿の最大傾斜角速度, 体幹および大腿の最大傾斜角速度の平均値, 踵から大転子の距離, 跳躍動作時の体重あたりの平均地面反力および最大地面反力と垂直跳の跳躍高との間には有意な相関関係が認められた ($r = 0.67 \sim 0.81, p < 0.05$)。

1. VAS の評価とキネマティクスおよびキネティクスとの関係

Fig 3に, 垂直跳の跳躍高, キネマティクスおよびキネティクスデータと VAS の総合得点との関係を示す。垂直跳の3回の試行間における ICC は0.79~0.99であった。垂直跳の跳躍高と VAS の総得点との間には有意な相関関係が認められた ($r = 0.93, p < 0.05$)。また, 本研究において垂直跳のパフォーマンスに重要となるキネマティクスおよびキネティクスと VAS の各項目の得点との間には, すべての項目間で有意な相関関係が認められた ($r = 0.79 \sim 0.92, p < 0.05$)。

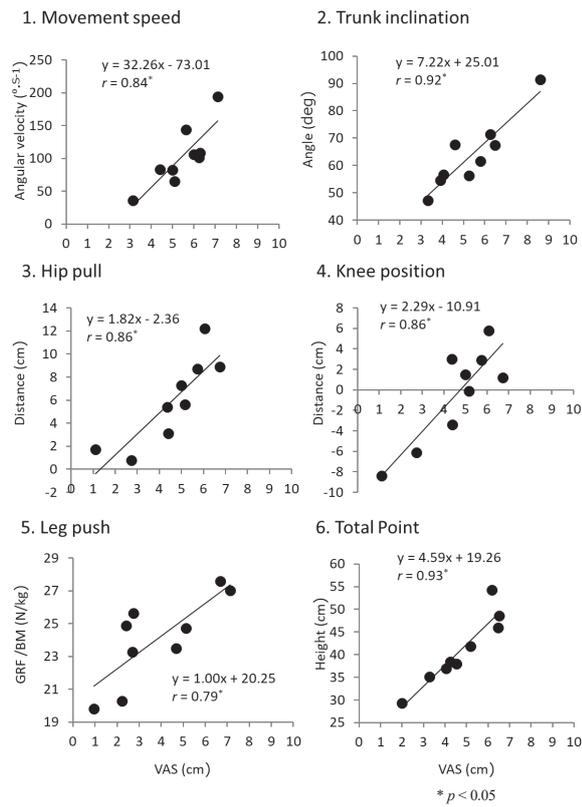


Fig 3. Relationships between motion of countermovement jump and VAS scores

2. 作成者以外の評価と垂直跳の跳躍高との関係

Fig 4に, 垂直跳の跳躍高と VAS による評価との関係および跳躍評価者間の VAS の評価における一元配置の分散分析の結果を示す。研究2における垂直跳の跳躍高と VAS の評価との間には有意な相関関係が認められた ($r = 0.94, p < 0.05$)。一元配置の分散分析の結果, すべての項目における VAS の評価は, 跳躍評価者間で有意な差が認められなかった ($p < 0.05$)。Table 3に, 作成者と非作成者の VAS における各スコアの関係を示す。作成者と非作成者 E の膝の位置を除くすべての項目で作成者と非作成者の各スコアの間には有意な相関関係が認められた ($r = 0.67 \sim 0.98, p < 0.05$)。Table 4に, VAS における各スコアと総得点との関係を示す。すべての跳躍評価者において, 各スコアと総得点の間には有意な相関関係が認められた ($r = 0.74 \sim 1.00, p < 0.05$)。

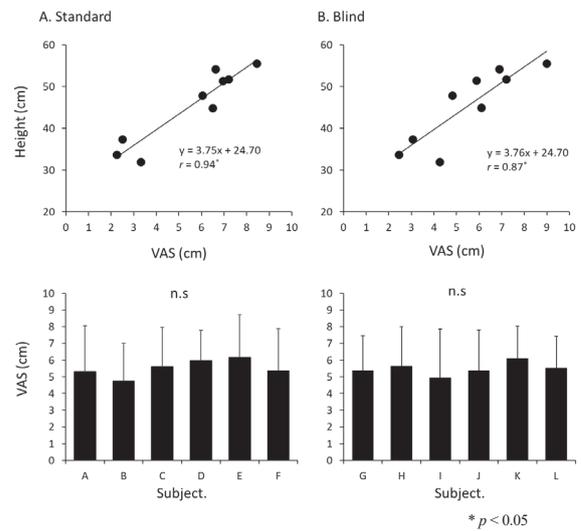


Fig 4. Relationships between height of countermovement jump and VAS scores at non masking and masking

Table 3. Correlations between creator and non-creator scores

	Movement speed	Trunk inclination	Hip pull	Knee position	Leg push
<i>Normal</i>					
B	0.88 *	0.86 *	0.88 *	0.88 *	0.92 *
C	0.67 *	0.87 *	0.88 *	0.90 *	0.98 *
D	0.84 *	0.89 *	0.87 *	0.75 *	0.89 *
E	0.88 *	0.79 *	0.72 *	0.63 *	0.80 *
F	0.84 *	0.79 *	0.88 *	0.88 *	0.77 *

* $p < 0.05$

3. パフォーマンス結果を遮蔽した作成者以外の評価と垂直跳の跳躍高との関係

Fig 4に、垂直跳の跳躍高と VAS の評価との関係および跳躍評価者間の VAS の評価における一元配置の分散分析の結果を示す。研究3における垂直跳の跳躍高と VAS の評価との間には有意な相関関係が認められた ($r = 0.87, p < 0.05$)。一元配置の分散分析の結果、すべての項目における VAS の評価は、跳躍評価者間で有意な差が認められなかった ($p < 0.05$)。Table 4に、VAS における各スコアと総得点との関係を示す。すべての跳躍評価者において、各スコアと総得点との間には有意な相関関係が認められた ($r = 0.76 \sim 1.00, p < 0.05$)。

Table 4. Correlations between each score and the total score

	Movement speed	Trunk inclination	Hip pull	Knee position	Leg push
<i>Normal</i>					
A	0.74 *	0.99 *	0.96 *	0.98 *	0.97 *
B	0.94 *	0.99 *	0.97 *	1.00 *	0.96 *
C	0.91 *	0.92 *	0.97 *	0.98 *	0.96 *
D	0.84 *	0.93 *	0.98 *	0.91 *	0.97 *
E	0.98 *	0.99 *	1.00 *	0.96 *	0.98 *
F	0.92 *	0.96 *	0.99 *	0.97 *	0.94 *
<i>Blind</i>					
G	0.89 *	0.98 *	0.98 *	0.99 *	0.96 *
H	0.92 *	0.78 *	0.94 *	0.87 *	0.95 *
I	1.00 *	1.00 *	1.00 *	1.00 *	1.00 *
J	0.95 *	0.98 *	0.94 *	0.92 *	0.99 *
K	0.92 *	0.91 *	0.96 *	0.95 *	0.98 *
L	0.84 *	0.92 *	0.76 *	0.89 *	0.87 *

* $p < 0.05$

IV. 考察

本研究で得られた知見は、作成した VAS が垂直跳におけるキネマティクスおよびキネティクスを評価できることを明らかにした。また、VAS の作成者の得点とある程度運動に精通した者に差がなかったことから、本研究で用いた VAS は作成者以外でも跳躍動作の出来栄を評価できることが明らかとなった。これまでも身体動作について視覚情報から検討した報告 (田中ら, 2012; 小野ら, 2015) はあるものの、実際の動作との関連性を評価した研究はないことから、本研究の知見は有用であると考えられる。

VAS の級内相関係数は、0.79~0.99であった。また VAS は、垂直跳を評価した跳躍評価者間で有意な差が認められなかった。これまで、再現性の指標である級内相関係数は、0.75以上であれば再現性が高いことを示す (Vincent, 1995)。

本研究におけるバイオメカニクスの変数と垂直跳の跳躍高との関係を明らかにした結果、本研究で VAS の評価項目とした体幹傾斜角度、大腿の最大傾斜角速

度、体幹および大腿の最大傾斜角速度の平均値、踵から大転子の距離、跳躍動作時の体重あたりの平均地面反力および最大地面反力と垂直跳の跳躍高との間には有意な相関関係が認められた。上記における垂直跳の跳躍高との間に関連がみられた項目は、先行研究 (Wilk et al., 1993; Vanrenterghem et al., 2008; Fry et al., 2003; Yoshimoto et al., 2015) を参考に本研究で採用した VAS の評価項目であった。以上のことは、本研究における VAS の評価項目はバイオメカニクス的に垂直跳を高く跳躍する技術的な要因に着目できたといえ、客観的な評価を適切に反映する項目であったと考えられる。

動作解析により得られたキネマティクスおよびキネティクスと VAS の得点との関係を明らかにした結果、VAS における各スコアとそれに対応するバイオメカニクスの変数との間には有意な相関関係が認められた。本研究では、測定評価者が視覚から跳躍実施者の垂直跳を評価したが、視覚からの情報を扱うという研究も行われている。これまで、視覚情報とパフォーマンスとの関係については、予測という観点から数多くの研究が行われており (Agloti et al., 2008; 石橋ほか, 2010; Wu et al., 2013; 畝中ら, 2014)、専門とする動作の熟練者は早い段階で正確な予測が可能であることを報告されている。これまでは、視覚情報から総合的な予測にしか着目されていなかったが、研究3では陸上競技の指導者が動作の予測ではなく、実際に行われた動作様式の評価を行った。その結果、跳躍高の獲得に必要な動作を、VAS を用いて視覚情報から評価できたといえる。

一方、予測に関する先行研究では、専門的な運動の熟練者と比較して、該当スポーツの指導を受けたことのない非熟練者は動作の予測に劣ることが示されている (Agloti et al., 2008; 石橋ほか, 2010; Wu et al., 2013; 畝中ら, 2014)。本研究では、VAS の作成者以外の跳躍評価者が体育・スポーツ分野を専門とする学生もしくは体育教員であったことから、動作に対する評価は一般人と比較して優れていると想定されるものの、初めて目にする VAS で垂直跳を評価するため、正確にパフォーマンスを評価できない可能性があった。しかしながら、VAS の作成者以外の者が垂直跳動作を評価しても、跳躍高と VAS との間に有意な相関関係が認められた (研究2および3)。さらに VAS の作成者の評価と VAS の作成者以外の者の評価との関係について着目すると、対応する評価項目のほとんどで有意な相関関係が認められた。以上のことは、

VASの作成者だけでなく、運動指導やスポーツに精通した者もVASを用いて動作を評価できることを示すものである。膝の位置におけるVASについては、非作成者Eのみ作成者の評価との間に有意な相関関係を示さなかった。その他の項目については有意な相関関係がみられたことから、項目によってVASによる評価が困難な可能性がある。

V. 現場への示唆

本研究の結果は、評価指標であるVASによって垂直跳におけるキネマティクスおよびキネティクスを評価できること示した。加えて、VASの作成者以外でも跳躍動作の出来栄を評価できたことから、スポーツ経験を有する者（体育教員やコーチなど）であれば本研究で作成したVASを用いて垂直跳を評価できるといえる。本研究で作成したVASは、健康な一般成人男性12名を対象として検討を行ったことから、子供を対象としていない。しかし、これまで台を用いたエクササイズによってジュニア期、シニア期の世代を問わず垂直跳の跳躍高が向上した研究（吉本ら, 2012; Yoshimoto et al., 2015）から、着目すべき動作は各世代で同様である可能性が高く、各世代で汎用可能であると考えられる。また、これまで学習指導要領（文部科学省, 2019）を概観しても、跳躍の種類や実施法については明示されているものの、どのような動作を実施することで優れた跳躍を遂行できるかは示されていないが、本研究の結果は、垂直跳に関して着目すべき動作を提示するとともに、その動作においてより優れた動きがみられた者ほど評価が高くなるよう作成されている。そのため、動作解析装置等を用いた動作分析と比較して測定精度が高いとはいえないものの、高価な機材を用いずに、簡便かつ容易に垂直跳動作の評価を行えるとともに、その動作改善に役立つ資料として運動指導現場に提示できると推察される。VASは10cmのスケールに示した印を定規等で測る必要があるが、近年ではICT教育も進んでいることから、自動で計測するアプリを作成することができれば、教育現場での活用も進めることができると考えられる。本研究では垂直跳を対象としたが、今後、その他の運動においてもVASの作成を進めることで、高価な機材がなくても適切に動きの評価を行える手段を提案できると考えられる。

VI. 本研究の限界

本研究において対象とした運動は垂直跳であり、単

発、一方向の動作であることからその他の身体運動よりもVASの評価が容易である可能性がある。したがって、その他の身体運動においてもVASを用いることで動作を評価することができるか否かを検討する必要がある。また、本研究におけるVASの作成者および跳躍評価者は、運動に精通する者であったため、スポーツ経験のない者が評価できるかは不明である。加えて、本研究における跳躍実施者は先行研究（小野ら, 2015）と比較して少なく、より多くの対象者で同様の結果が得られるかを検証する必要がある。さらに、すべての対象者が男性であったため、性差も含め、今後のこれらの課題について検討することが求められる。

VII. 結論

先行知見および運動指導現場で行われている指導法を参考にVASを作成し、それを用いた動作の評価が、動作解析により得られた評価を反映できるかについて検討した。その結果、VASを用いた評価と動作解析により得られた評価との間には有意な相関関係が認められた。また、作成者以外がVASを用いた場合においても、パフォーマンスを評価できることが示唆された。

VIII. 参考文献

- 阿江通良, 藤井範久 (2002) スポーツバイオメカニクス20講, 初版, 朝倉書店. pp.10.
- Aglioti, SM., Cesari, P., Romani, M., and Urgesi, C. (2008) Action anticipation and motor resonance in elite basketball player. *Nat Neurosci*, 11: 1109-1116.
- Bosco, C., Luhtanen, P., and Komi, PV. (1983) A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol*. 50: 273-282.
- Domire, ZJ., and Challis, JH. (2007) The influence of squat depth on maximal vertical jump performance. *J Sports Sci*. 25: 193-200.
- Fry, AC., Smith, JC., and Schilling, BK. (2003) Effect of knee position on hip and knee torques during the barbell squat. *J Strength Cond Res*. 17: 629-633.
- Heinz, S. (1971) Der bogenformigen anlauf beim Fosbury-flop. *Leichtathletik*. 22: 233-236.
- 石橋千征, 加藤貴昭, 永野智久, 仰木裕嗣, 佐々木三男 (2010) バスケットボールのフリースローの結果予測時における熟練選手の視覚探索活動. *スポーツ心理学研究*. 37: 101-112.
- 亀山勇太, 笹子悠歩, 山本正嘉 (2011) カナディアンカヌーにおける前足の接地角度の違いが漕パフォーマンス

- マンスに与える影響－カヌーエルゴメータを用いた検討－. スポーツパフォーマンス研究. 3 : 100-112.
- 金原勇, 古藤高吉, 広橋義一, 関岡康雄 (1960) 基礎的跳躍運動の分析. 体育の科学. 10 : 271-274.
- Takano, K., and Henatsch, H. D. (1971) The effect of the rate of stretch upon the development of active reflex tension in hind limb muscles of the decerebrate cat. *Experimental Brain Research*. 12: 422-434.
- 文部科学省 (2019) 小学校学習指導要領 (平成29年告示) 解説, 体育編. https://www.mext.go.jp/component/a_menu/education/micro_detail/__icsFiles/afiedfile/2019/03/18/1387017_010.pdf, (参照日2021年4月15日).
- 小野真弘, 徐広孝, 大山下圭悟, 西嶋尚彦 (2015) 円盤投動作技能の評価規準. 体育測定評価研究. 14 : 1-10.
- Salles, AS., Baltzopoulos. V., and Rittweger, J. (2011) Differential effects of countermovement magnitude and volitional effort on vertical jumping. *Eur J Appl Physiol*. 111: 441-448.
- 田中彩子, 吉本隆哉, 山本正嘉 (2012) なぎなた競技における打突の評価を Visual analog scale (VAS) を用いて定量化する試み－審判と競技者間の判定の食い違いに着目して－. スポーツパフォーマンス研究. 4 : 105-116.
- 畝中智志, 中本浩揮, 幾留沙智, 森司郎 (2014) バスケケットボールのフリースロー予測に対する運動シミュレーションの役割. スポーツ心理学研究. 41 : 105-114.
- Vanrenterghem, J., Lees, A., and Clercq, DD. (2008) Effect of forward trunk inclination on joint power output in vertical jumping. *J Strength Cond Res*. 22: 708-714.
- Vincent, WJ. (1995) *Statistics in Kinesiology*. 3rd ed. Champaign (IL). Human Kinetics. pp. 194-200.
- Wells, RP., and Winter, DA. (1980) Assessment of signal and noise in the kinematics of normal, pathological and sporting gaits. *Human Locomotion*. 1: 92-93.
- Wilk, KE., Voight, ML., Keirns, MA., Gambetta, V., Andrews, JR., and Dillman, CJ. (1993) Stretch-shortening drills for the upper extremities: theory and clinical application. *J Orthop Sports Phys Ther*. 17: 225-239.
- Wu, Y., Zeng, Y., Wang, S., Wang, D., Tan, X., Zhu, X., Zhang, J., and Zhang, J. (2013) The role of visual perception in action anticipation in basketball athletes. *Neuroscience*, 237: 29-41.
- 吉本隆哉, 高井洋平, 東畑陽介, 金高宏文, 山本正嘉 (2012) 発育期における椅子を用いた跳躍練習 (椅子ジャンプ) が垂直跳びの跳躍高に及ぼす影響. スポーツパフォーマンス研究. 4 : 204-211.
- 吉本隆哉, 酒井一樹, 山本正嘉 (2015) 陸上競技短距離選手を対象とした運動指導現場で用いられる各種コントロールテストと疾走速度. ピッチおよびストライドとの関係. *スプリント研究*. 24 : 21-31.
- Yoshimoto, T., Takai, Y., Ishii, Y., Yamamoto, M., and Kanehisa, H. (2015) Effect of a single jump practice on vertical jump performance. *J Athl Enhanc*. 4: 3.