

東京体育学会第8回学会大会

発表抄録

大腿二頭筋長頭の異なる部位における筋束の構造的違い

山崎由紀奈 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)
山岸 道央 (日本体育大学)

柏木 悠 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)
船渡 和男 (日本体育大学)

キーワード：筋束長，羽状角，超音波画像

【背景】

大腿二頭筋長頭はストレイン傷害を起こしやすいとされ、構造的に近位の筋腱移行部が構造的に細いこと (Rehorn and Blemker, 2010) や、スプリント動作時に近位の筋線維ストレインは他部位よりも高いことがシミュレーションを用いて報告されている (Niccolo et al., 2014)。生体内におけるBF収縮時の特徴は、超音波画像を用いて筋束の振る舞いが調べられてきた (Timmins et al., 2015)。しかし、近位部とその他の部位で異なる特徴があるのか明らかではない。

【目的】

超音波縦断面画像を用いた大腿二頭筋長頭 (BF) の筋束長 (FL) 及び羽状角 (PA) に部位差がみられるかを明らかにすること。

【方法】

対象は健常な体育専攻男子学生8名であった。等尺性膝関節屈曲トルクは、腹臥位にて膝関節屈曲角度5度での50%MVCを10秒間行った。BF筋束は、超音波縦断面画像 (ALOKA社製) を用いて、BFの長軸 (坐骨結節～腓骨頭) 上を大腿長10%～90%部位 (大転子点を0%とし正規化) までを記録した。画像分析は、静止画よりパノラマ画像を作成し、筋束と表層及び深層腱膜との交点が可視できるすべてを対象としてFLを計測した。PAは表層及び深層腱膜との交点が成す角度と定義した。各変数は、大腿長5%部位毎に算出した。

【結果及び考察】

筋束は収縮時に安静時よりも短縮、PAは増加し、先行研究 (Timmins et al., 2015) と同様の結果となった (図2)。部位差において、表層PAの変化量は深層PAよりも大きいことから、遠位部の筋束がより短縮したことが示された。一方、近位部のFL及び深層PAの変化量は小さかった。これらより、膝関節屈曲トルク発揮において筋束は遠位部でより短縮し、トルク発揮に影響されたと考えられる。一方で近位部におけるFL及び深層PAの変化が小さい結果は、ストレインの高いBFの構造が影響した可能性が考えられる。

【結論】

膝関節屈曲トルク発揮において大腿二頭筋長頭の筋束は、遠位部で筋束長の短縮及び表層羽状角の増加がみられ、近位部で変化しなかったことから、部位によって異なる収縮様式が示された。

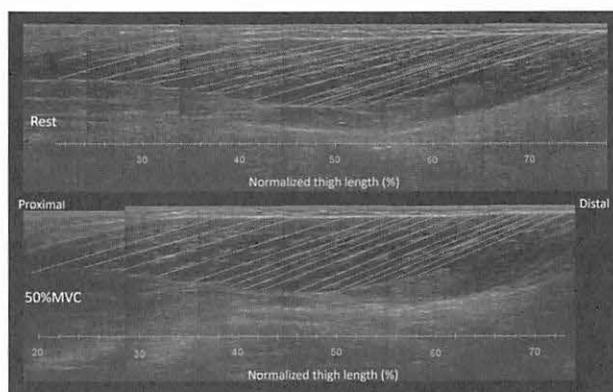


図1 安静及び収縮時 (50%MVC) におけるパノラマ超音波画像の例 (n=1)

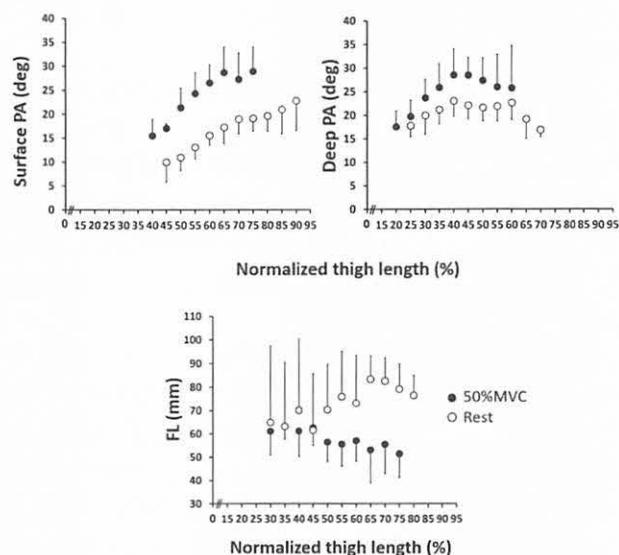


図2 安静及び収縮時 (50%MVC) における表層PA，深層PA及びFLの結果 (Mean ± SD)

異なる関節角度での底屈筋力発揮時における下腿筋及びアキレス腱の動態特性

横沢 翔平 (国士舘大学大学院)
田中 重陽 (国士舘大学)

今若 太郎 (国士舘大学大学院)
角田 直也 (国士舘大学)

キーワード：底屈筋力, 下腿伸筋群, アキレス腱, 力学的動態

本研究は、MCセンサー法を用いて異なる関節角度での底屈筋力発揮時における下腿筋及びアキレス腱の動態特性について、力学的観点から明らかにすることを目的とした。

被検者は、足関節に障害がない健康な成人男性19名とした。Biodex System-III (Biodex社製)を用いて、異なる足関節角度における等尺性底屈筋力の測定を実施した。足関節角度は、足関節の解剖学的肢位0度を基準として、そこから背屈方向に20度(-20度)、底屈方向に20度(20度)の3角度とした。被検者には測定開始から3秒間程度で最大努力に達するような力発揮を行わせた。筋活動量は表面筋電図(日本光電社製)を用いて、筋形状変化量はMCセンサー(TMG社製)を用いて測定した。MCセンサーは、舌状突起型のチップを筋は5mm、腱は2mm突出した状態で取り付け、対象とする筋及び腱上の皮膚に貼付することで、収縮に伴う筋や腱の形状変化によって生じた張力(F_{MC})をセンサーに内蔵されたストレインゲージで計測することが可能である。

表面筋電図は腓腹筋内側頭(GM)、腓腹筋外側頭(GL)に、MCセンサーはGM、GL、アキレス腱(Ac)に貼付した。

取得データの分析区間は、筋力発揮開始から最大筋力発揮時までとした。測定前の安静状態におけるMCセンサー値を安静値とし、筋力発揮中の値から安静値を引くことでF_{MC}を算出した。その後、最大筋力発揮時のF_{MC}を抽出し、その値に対する分析区間の相対値を算出した。EMGの測定においては、単位時間あたりの積分値(iEMG)を算出した。

異なる足関節角度におけるAcのF_{MC}とGM及びGLのiEMG及びF_{MC}はすべての関節角度において、極めて高い有意な相関関係が認められた(Fig.1, Fig.2)。異なる足関節角度におけるAcのF_{MC}相対値とトルク相対値の関係は、すべての関節角度において有意な相関関係が認められ、その様相は角度によって異なる傾向を示した(Fig.3)。アキレス腱のF_{MC}相対値は-20、0度においてトルクの増大に伴い高値を示したが、20度では40% MVC以降一定の値を示した。

以上の結果からMCセンサー法による底屈筋力発揮時のアキレス腱の形状変化は足関節角度の違い、即ち腓腹

筋の筋長に影響受ける可能性が示唆された。

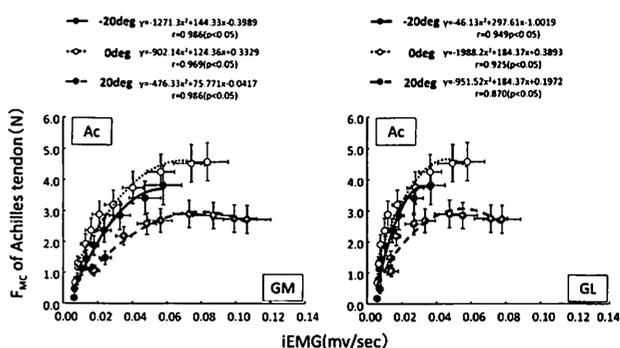


Fig.1. Relationships between iEMG of Ac and F_{MC} of each muscle in different joint angles.

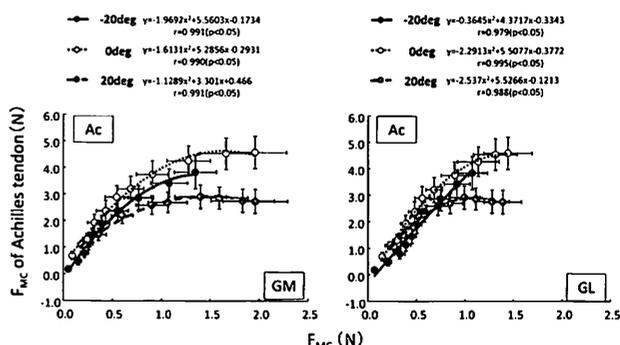


Fig.2. Relationships between F_{MC} of Ac and F_{MC} of each muscle in different joint angles.

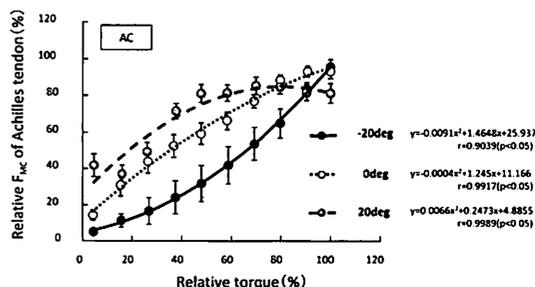


Fig.3. Relationships between relative F_{MC} of Ac and relative torque in different joint angles.

跳躍動作における反動動作が下肢筋群の収縮特性と腱動態に及ぼす影響

森田 侑 (国士舘大学大学院)
田中 重陽 (国士舘大学)

今若 太郎 (国士舘大学大学院)
角田 直也 (国士舘大学)

キーワード：跳躍, 下肢筋群, 腱, MCセンサー

本研究では、MCセンサーを用いて跳躍動作における反動動作が下肢筋群及び腱の力学的特性に及ぼす影響について検討することを目的とした。

被検者は成人男性18名とし、腰に手を当て膝関節の角度が90°屈曲位の状態から反動を利用せずに飛び上がる跳躍(SQJ)及び腰に手を当てた姿勢での垂直跳(CMJ)を行わせた。SQJ及びCMJにおける跳躍高は、垂直跳測定装置(アプライドオフィス社製)を用いて測定するとともに、1台の高速カメラ(デジモ社製)を用いて撮影した。また、跳躍動作中における形状変化量(FMC)は、

右脚の大腿直筋(RF)、外側広筋(VL)、前脛骨筋(TA)、腓腹筋内側頭(GM)、膝蓋腱(Pt)及びアキレス腱(Ac)を対象とし、MCセンサー(TMGS社製)を用い高速カメラと同期して測定した。SQJ及びCMJでは、撮影した映像を基に、膝関節最大屈曲位からつま先離地までを踏切期(Jumping phase)、つま先接地から踵接地までを着地期(Landing phase)と定義した。

SQJの跳躍高は $0.33 \pm 0.04\text{m}$ 、CMJの跳躍高は $0.39 \pm 0.06\text{m}$ であり、2試技の跳躍高の間に有意な差が認められた。また、それらの比率は $1.16 \pm 0.08\text{m}$ を示した。

踏切期及び着地期において、大腿筋群ではCMJがSQJより高い値を示す傾向が見られたのに対して、下腿筋群では同様の結果は得られなかった(図1)。加えて、PtのFMCではCMJがSQJよりも高くなる傾向を示したのに対して、AcのFMCではCMJ及びSQJのどちらも同程度の値を示す結果となった(図2)。

これらのことから、跳躍動作における反動を利用した踏切では、大腿筋群及びPtの活動が大きくなることが示唆された。また、Acでは反動の有無に関わらず、踏切期及び着地期のどちらにおいても同程度のストレスがかかることが明らかとなった。

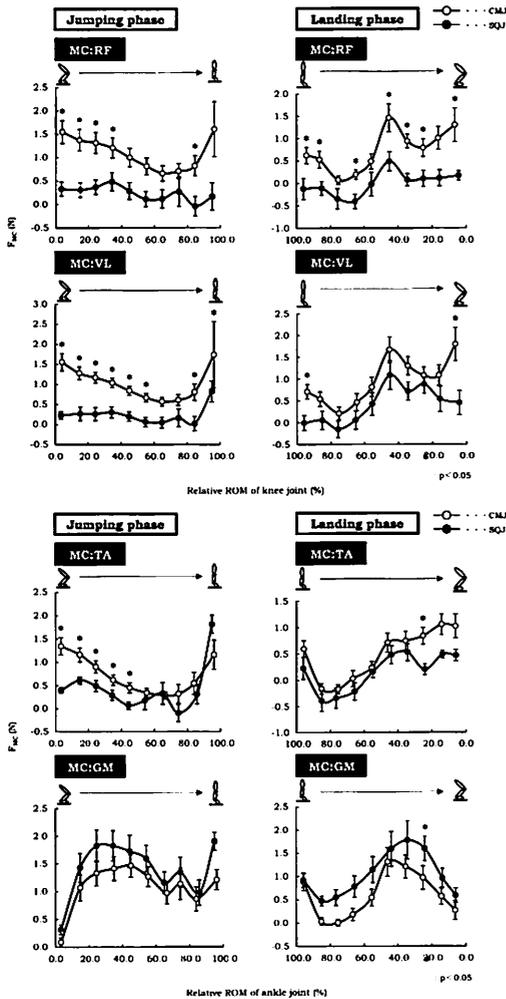


図1 踏切期及び着地期における下肢筋群のFMC

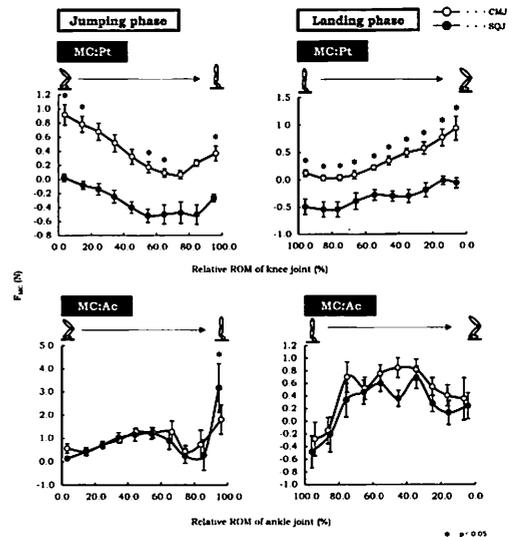


図2 踏切期及び着地期における各腱のFMC

若年女性における腓腹筋 stiffness の特性

嶋田 卓 (日本女子体育大学大学院スポーツ科学研究科)
 定本 朋子 (日本女子体育大学)

手島 貴範 (日本女子体育大学附属基礎体力研究所)
 沢井 史穂 (日本女子体育大学)

キーワード：筋硬度, 受動トルク, 超音波

【緒言】

主働筋の筋および腱の弾性特性は、スポーツパフォーマンスに影響を及ぼす重要なファクターであると言われている(廣野ほか, 2013; Kubo et al., 1999, 2000). しかし、これまでの筋の硬さについての研究では、男性を被験者とした研究が多く、女性を対象としたものは比較的少ないため、女性の stiffness については十分明らかにされていない。男性よりも比較的可動域が大きいと言われている女性の被験者を対象に、広範囲にわたり可動域を変化させた際の筋の伸長量と受動トルクを測定することで、若年女性の腓腹筋における stiffness 特性を明らかにできるのではないかと考えられる。そこで、本研究は、若年女性を対象に足関節を最大まで他動的に背屈させていく過程における腓腹筋の伸長量と受動トルクとの関係から、腓腹筋の stiffness を算出し、これまでの男性における先行研究との比較から若年女性の腓腹筋における stiffness 特性を明らかにすることを目的とした。

【方法】

若年成人女性21名(年齢21.1 ± 0.8歳)を対象に、足関節背屈3deg毎に腓腹筋の筋腱移行部(Myotendinous junction: MTJ)の移動量と受動的トルクの関係から stiffness を評価した。MTJ移動量(筋の伸長量)測定には、超音波画像診断装置(LOGIQ e Expert)のプロープに音響反射マーカーを貼付し、MTJから音響反射マーカーまでの距離を、足関節背屈0degを基準に最大背屈位まで3deg毎に測定することで、各足関節角度における筋の伸長量を算出した。受動トルク測定では、筋力測定装置(BIODEX system3)を用いて、他動的に足関節を背屈させた際に足関節が元に戻ろうとするトルク(受動トルク)を足関節背屈0degから最大背屈角度まで3deg毎に測定した。

【結果および考察】

筋の伸長量と受動トルクの関係を検討した結果筋の伸長量が少なくなり受動トルクが増大するポイント(閾値)が被験者全員にみられた。これは、腓腹筋の弾性特性の1つである可能性が考えられた。

本研究で測定した女性の腓腹筋の stiffness 特性を、男

性を被験者とした先行研究と比較した結果、筋の伸長量に違いがないものの、受動トルク、stiffness に差が認められた。理由として、血管平滑筋へのCa²⁺の流入量を制限し血管トーンを低下させる女性ホルモンであるエストロゲン(Hayashi et al, 2006)と、女性の靭帯や腱を弛緩させる役割を果たすリラキシンホルモン(Smith et al, 2002)の影響が考えられた。

今後、男女の筋の比較をする上では、女性特有のホルモンの影響を考慮する必要があることが考えられた。

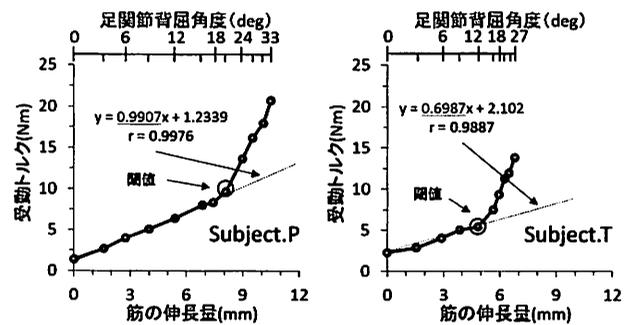


図. 腓腹筋の伸長量と受動トルクの関係

表. 先行研究と本研究の腓腹筋 stiffness 数値の比較

足関節背屈角度 (deg)	項目	本研究 女性(n=21)	中村ら,2013 男性(n=41)	水野ら,2011 男性(n=10)	Mizuno et al,2013 男性(n=11)
10deg (本研究では9deg)	筋の伸長量 (mm)	4.0±1.0	3.5±1.9	4.7±1.5	5.0±1.2
	受動トルク (Nm)	5.3±1.1	12.0±3.6	15.0±5.1	13.2±3.5
	stiffness (Nm/mm)	1.4±0.4	3.5	3.2	2.6
15deg	筋の伸長量 (mm)	5.7±1.0			7.1±1.4
	受動トルク (Nm)	8.4±1.6			18.1±5.0
	stiffness (Nm/mm)	1.5±0.5			2.5
20deg (本研究では21deg)	筋の伸長量 (mm)	7.0±1.3	6.8±2.0		
	受動トルク (Nm)	12.5±2.4	21.2±5.6		
	stiffness (Nm/mm)	1.9±0.6	3.1		
30deg	筋の伸長量 (mm)	8.6±1.4	9.5±1.9		
	受動トルク (Nm)	20.0±4.0	34.8±9.3		
	stiffness (Nm/mm)	2.4±0.8	3.7		
最大	角度 (deg)	36.6±8.1	21.4±6.2		
	筋の伸長量 (mm)	8.7±2.0			
	受動トルク (Nm)	26.3±8.1	28.5±8.6		
	stiffness (Nm/mm)	3.1±1.0			

M波と形状変化による筋収縮特性の関係

磯貝 貴大 (国士館大学大学院)

平塚 和也 (国士館大学大学院)

角田 直也 (国士館大学体育学部)

キーワード：M波, 筋収縮特性

【目的】 本研究の目的は、M波とTMG法を用いて神経系と筋収縮の関係を明らかにすることを目的とした。

【対象】 被検者は体育系男子学生15名とした (Table1)。

Table1. Age and physical characteristics of subjects.

n	Age (yrs)	Body height (cm)	Body weight (kg)	FFM (kg)
15	20.8±2.2	173.0±6.2	65.8±8.4	53.5±5.4

FFM: fat free mass.

Values are means±S.D.

【方法】 被験筋は、右脚のヒラメ筋 (SOL) とした。ヒラメ筋のM波の導出には、誘発筋電図装置 (TMG社製) を用い、筋収縮の測定には、筋収縮測定装置 (TMG-100, TMG社製) を用いた。測定肢位は、伏臥位とした。

刺激電極は、右脚の膝窩表面に貼付し、脛骨神経に対して経皮刺激を行った。刺激方法は、7mAから100mAまで3mAずつ漸増する方法とした。記録電極は、大腿外側上顆から外果を結ぶ遠位2/3のアキレス腱のすぐ外側の位置に後述する筋収縮測定装置のデジタルセンサーを挟み、2cmの間隔で貼り付けし、アース電極は外果に貼り付けした。また、脛骨神経への電気刺激に伴う筋腹の変位は、筋収縮測定装置を用いて1msec毎に測定した。デジタルセンサーは専用の三脚を用いて、ヒラメ筋の測定部位に対し垂直に差し込んだ。

記録したM波からは、最大振幅の値 (以下Mmax) と立ち上がり時間 (以下Trp) を抽出した。筋収縮の測定においては、脛骨神経への電気刺激時に伴う筋腹の初期変位から変位-時間曲線における100%までの時間を収縮時間 (以下Tc)、100%時を最大変位 (以下Dm) とした。

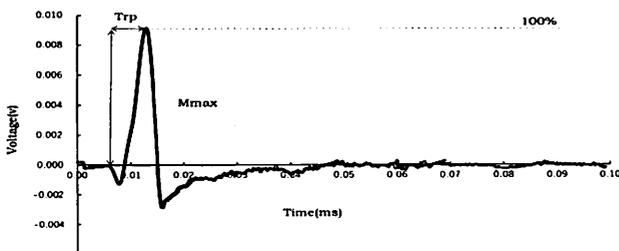


Fig.1. Explanation of the M-wave parameters extracted from the Soleus.

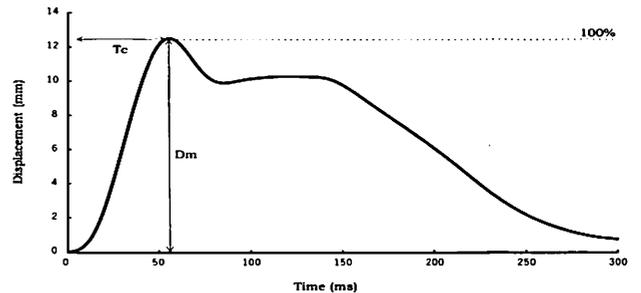


Fig.2. Explanation of the TMG parameters extracted from the twitch transversal displacement.

【結果】 Trp と Tc の間に有意な相関関係が認められた。

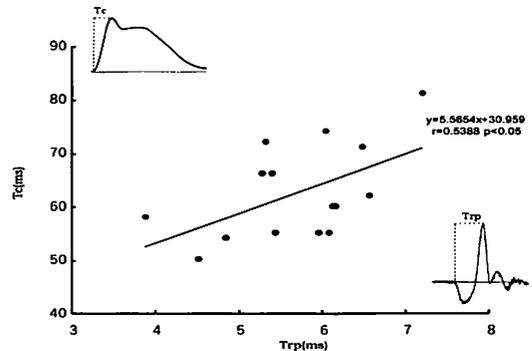


Fig.2. Relationship between contraction time and rising phase time.

Mmax と Dm との間に有意な相関関係が認められた。

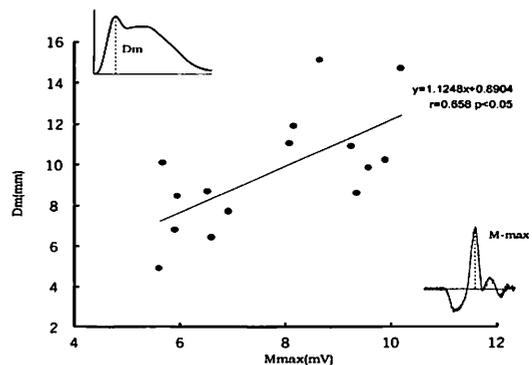


Fig.6. Relationship between maximal displacement and M-wave maximal amplitude.

以上のことから、活動電位の立ち上がり時間は筋の収縮時間に影響を及ぼし、活動電位の最大振幅は筋の最大変位と収縮時間に影響を及ぼすことが示唆された。

筋疲労からの回復過程における筋の出力及び収縮特性

川島 峻 (国士館大学大学院スポーツ・システム研究科)
 岩城 翔平 (国士館大学体育学部)
 角田 直也 (国士館大学体育学部)

平塚 和也 (国士館大学大学院助手)
 畑島 一翔 (国士館大学体育学部)

キーワード：TMG, 上腕二頭筋, 筋出力, 筋疲労, 回復過程

I. 目的

本研究は、体育系男子学生27名を対象に筋疲労からの回復過程における筋の出力及び収縮特性を明らかにすることを目的とした。

II. 方法及び結果

被験筋は、上腕二頭筋とした。筋収縮の測定は、筋収縮特性測定装置 (TMG-100 TMG社製) を用いた。TMG法による測定項目は、遅延時間 (Td), 収縮時間 (Tc), 最大変位 (Dm) とした。さらに、収縮速度を算出し、(V) とした。筋力及び疲労実験の測定は、BIODEX System III を用い、肘関節角度は90度とした。疲労実験は、5秒間随意最大努力による筋力発揮を行わせ、1秒休憩を1セットとし、連続50セット行わせた。

筋力においては、疲労前と直後、30分後、60分後に有意な差が認められた。

Tdにおいては、疲労前と60分後の間に有意な差が認められた。

Tcにおいては、疲労前と30分後及び60分後の間に有意な差が認められた。

Dmにおいては、疲労前と直後、30分後及び60分後の間に有意な差が認められた。

Vにおいては、疲労前と30分後、60分後及び1日後の間に有意な差が認められた。

III. 総括

以上のことから、筋疲労を起こすと各測定項目の低下率と回復過程は異なるが、すべての測定項目は、2日後には疲労前の状態に回復することが明らかとなった。

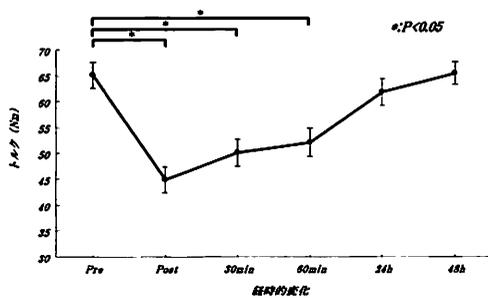


図2 筋力における経時的変化

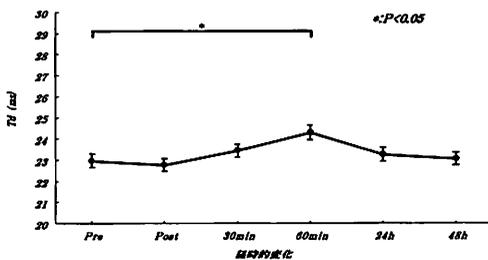


図3 Tdにおける経時的変化

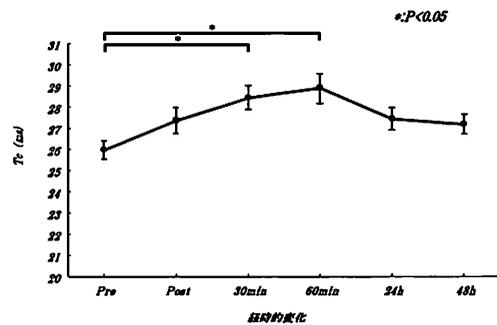


図4 Tcにおける経時的変化

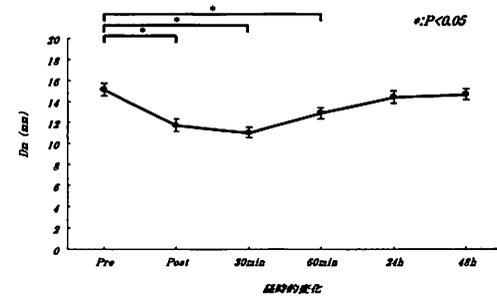


図5 Dmにおける経時的変化

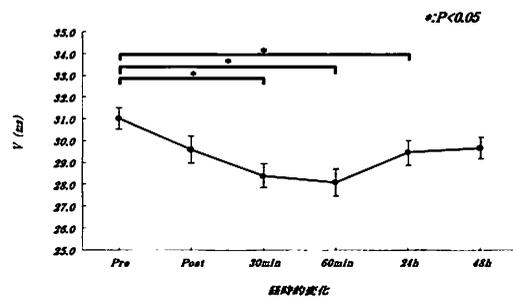


図6 Vにおける経時的変化

温熱刺激が骨格筋の収縮特性に及ぼす効果

田村 飛鳥 (国士舘大学大学院) 平塚 和也 (国士舘大学大学院) 角田 直也 (国士舘大学体育学部)

キーワード：高周波温熱, Tensiomyography, 体表皮温

本研究では、温熱刺激が骨格筋の形状変化からみた収縮特性に及ぼす効果について明らかにすることを目的とした。

被検者は、18歳以上の健康な男性28名とした。被験筋は右脚の大腿直筋とした。

筋収縮特性の測定は、筋収縮特性測定装置 (TMG-100, TMG社製) を用いた。測定肢位は仰臥位とし、測定位置が動かないよう脛骨粗面及び足首を固定パッドとストラップを用いて固定した。電極パッドは、5cm間隔で筋の附着方向に沿って貼付し、電極パッド間の中心にデジタルセンサーを垂直に差し込み測定した。電気刺激は、30mAから110mAの範囲で漸増する方法を用いて、1msec毎の筋腹の変位を測定し、最大変位が発現するまで行うものとした。測定項目は、電気刺激による筋腹の最大変位Dmを100%とし、電気刺激時を0%とした時の10%までの時間を遅延時間Td、10%から90%までの時間を収縮時間Tc及び収縮速度Vを算出し、計4項目とした。

体表皮温の測定は、高精度温度計 (LT-2series, Gram社製) を用いて測定した。

温熱刺激には、高周波治療器 (TECno six Erta, GMG社製) を用いた。実施部位は上前腸骨棘と膝蓋骨上縁を結んだ線上を中心に行った。また、周波数は750kHzとし、エネルギー出力は60w、実施時間は15分とした。筋収縮特性及び体表皮温の測定は、温熱刺激実施前後に計2回実施した。

体表皮温は、温熱刺激実施前に比べて実施後に増加することが確認され、両者の間には有意な差が認められた (Table1)。温熱刺激実施後の最大変位量は、実施前に比べて有意に増加することが明らかとなった (Fig.1)。温熱刺激実施後の遅延時間及び収縮時間は、実施前と比較して有意に短縮することが明らかとなった (Fig.2, Fig.3)。また、この時の収縮速度は、温熱刺激実施前後で有意な差が認められ、実施後が高値を示していた (Fig.4)。

これらのことから、温熱刺激は、筋の粘性を低下させ、時間的要素を改善させることが明らかとなった。

Table1. Skin temperature Pre and Post the heat stimulation.

Pre (°C)	Post (°C)	ΔT (°C)	Rate of variability (%)
32.0±0.3	* 35.5±0.1	3.5±0.2	11.0±0.8

Values are mean ± S.E.
*p<0.05

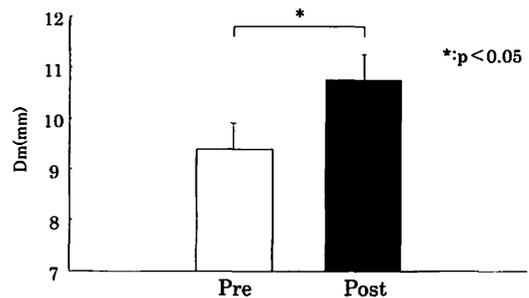


Fig.1. Dm on Pre and Post values with heat stimulation.

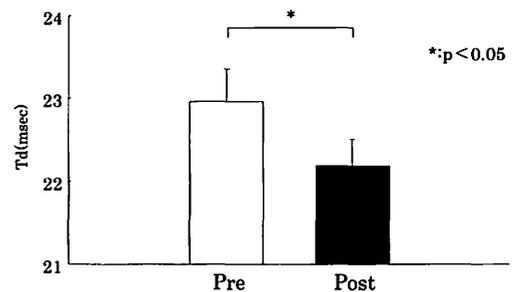


Fig.2. Td on Pre and Post values with heat stimulation.

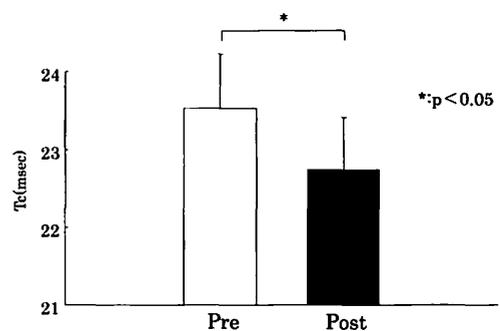


Fig.3. Tc on Pre and Post values with heat stimulation.

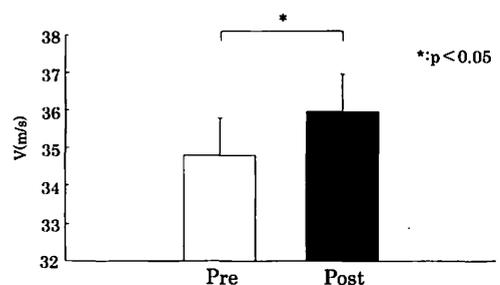


Fig.4. V on Pre and Post values with heat stimulation.

骨格筋の形状変化からみた投擲競技者の体肢及び体幹における筋収縮特性

谷口真太郎 (国士舘大学大学院)
宮崎 大佑 (国士舘大学)

岩城 翔平 (国士舘大学)
岡田 雅次 (国士舘大学)

平塚 和也 (国士舘大学大学院)
角田 直也 (国士舘大学)

キーワード：投擲競技者、筋収縮特性

【目的】 本研究の目的は、投擲競技者の形状変化からみた筋収縮特性を明らかにし、投擲競技者の筋形態及び筋機能との関係について検討することを目的とした。

【方法】 被検者は、男子投擲競技選手20名及び体育系男子大学生7名の計27名とした。被検者の年齢及び身体的特性をTable1に示した。

Table1. Age and physical characteristics of subjects.

Group	n	Age (yrs)	Body height (cm)	Body weight (kg)	FFM (kg)
TG	20	21.0±2.2	178.1±5.0	92.8±12.7	76.2±6.5
CG	7	19.7±1.6	169.2±6.0	58.4±8.6	51.8±7.3

TG: Thrower, CG: Control
FFM: fat free mass
Values are mean ± S.D. *:*p*<0.05

被験筋は、腕橈骨筋 (BR)、上腕二頭筋 (BB)、上腕三頭筋 (TB)、三角筋 (DEL)、僧帽筋 (TRS)、広背筋 (LD)、大胸筋 (PM)、大腿直筋 (RF)、内側広筋 (VM)、外側広筋 (VL) 及び大腿二頭筋 (BF) とした。筋厚の測定には、Bモード超音波診断装置 (SSD-900, ALOKA 社製) を用い、筋収縮の測定には、筋収縮特性測定装置 (TMG-100, TMG 社製) を用いた。筋の変位を測定するため、電極パッドを2つ貼り付け、電極パッド間の中心に、三脚に取り付けたデジタルセンサーを垂直に差し込んだ。電気刺激は、30mA から 110mA の範囲とし、電流を 30mA から漸増する方法を用い、電気刺激時における 1msec 毎の筋腹の変位をセンサーで測定した。

測定項目は、遅延時間 (以下 Td)、収縮時間 (以下 Tc)、最大変位 (以下 Dm) とした (Fig.1)。

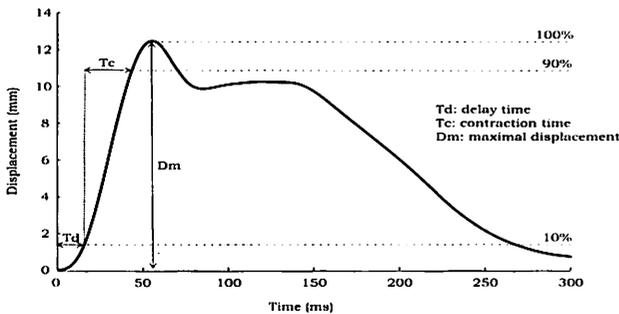


Fig.1. Muscle bell center of displacement due to TMG method.

【結果】

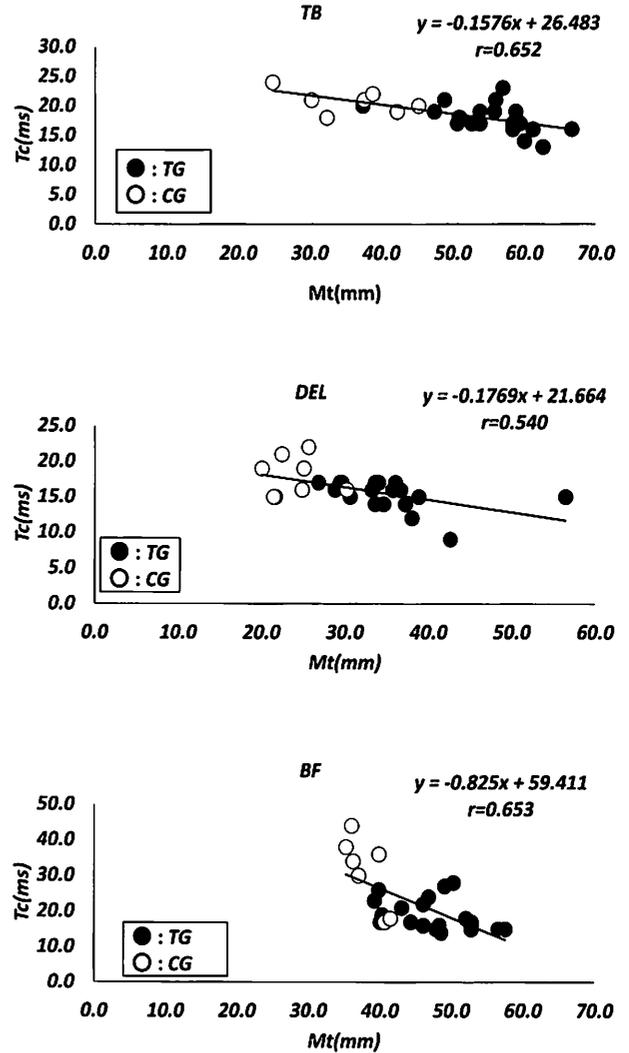


Fig. 2 Relationship between muscle thickness and Tc on the TB, DEL and BF.

以上のことから、TB、DEL 及び BF において特に顕著に現れることが明らかになった。したがって、TMG法を用いて測定した各項目の値は、投擲選手の筋形態と筋機能の関係について推定できる可能性が高いことが考えられ、さらにはパフォーマンス向上に繋がる知見になることが示唆された。

野球の連続投球に伴う体幹及び上肢筋群における収縮特性の変化

渡部 圭介 (国士館大学大学院)

平塚 和也 (国士館大学大学院)

畑島 一翔 (国士館大学体育学部)

岩城 翔平 (国士館大学体育学部)

角田 直也 (国士館大学体育学部)

キーワード：連続投球, 筋収縮特性

【目的】 本研究の目的は、野球の連続投球に伴う体幹及び上肢筋群における収縮特性の変化について検討することを目的とした。

【対象】 被検者は、大学準硬式野球部に所属する20名とした (Table1)。

Table1. Age and physical characteristics of subjects.

n	Age (yrs)	Body Height (cm)	Body Weight (kg)	FFM (kg)
20	19.6±1.1	171.1±4.5	67.6±6.9	58.7±2.8

FFM: Fat Free Mass

【方法】 被験筋は、投球側の上腕二頭筋 (BB), 上腕三頭筋 (TB), 三角筋 (DEL), 腕橈骨筋 (BR), 大胸筋 (PM), 広背筋 (LD) 及び僧帽筋 (TRS) とした。連続投球の測定は、ダッシュ等の十分なウォーミングアップを行い、最大努力でストレートを投球させた。投球は、1イニング15球を1セットと見立て、9イニング、計135球の投球を行った。また、全ての投球はスピードガン (ポケットリーダー社製) を用いて速度を計測した。筋収縮の測定には、筋収縮測定装置 (TMG-100, TMG社製) を用いて投球前後に測定した。電気刺激は、30mAから110mAの範囲とし、5mAずつ漸増する方法を用い、電気刺激時における1msec毎の筋腹の変位をセンサーで測定した。分析項目は、最大変位量 (Dm) 収縮時間 (Tc) 遅延時間 (Td) の3項目とした。

【結果】 ボール速度は、セット数増加に伴い減少した (Fig.1)。

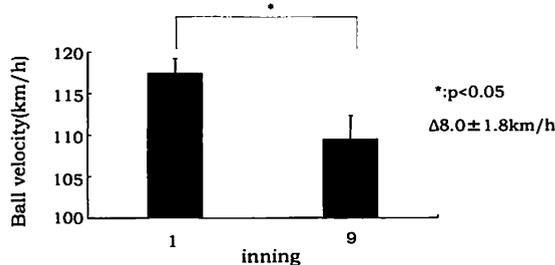


Fig.1. Comparison of Ball velocity between 1inning and 9inning.

投球後のDmは、PM, DEL及びLDにおいて有意な差が認められ、投球前と比較して低値を示した (Fig.2)。

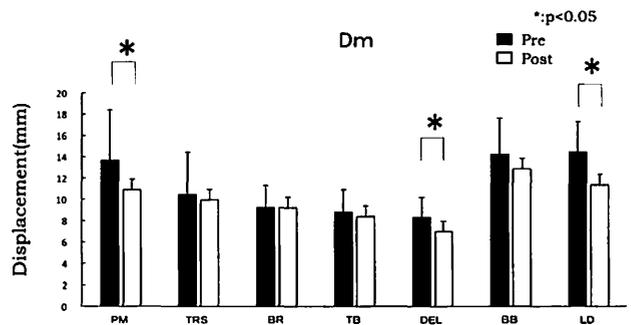


Fig.2. Comparison of Pre and Post in each muscle.

投球後のTcは、PM, DEL及びLDにおいて有意な差が認められ、投球前と比較して高値を示した (Fig.3)。

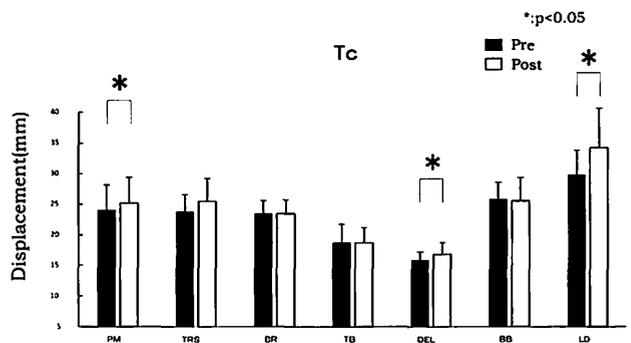


Fig.3. Comparison of Pre and Post in each muscle.

以上のことから、野球選手の連続投球に伴う体幹及び上肢筋群における収縮特性の変化は、主に大胸筋、広背筋及び三角筋に変化が見られ、これらの3つの筋が疲労したことにより、投球速度が低下したものと推察するものであった。

男子サッカー選手における部位別にみた大腿部筋厚の形態特性

手島 貴範 (日本女子体育大学附属基礎体力研究所)
 定本 朋子 (日本女子体育大学附属基礎体力研究所)

沢井 史穂 (日本女子体育大学)
 角田 直也 (国士舘大学体育学部)

【背景】

これまで、著者らは、発育期の男女サッカー選手を対象に大腿部における筋厚の性差や一側優位性の有無について検討してきた。これらの研究結果からは、大腿伸筋群を構成する各部位における筋厚の発育は、各筋で様ではなく、その中でも、中間広筋の発育様相に性差が存在すること、さらには、18歳以降における非利き脚の中間広筋の肥大が大腿伸筋群の一側優位性をもたらしている可能性が考えられた。しかしながら、大腿長の50%位置(中央部)のみでしか検討しておらず、先行研究を含め大腿部の長軸方向全般(近位部および遠位部)における筋の発育様相や肥大の傾向については未だ不明な点が多く残されているのが実情である。そこで本研究では、男子サッカー選手における部位別(近位部、中央部および遠位部)にみた大腿部筋厚の形態特性とその発育傾向を明らかにすることを目的とした。

【方法】

被検者は、12歳から22歳までの男子サッカー選手112名とし、2歳毎の年代群別に分類した。大腿部における筋厚の測定は、超音波診断装置(SSD-900, ALOKA社製)を用いて、利き脚の大腿長近位30%(近位部)、50%(中央部)および70%(遠位部)部位における大腿前部及び後部を対象とした。さらに、大腿前部を構成する大腿直筋(RF)、中間広筋(VI)及び外側広筋(VL)の筋厚を計測し、大腿部筋厚の前後比及びRF/VI比を算出した。また、大腿前部と大腿後部における筋厚の比を前後比として算出した。

【結果とまとめ】

大腿各部の筋厚は、30、50、70%部位のすべての位置において、発育に伴う増大傾向が認められたものの、有意な年齢群間差が出現した年齢は、部位によって異なっていた。したがって、各筋の部位により、発育の著しい時期は異なる可能性が考えられた。また、30%部位におけるRF/VI比は、12歳から17歳まで一定の値を示したものの、18歳以降において有意な減少が認められた。さらに、50%部位(中央部)においては14歳以降においてRF/VI比の有意な減少が認められたものの、70%部位(遠位部)においては発育を通してこの比に有意な差は認められなかった。これらのことから、男子サッカー選手は、年齢に伴っ

て大腿部全体の筋を大きくしていく過程の中で、特に近位側の中間広筋をより肥大させている可能性が考えられた。

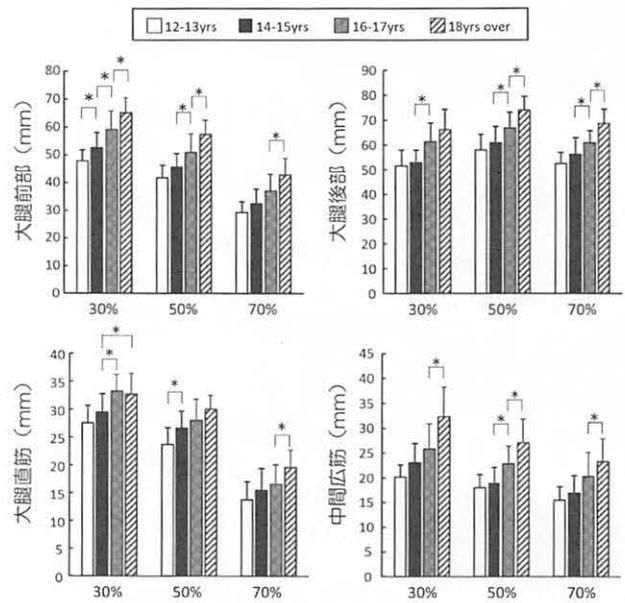


図1 男子サッカー選手の大腿部各筋における部位別にみた筋厚の発育

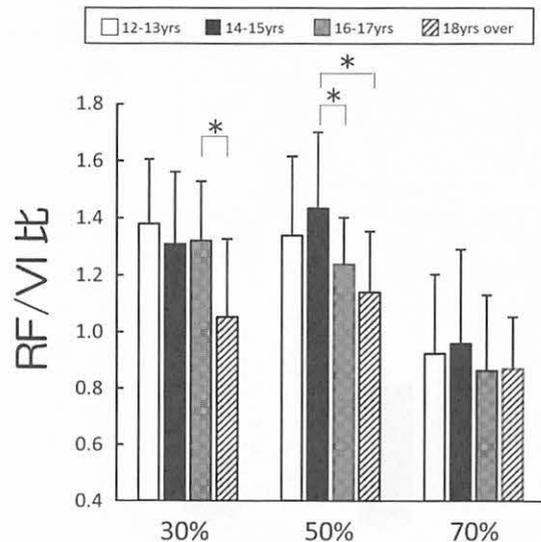


図2 男子サッカー選手の部位別にみた大腿前面の筋厚におけるRF/VI比

エネルギー効率の高い跳躍動作のメカニズムの研究

北沢 綾子 (東京大学大学院総合文化研究科)
 深代 千之 (東京大学大学院総合文化研究科)

吉岡 伸輔 (東京大学大学院総合文化研究科)

キーワード：バイオメカニクス、筋骨格シミュレーション、反動あり垂直跳、エネルギー効率

【背景】

スポーツでみられる跳躍では、運動を繰り返し行う中で継続して高いパフォーマンスを求められることもあり、持久力が求められることが推察される。持久力が求められるスポーツでは、生理学的エネルギーの供給能力はもちろんのこと、供給された生理学的エネルギーを効率よくパフォーマンスに変換する能力も重要であると考えられる。

そこで、本研究では、Umberger et al. (2003) のモデルを用いることで、1回だけの跳躍である反動ありの垂直跳を対象に、跳躍高が最大となる動作のエネルギー効率を、シミュレーションを用いて検討することを目的とした。

【方法】

2次元4セグメントの筋骨格モデルを構築し、モデルに組み込んだ下肢8筋について、Umberger et al. (2003) の筋のエネルギー消費モデルによって動作中のエネルギー消費量を推定した。構築したモデルを基に、同一の初期姿勢から全てのシミュレーションを行い、跳躍高およびエネルギー効率が最大となる動作を、最適化計算によりそれぞれ生成した。また、本研究ではエネルギー効率を下記の通り定義した。

$$\text{エネルギー効率} \equiv \frac{M \times \text{Gravity} \times \text{deltaHeight}}{\text{筋の総エネルギー消費量}} \times 100 [\%]$$

ただし、 M はモデルの質量、 Gravity は重力加速度、 $\text{deltaHeight} = P_{\text{top}} - P_{\text{start}}$ は重心位置最高点(P_{top})の初期姿勢時重心高(P_{start})からの変位とした。

【結果・考察】

跳躍高最大動作に比べ、エネルギー効率最大動作では跳躍高が47%減少した一方、エネルギー効率の改善量は3%と少なく、跳躍高が最大となるよう動作を行った場合でも、エネルギー効率が大幅に低下することはないことが明らかとなった。また、動作中の筋の効率は両動作ともに45%程度であり(図2)、動作パターンによらずおよそ一定の値であることが示唆された。一方、筋が消費したエネルギーに対する弾性エネルギーの利用割合は、エネ

ルギー効率最大動作で4%増加していたため、エネルギー効率を少しでも改善するためには、弾性エネルギーを利用することが有効であることが示唆された。

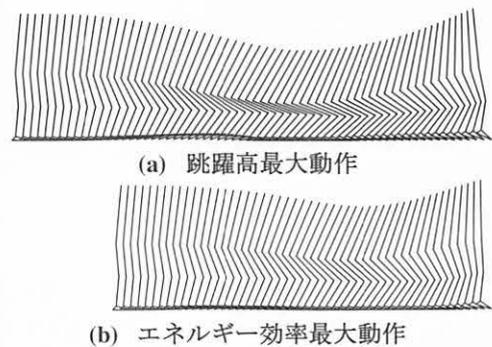


図1 シミュレーションされた踏切動作のスティックピクチャー (10ms 毎)

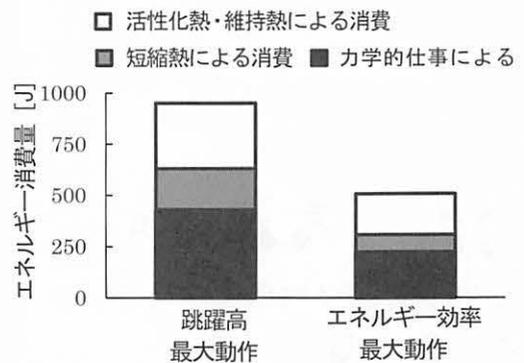


図2 動作中に消費されたエネルギー

【結論】

反動ありの垂直跳においては、最大跳躍高を跳んだ場合にも、エネルギー効率は低下しないことが明らかとなった。動作パターンによらず筋の効率がおよそ一定であるために、エネルギー行為率に顕著な変化がみられなかったと考えられる。

初期姿勢の変化が垂直跳びのパフォーマンスに及ぼす影響

大村 玲音 (東京大学大学院総合文化研究科)
吉岡 伸輔 (東京大学大学院総合文化研究科)

深代 千之 (東京大学大学院総合文化研究科)

キーワード：垂直跳び, 力発揮, 初期姿勢, スタンス幅, 足部の向き

【背景・目的】

ヒトの運動には、下肢筋群の協調的な力発揮により、地面に対して力を加え、その反力を受けることによって達成されるものが多い。そうした運動の中で、垂直跳びは、実験的統制に馴染みやすく、ヒトの下肢運動機能を探究する上で有効な運動課題である。本研究においては、反動なしの垂直跳びにおける初期姿勢の変化が、ヒト下肢の力発揮能力に及ぼす影響を検討することを目的に、実験を実施した。

【方法】

健康成人男性8名を被検者として、スタンス幅3条件(20cm, 40cm, 60cm)に対して、足部の向き3条件(0°, 30°, 60°)の計9条件を設定して、全力での反動なしの垂直跳びを、各条件について練習試行の後に、各条件について3回ずつ計27回行わせた。測定機器として3次元モーションキャプチャーシステム及び地面反力計を使用し、離地後重心上昇高を推定した。身体重心の鉛直加速度、下肢3関節についてトルクパワーを推定し、動作時間で除すことで平均の鉛直加速度、平均トルクパワーを算出した。

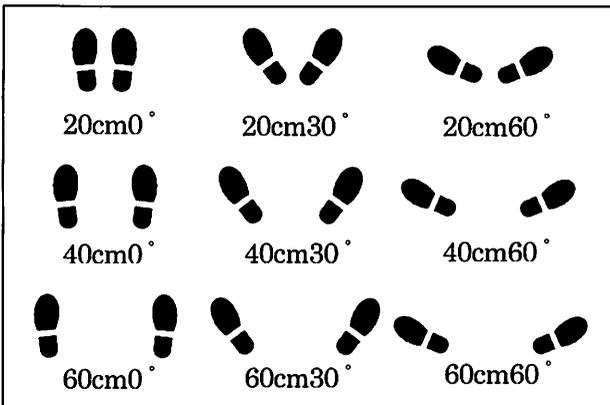


図1 実験条件

【結果】

図2は各条件における推定された離地後の重心上昇高を示したものであり、図3は、各条件における平均の鉛直加速度を示したものである。横線は全被検者の平均値を、丸印は被検者ごとの平均値を示している。離地後の重心上昇高については、60cm60°条件を除くと、条件間の差

は最大でも10%程度であった。平均の鉛直加速度についての条件間の差は最大でも7%程度であった。

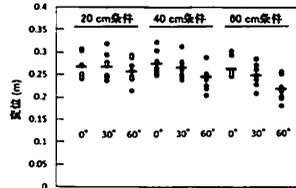


図2 離地後重心上昇高

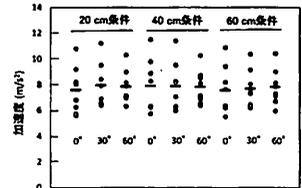


図3 平均の鉛直加速度

図4, 図5, 図6それぞれ、各条件における股関節合トルク、膝関節伸展/屈曲トルク、足関節底屈/背屈トルクによる平均トルクパワーを示したものである。股関節については、つま先の向きを前方に向けた初期姿勢を取った方が、平均トルクパワーが大きくなる傾向が見られた。一方で、膝関節については、つま先の向きを外側に向けた初期姿勢を取った方が、平均トルクパワーが大きくなる傾向が見られた。

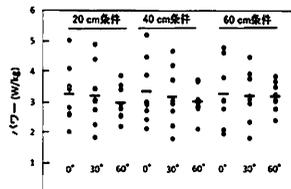


図4 股関節の平均トルクパワー

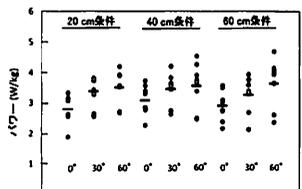


図5 膝関節の平均トルクパワー

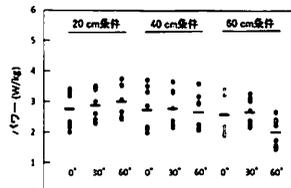


図6 足関節の平均トルクパワー

【結論】

各条件において、離地後の重心上昇高の変化は60cm 60°条件を除いて大きな変化がなく、平均の鉛直加速度の値に大きな変化はなかった。このことから、ヒトは多様な下肢の姿勢から同等の力発揮をする機能を有していることが推察される。股関節パワーと膝関節パワーの間でトレードオフ関係が見られ、同等の加速度の生成が可能になっていると考えられる。

日本一線級の棒高跳び選手のボックス反力とエネルギーの特徴

山本 智貴 (日本体育大学大学院)
 平野 智也 (日本体育大学大学院)
 藤戸 靖則 (日本体育大学大学院)

松林 武生 (国立科学スポーツセンター)
 小林 哲郎 (日本体育大学大学院)
 船渡 和男 (日本体育大学)

キーワード：棒高跳、ボックス反力、エネルギー

【背景】

棒高跳びは離地後にポールを湾曲させ、ポールにエネルギーを蓄えている。先行研究では世界レベルの選手を対象にエネルギー変換について研究が行われてきた。ポールに蓄えられたエネルギーを推定する為に、ボックスの下に埋設した地面反力(以下ボックス反力)を用いた研究は、国内外を通して少なく、推定した歪みエネルギーは離地から最大湾曲時まで増加するという報告に留まっている。したがって日本一線級の選手を対象に検討することは競技力向上の参考となるかもしれない。そこで本研究は日本一線級の棒高跳び選手のボックス反力と運動学的分析から跳躍高に影響を及ぼす特徴を明らかにすることとした。

【方法】

被験者は男子棒高跳び選手7名(年齢:23.9±3.1歳, 身長:1.78±0.05m, 体重:69.6±5.2kg シーズンベスト5.3±0.4m)であった。試技は任意の高さにゴムバーを設定し5本の試技を行った。動作は、VICONカメラ(250Hz)、ボックス反力は、フォースプレート(1kHz)から収集した。解剖学的ランドマーク点から身体重心位置を算出し、身体重心速度及び離地角度を算出した。エネルギー変量は離地時から最大湾曲時までの運動エネルギーの差(EK-com-dec)、離地時から最大湾曲時までの位置エネルギーの差(Ep-com-dec)を算出した。ボックス反力とポールの湾曲量から歪みエネルギーを算出した。最大重心高との関係を示すためにピアソンの積率相関係数を用い、有意水準は5%未満とした。

【結果及び考察】

ポールが湾曲することでボックス反力は増加する一方、異なる変化量で同等のボックス反力を得ている傾向を示した。これらから異なる跳躍動作があることが示唆され、歪みと応力の関係を見ることでスキルを評価できる可能性が示唆された。

運動エネルギーの減少と歪みエネルギーと最大重心高との間にそれぞれ有意な正の相関関係を見とめ、選手Aは他の選手より位置エネルギーの増加が小さい傾向を示した。これらから日本一線級選手は歪みエネルギーを蓄えており、運動エネルギーを大きく減少させ、位置エネルギーの増加を小さくすることでより運動エネルギーを減少させていた。

【結論】

ポールの湾曲中は運動エネルギーの大きな減少と位置エネルギーの増加を抑えることがポールの歪みエネルギーを大きくする要因となることが推察された。

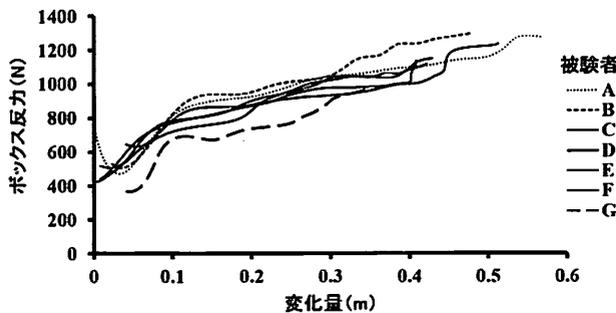


Fig.1 離地時(TO)から最大湾曲時(MPB)までの歪みと応力の特徴

Table1 推定した歪みエネルギーおよびそれぞれの変数と最大重心高との相関関係

Variables	unit	A	B	C	D	E	F	G	Mean	SD	r
HP	(m)	5.38	5.26	5.19	4.99	4.78	4.94	4.46	5.00	0.31	
TO水平速度	(m/s)	8.02	6.86	7.19	7.49	6.64	6.85	5.80	6.98	0.70	0.850
離地角度	(deg)	16.05	21.63	20.64	19.23	21.93	20.05	27.27	21.0	3.4	-0.828
歪みエネルギー	(J)	49026	43911	42828	33431	33478	32461	32792	38275	6812	0.844
①EK-com-dec	(J)	1988	1677	1607	1694	1392	1383	1150	1556	272	0.902
②Ep-com-dec	(J)	-639	-883	-759	-707	-789	-702	-845	-760	85	0.406

HP:最大重心高, TO:踏切足離地, ①:TO時とMPB時の運動エネルギーの差, ②:TO時とMPB時の位置エネルギーの差 vs HP *p<0.05

投球におけるボール到達位置に影響を与える上肢の運動学的要因

中山 和長 (東京大学大学院総合文化研究科)
吉岡 伸輔 (東京大学大学院総合文化研究科)

深代 千之 (東京大学大学院総合文化研究科)

キーワード：投球, ボール到達位置, 上肢, バイオメカニクス

【背景と目的】

先行研究より, ボール到達位置の分布は前頭面上の投球腕の方向に最も大きな分散を持つ楕円のような形なると報告された[1]. また先行研究から, 体幹部を固定した座位姿勢での上手投げにおいて, ボール到達位置と運動学的変数の関係を調べたところ, 鉛直方向のボール到達位置と指節間関節の鉛直軸とのなす角の間に相関関係があると報告された[2]. しかしながら, 投球における上肢の運動がどのように協調し合った結果, ボール到達位置に影響を与えているかについては, いまだに明らかにされていない.

そこで本研究の目的は, 投球におけるボール到達位置に影響を与える上肢の協調関係について, 運動学的観点から明らかにすることとした.

【手法】

被験者は野球競技歴を有する右手投げの健常成人男性5名(年齢: 28 ± 2 歳, 身長: 173.4 ± 6.0 cm, 体重: 67.0 ± 6.5 kg, 競技歴: 9 ± 3 年)であった. 試技は高さ1m, 6m先の的に向かって, セットポジションの姿勢からの投球とした. 試技数30球とした. 球速条件は全力投球の $90\% \pm 5$ km/hとし, 球速はスピードガン(mizuno社製)を用いてフィードバックを行った. 身体特徴点, ボール及び的の外枠にマーカーを貼り付けし, 赤外線カメラ21台(Kestrel & Osprey, Motion Analysis Corp.) (サンプリング周波数200Hz)で3次元座標位置を取得した.

解析は, ボール到達位置に対して主成分分析を行い, 第1主成分を長軸方向, 第2主成分を短軸方向とした. 長軸方向及び短軸方向のボール到達位置に対するリリース変数(ボールリリース位置, ボールリリース時のボール速度)との間の相関関係の検討を行った($p < 0.01$). Springings et al. (1994)の方法より, 長軸方向のボール速度を上肢の並進速度及び角速度によって生成される成分に分解した. 短軸方向に対しても, ボール速度の分解を行った.

【結果と考察】

ボール到達位置は図1のようになった.

ボールリリース位置とボール到達位置の相関関係は, 全ての被験者では認められなかった(長軸方向 $r: 0.0417 \sim$

0.142 , $p: 0.454 \sim 0.827$) (短軸方向 $r: -0.555 \sim 0.273$, $p: 0.00145 \sim 0.487$). ボールリリース時のボール速度とボール到達位置の相関関係は, 全ての被験者で認められた(長軸方向 $r: 0.612 \sim 0.97$, $p < 0.001$) (短軸方向 $r: 0.69 \sim 0.98$, $p < 0.001$).

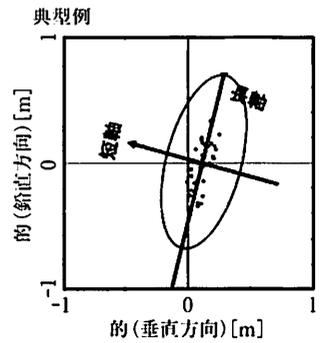


図1 ボール到達位置

ボールリリース時の長軸方向のボール速度を生成する上肢運動は, 主に指節間関節の伸展・屈曲運動 (7.71 ± 2.61 (m/s)) と上腕の内旋運動 (-4.38 ± 2.62 (m/s)) であった. 短軸方向は, 主に上腕の内旋運動 (6.53 ± 1.93 (m/s)) と肘関節の伸展運動 (-6.92 ± 1.61 (m/s)) であった(図2). 主に, これら3つの上肢の角速度による運動がボール速度成分を打ち消し合った結果, ボール到達位置が決定されていることが示唆された.

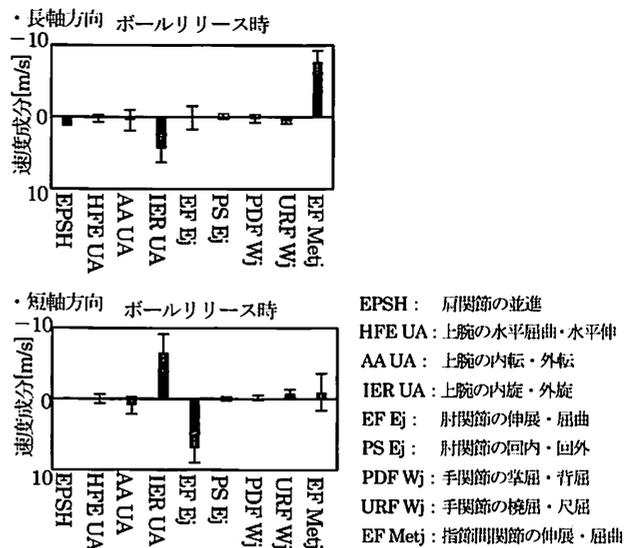


図2 上肢運動によるボール速度の生成成分

- [1] Shinya, M. et al. (2017). *J. of Sports Sci.*, 1-6.
- [2] Hore, J. et al. (1996). *76* (6), 3693-3704.
- [3] Springings, E. et al. (1994). *J. of biomech.*, 27(3), 245-254.

テニスにおけるボール弾道計測器(トラックマン)の精度検証

佐藤 文平 (日本体育大学大学院)
 柏木 悠 (日本体育大学大学院)

若槻 遼 (日本体育大学大学院)
 船渡 和男 (日本体育大学)

キーワード：テニス, トラックマン, 回転, 速度

【背景】

テニスの試合において重要なことは相手にスウィートスポット、いわゆるラケットの中央で打球させないようにするために、ボールに様々な回転を掛け変化をさせなければいけない。ボールに回転をかけることはボールの軌道とバウンド後に最も影響を与え (Cross&Lindsey 2005), 同じ速度でも回転量が異なれば、軌道やバウンドが異なる (Brody et al., 2002; Brody, 1987; Cross&Lindsey 2005) と報告され、指導者がショットの特性を理解する上で、速度と回転の両方を把握することが非常に重要 (村松ら 2015) となる。そこで近年、打球されたボールの各種挙動を解析するために開発されたシステムであり、3Dドップラーレーダーを使用し、ボールの初速度や打球直後の回転数などの打球データ、ボールの軌道などの軌跡データ、着地位置などの接地点データを算出できるトラックマンテニスレーダー (アプライドオフィス社; 以下、トラックマン) が開発され、

そこで本研究は三次元モーションキャプチャシステム (以下、VICON) を用いて、トラックマンの精度検証をおこない、現場においての有用性を明らかにすることとした。

【方法】

プロテニスプレーヤー2名を含む男子テニス選手5名 (年齢 23.8 ± 4.8 歳, 身長 171.8 ± 3.3 cm, 体重 68.9 ± 4.0 kg) であった。試技はフラット, スライス, キックサーブを各5試技成功するまで全力で行なった。各サーブの打球方向はフラット, キックサーブは、センター方向 (Tゾーン) へ, スライスサーブはワイド方向へ打つことを原則とした。各サーブのボール打球速度 (km/h), 回転速度 (rpm) を VICON (400Hz) から算出された数値と比較し、トラックマンとの誤差を検証した。グローバル座標系は X 軸を進行方向, Z 軸を鉛直方向, Y 軸は X に垂直な軸とした。Vicon から算出された映像を用いて、インパクトの直後のピーク値を分析対象とした。

【結果及び考察】

VICON とトラックマンから算出された打球速度と回転速度の相関係数はそれぞれ有意な正の相関を示した ($y = 0.9007x + 17.417$, $r = 0.95$, $p < 0.01$, $y = 1.0081x + 108.65r$

$= 0.91$, $p < 0.01$)。トラックマンは高い精度を持って打球された打球速度と回転速度を計測しているといえる。

【結論】

現場指導において即時フィードバックが可能なトラックマンからのデータは妥当性があり、その活用が有用性が示唆された。

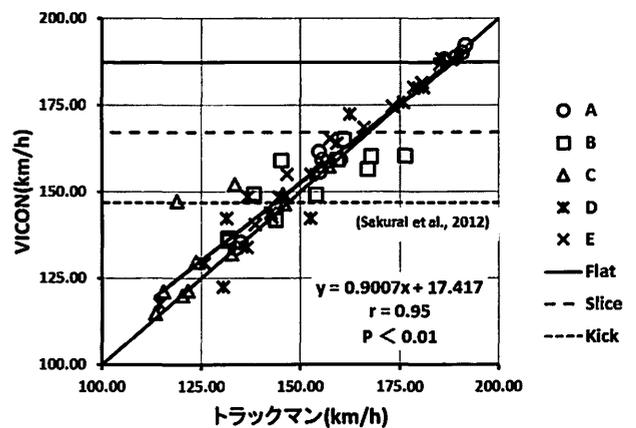


図1 トラックマンとVICONのボール速度 (km/h) の比較

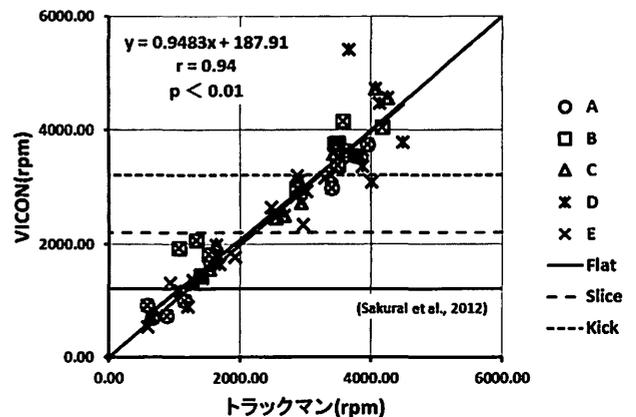


図2 トラックマンとVICONの回転速度 (rpm) の比較

逆上がりの遊脚期における下肢関節の機械的エネルギーへの貢献

鴻巣 暁 (東京大学大学院総合文化研究科)
 深代 千之 (東京大学大学院総合文化研究科)

吉岡 伸輔 (東京大学大学院総合文化研究科)

キーワード：体操、鉄棒運動、逆上がり、機械的エネルギー、下肢関節

【背景と目的】

小学校の体育教育において逆上がりは技術面、精神面で児童に大きな影響を与える重要な技能であり[1-3]、その達成のための技術や指導法の確立が強く求められてきた。

児童が取り組む「片脚振上型逆上がり」において、下肢関節は積極的な運動によって身体の挙上・回転に必要なエネルギーの獲得や伝達に貢献し、技の達成を促進していると考えられる。

そこで本研究では逆上がりの遊脚期(両脚離地から腹部と鉄棒の接触までの局面)における両下肢関節による機械的エネルギーの発生・吸収・伝達への貢献を明らかにすることを目的とした。

【手法】

逆上がりに熟達した健常成人男性13名(年齢:24.7±2.1歳,身長:1.71±0.06m,体重:65.1±6.6kg)により各4回行われた成功動作を測定した。鉄棒の高さは胸部上部に相当する高さである身長比75%とした。

動作の間、赤外線カメラ13台によるモーションキャプチャシステム(Motion Analysis社製)により、200Hzで身体特徴点24ヶ所の位置を測定した。

矢状面の剛体リンクモデル(図1)を用いた逆動力学演算により関節トルクパワー、セグメントトルクパワー、関節力パワーが行った機械的仕事を算出した。

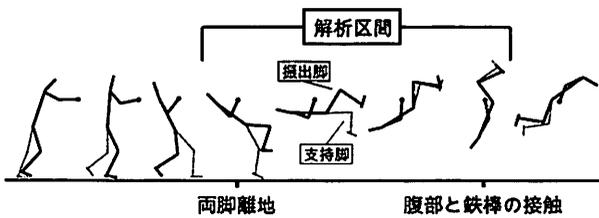


図1 解析区間

【結果】

エネルギーの発生・吸収

支持脚股関節は屈曲トルクの発揮により最大の正仕事を行い、振出脚股関節はこれと対照的に伸張トルクの発揮により最大の負仕事を行った(図2)。

両膝関節の仕事は被験者間で正・負に分かれる結果と

なり、これらの個人差に大きく影響したのは関節角速度の屈曲・伸張方向の個人差であった。

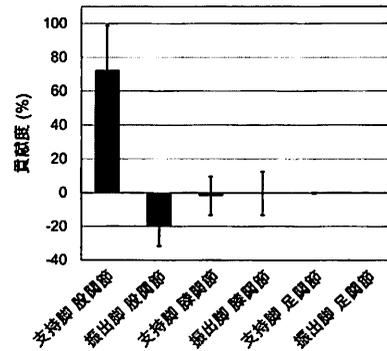


図2 両脚股・膝・足関節の機械的エネルギーへの貢献

エネルギーの伝達

振出脚股関節ではセグメントトルクパワー、関節力パワーによって振出脚から体幹部へエネルギーが伝達された(図3)。

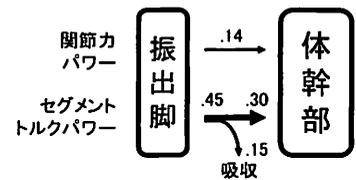


図3 振出脚股関節を介したエネルギーの伝達(単位はJ/kg)

【考察】

支持脚股関節の力強い屈曲は逆上がりの達成に有効な技術であると考えられる。振出脚股関節の伸張トルクにより振出動作によって振出脚が獲得した運動エネルギーが全身の挙上・回転運動に利用されたと考えられる。

技のできばえを高めるために膝関節は伸展位をとる必要があるため、エネルギー貢献により技を容易にする技術とできばえを高める技術は相反の関係にあることが示唆される。

【参考文献】

- [1] 文部科学省(2015) 器械運動指導の手引. 東洋館出版社:東京, pp. 134-140.
- [2] 國井修一(2014) 鉄棒の逆上がりの成否に関係する身体組成と学童時の運動経験. 椋山女学園大学教育学部紀要, 7: 1-7.
- [3] 橋爪和夫・松田明子(2003) 逆上がりの握り方に関する研究. 富山大学教育学部紀要, 57: 161-165.

ジュニア男子体操競技選手における相同モデルを用いた身体の「かたち」の特徴

相馬 満利 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)
袴田 智子 (国立スポーツ科学センター)

柏木 悠 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)
船渡 和男 (日本体育大学)

キーワード：主成分分析, 体操選手, 形態的特徴

【背景】 従来の形態計測法は、マルチン式計測法を用いた長さや太さの一次元計測であり、同じ長さ、同じ周囲長でも、具体的に前側なのか、後ろ側なのか、どこの部分に差があるのか、サイズ計測や「かたち」の表示だけでは「かたち」そのものを捉えるには限界がある。

近年では、三次元人体計測法の発達に伴い相同モデルを用いた身体の「かたち」の定量化が普及しており、幾何学的な形態計測が行われている。

本研究では、男子体操競技選手に焦点を当てて行った。男子体操競技は、6種目中4種目(あん馬、つり輪、平行棒、鉄棒)において2本の腕のみで身体を支え、演技を行うため、上肢の大きな力が必要である。したがって、一般的に逆三角形といわれる身体の「かたち」は、より顕著である。

【目的】 成長発達の著しいジュニア世代の男子体操競技選手を対象に、相同モデルの主成分分析を用いて、一般学生との比較から、ジュニア男子体操競技選手の形態的特徴を提示することを目的とした。

【方法】 参加者は、全日本男子ジュニア体操競技強化指定選手(GM: Gymnasts) 141名および同年代の一般男子学生(NA: Non-Athlete) 129名とした。

三次元人体計測装置を用いて、全身の撮像を行った。ポリゴンデータをジェネリックテンプレートモデルに、同一頂点数でフィッティングし、相同モデル化を行った。また、主成分分析を用いて、点群データ2万点に対する主成分スコアを算出し、形状変化の分類を試みた。

【結果および考察】 主成分分析の結果、18主成分抽出でき、最も寄与率の高い第1主成分(体幹の比率変化)と第2主成分(胸囲、上腕囲、体幹上腕、広背筋の厚さ変化)の特徴をみてみると、GMは、胸囲、上腕囲、体幹上腕、広背筋の発達が示された(図1)。水平断面の輪郭では、背側面の変化が示された(図2)。このことから、胸囲、体幹上腕、上腕囲、広背筋の変化は背側面の発達が影響していることが示唆された。

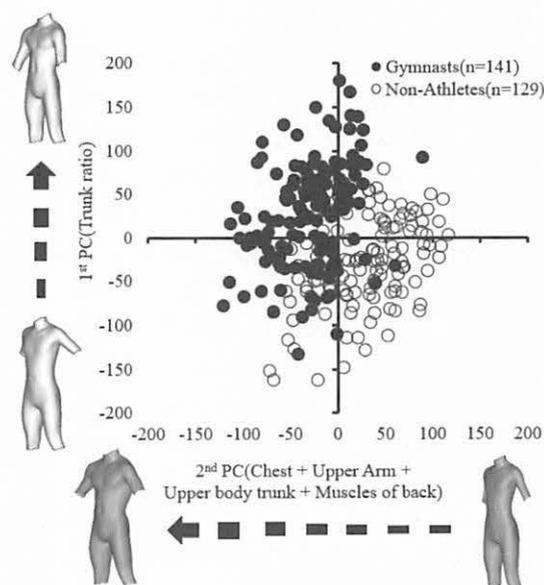


図1 体操選手と一般学生における主成分スコア

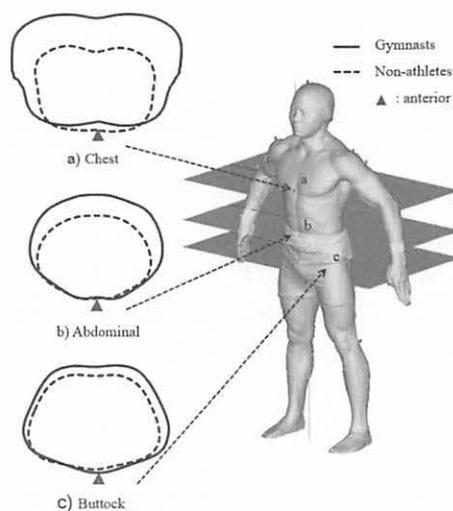


図2 第2主成分における水平断面

【結論】 全日本男子ジュニア体操競技強化指定選手は、特に胸囲、上腕囲、体幹上腕、背側面の発達が顕著であり、すでにシニア体操競技選手特有の身体の「かたち」に類似するものであり相同モデル化することでサイズ計測や「かたち」の表示だけではなく「かたち」そのものを捉えることが可能となった。

国内一線級競泳選手のクロール泳における上肢の動作と体幹角度の特徴

小林 哲郎 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)
 藤森 太将 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)
 和田 匡史 (国士舘大学理工学部)

柏木 悠 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)
 藤戸 靖則 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)
 船渡 和男 (日本体育大学)

キーワード：国内一線級競泳選手, クロール泳, 上肢動作, 体幹角度

【背景】 クロール泳は、腕によるストローク動作によって大きな推進力が得られる泳法であり、ストローク動作によって発揮される推進力の割合は、全体の推進力の7～9割程度だと報告されている (Deschodt et al., 1999; Gourgoulis et al., 2014) ことから、クロール泳のパフォーマンスにはストローク動作の貢献が大きいといえる。よって、水中でのストローク動作を詳細に分析することは、競技力向上の観点から非常に有益であり、実際に数多くの研究が行われてきている。しかしながら、現在の国内一線級選手のストローク動作を検討した研究は少なく、速く泳ぐ選手の実際の動きの傾向を検討できていないのが現状である。

そこで、本研究は、クロール泳における国内一線級選手と大学選手の泳動作の相違を上半身に注目して検討し、国内一線級選手におけるクロール泳動作の特徴を明らかにすることを目的とした。

【方法】 参加者は、男子国内一線級選手7名 (年齢：27.3 ± 2.7歳, 身長：176.6 ± 6.9cm, 体重：78.8 ± 9.0kg, 以下エリート選手) 及び男子大学選手8名 (年齢：19.4 ± 1.2歳, 身長：171.6 ± 4.7cm, 体重：64.5 ± 4.6kg, 以下大学選手) であった。試技は25m全力クロール泳とし、泳動作の撮影は、選手の左右に設置したデジタルビデオカメラ (60fps) を用いて行った。分析は、右手1ストロークサイクルを対象に動作解析ソフト (Frame-DIAS; DKH社製) を用いて、2次元動作分析を行った。算出項目は、泳速度、ストローク長、ストローク頻度、指先の軌跡、指先の水平速度、手部角度及び体幹角度とした。

【結果及び考察】 エリート選手は大学選手と比較して泳速度が高く ($p < 0.05$)、ストローク長は大きな値を示した ($p < 0.05$) が、ストローク頻度は変わらなかった (Table 1)。このことから、速く泳ぐ選手はストローク長がより長いという特徴が示された。泳動作分析から、エリート選手は大学選手と比較して、水平に近い体幹角度を維持する傾向がみられた。また、エリート選手は大学選手と比較して、指先の軌跡が体幹に対して浅く、相対的に浅い水域でストローク動作が行われる傾向及び、手の入水後の手

部角度が速く増加する傾向 (Figure 1c, d) がみられ、これらの動作の特徴が体幹角度を水平に近く保つ要因となることが考えられた。最大泳速度には両群間で差 ($p < 0.05$) があるにも関わらず、その出現する時の右手指先の水平速度には、両群間に違いがみられなかった (Figure 1a, b)。これは、エリート選手の上肢が水からより大きな抗力を受けていたためだと考えられた。よって、速く泳ぐためには、より力強いプル動作を行うための肩及び、肘関節伸筋群の大きなトレーニングビリティがあると考えられた。

【結論】 国内一線級競泳選手の泳動作は、大きなストローク長、体幹に対して相対的に浅い水域でのストローク動作、手の入水後の手部角度の速い増加、水平に近い体幹角度によって特徴づけることが考えられた。

Table 1 クロール泳におけるエリート選手と大学選手の25m泳タイム, 平均泳速度, ストローク長, ストローク頻度

計測項目(単位)	エリート選手		大学選手		p値
	Mean	SD	Mean	SD	
25m泳タイム(s)	11.35 ± 0.35		13.91 ± 0.89		* 0.00
平均泳速度(m/s)	1.96 ± 0.06		1.68 ± 0.12		* 0.00
ストローク長(m/stroke)	1.98 ± 0.08		1.71 ± 0.21		* 0.01
ストローク頻度(stroke/min)	59.68 ± 2.66		59.62 ± 8.54	n.s	0.99

*: $p < 0.05$, n.s: no significant

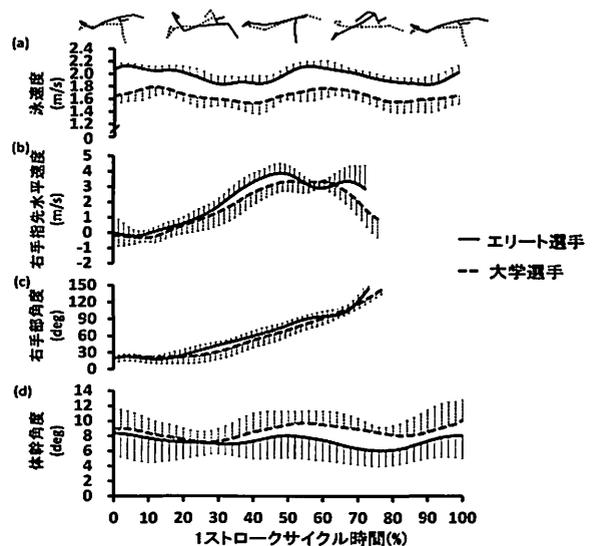


Figure 1 クロール泳1ストロークサイクルにおけるエリート選手と大学選手の泳速度 (a), 右手指先水平速度 (b), 右手部角度 (c), 体幹角度 (d)

平泳ぎのスタート水中局面における バタフライキックの効果的タイミングに関する研究

仁木 康浩 (富山高等専門学校)
小林 哲郎 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)
和田 匡史 (国土館大学)

藤森 太将 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)
柏木 悠 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)
船渡 和男 (日本体育大学)

キーワード：水泳, 水中動作, 平泳ぎ

【背景】

競泳はスタート局面において、スタート台から飛び出して得た高い速度を減速させることなくストローク局面へ繋げることが重要で、レースの勝敗を左右すると考えられている (Takedaら, 2009)。また、スタート局面において、平泳ぎのみ頭が浮上しなければならない水中移動距離が定められておらず、水中移動動作として、腕の「ひと掻き」と足の「ひと蹴り」が認められている。さらに、2014年には競技規則 (FINA) の改正によって、スタート、ターン後に、最初の平泳ぎの蹴りの前にバタフライキックが1回容認されたことで、平泳ぎの記録が大きく向上した。平泳ぎの水中動作のひと掻きひと蹴りで進む距離は1回のストローク動作で進む距離が長いと先行研究から報告 (Maglischo, 2005) されていることから、平泳ぎにおいてはスタート局面のひと掻きひと蹴りが重要だと考えられる。平泳ぎのスタート局面における先行研究では、ひと掻きひと蹴りのバタフライキックのタイミングはトップ選手ほど前半に行う傾向がみられ (林ら, 2010)、シュミレーションモデル (SWUM) を用いた場合、ひと掻き動作の0.4～0.6秒前にバタフライキックを開始することで抵抗が小さい動作ができると報告 (林ら, 2010) している。しかし、先行研究ではひと掻きひと蹴りのバタフライキックのタイミングを示唆しているが、水中動作の分析は行われていない。

そこで本研究の目的は、平泳ぎのスタート水中局面におけるバタフライキックの効果的タイミングを明らかにすることとした。

【方法】

対象は、日本代表経験選手を含む男子競泳選手14名 (年齢: 22.5 ± 3.9 歳, 身長: 174.8 ± 7.1 , 体重: 71.9 ± 7.7) とした。試技は、50m 平泳ぎのレースを想定した25m 平泳ぎの全力泳とし、ひと掻きひと蹴り局面のバタフライキックのタイミングを前半、中間、後半に分けて行った。動作撮影には、選手の左側方に陸上カメラ1台 (240fps) 水中カメラ2台 (60fps) を用いて撮影を行った。算出項目は、大転子合成泳速度、関節角度、体幹及び大腿水平角

度とした。

【結果及び考察】

スタート水中局面におけるひと掻きひと蹴りのバタフライキックのタイミングは、前半に行うことで高い速度を獲得できることが明らかになった。また、ひと掻きひと蹴り局面において、体幹および大腿の角度を水平に近づけることにより抵抗を少なくすることで、高い速度を獲得できることが示唆された。

【結論】

前半にバタフライキックを行うことで、高い速度を獲得できることは、先行研究 (林ら 2010) を指示し、体幹部および大腿部の水平角度を小さくすることで、抵抗が小さくなり高い速度を獲得できることが示唆された。

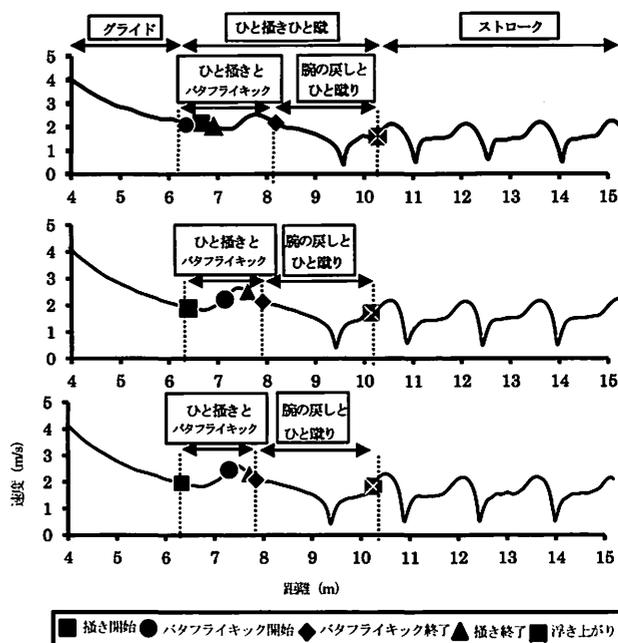


Figure 1 前半・中間・後半速度波形典型例 n=1

空手道刻み突き動作に及ぼす構え方の影響

菅原 真琴 (国士館大学大学院スポーツ・システム研究科)
 亀山 歩 (国士館大学体育学部)
 角田 直也 (国士館大学体育学部)

田中 理沙 (国士館大学体育学部)
 秋葉 茂季 (国士館大学大学院スポーツ・システム研究科)

キーワード：組手, 三次元動作解析, 足底圧力

本研究は、空手道刻み突き動作における「前屈立ち構え」と「四股立ち構え」の特性を明らかにすることを目的とした。

被検者は、大学空手道部に所属する男子学生とし、前屈立ち構え10名と、四股立ち構え10名の計20名とした。動作の測定は、高速度カメラ(HSV-1700, デジモ社製)を用いて、フィルムスピードは毎秒200コマで撮影した。カメラの位置は、被検者の前方向及び側方(90度)とし、カメラの光軸から7.5mとした。動作の撮影に先立ち、一辺2mの立方体を撮影し、キャリブレーションを行った。また、試技は目標物に対して実施させた。目標物の高さは1.475mに設置し、Zeblis FDM フォースプレート(Zeblis systems社製)の中心から目標物の中心まで1.2mとした。動作開始の合図は手を叩く音とし、被検者には、音が聞こえたら素早く動作を行うように指示を与えた。足底圧力の測定は、Zeblis FDM フォースプレート(314×62×2.5cm)を用いて計測した。なお、Zeblisを用いた測定は、実際の動作と照らし合わせるため、画像撮影と同期して測定した。測定部位は、前足大転子と突き手の肩、肘、手首及び拳先とした。分析項目は、反応時間、動作時間、移動距離、移動速度、移動加速度及び足底圧力とした。分析区間は、合図から拳先の動き出しを反応時間、拳先の動き出しから目標物へ触れた瞬間までを動作時間とした。また、画像解析は動作時間中のみ行った。いずれの分析項目も、動作中の平均値及び最大値を算出し、移動距離においては合計値を算出した。

構え別動作時間は、前屈立ち構えが四股立ち構えに比べて有意に遅かった。平均移動速度の手首及び拳先共に、四股立ち構えが有意に高い値を示していた。また、刻み突き動作開始を0%、動作終了を100%とした相対化時間における手首及び拳先の平均移動速度では、手首の55%、60%、65%、70%、75% time及び95% time、拳先の55%、60%、65%、70% time及び75% timeで、四股立ち構えが有意に高い値を示していた。構え別最大足底圧力は、前足及び後足において、前屈立ち構えが四股立ち構えよりも高い値を示したが、有意な差は認められなかった。大転子最大移動加速度と四股立ち構えの肩、肘及び手首の移動距離において有意な相関関係が認められた。

また、大転子最大移動加速度と四股立ち構えの肩、肘及び手首の移動距離において有意な相関関係が認められた。

以上のことから、刻み突き動作において、前屈立ち構えは動作時間が長く、強く踏み出し、強く踏み込まなければ前方移動できないのに対し、四股立ち構えは短い時間で速く突くことができ、地面反力を利用せず前方移動を円滑に行えることが明らかとなった。

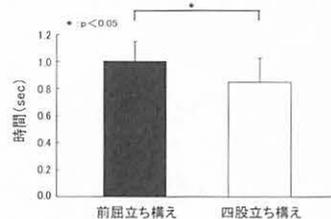


図1. 構え別動作時間

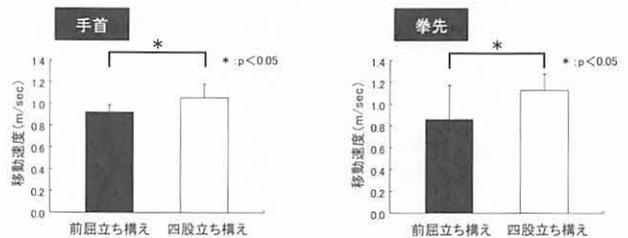


図2. 構え別平均移動速度

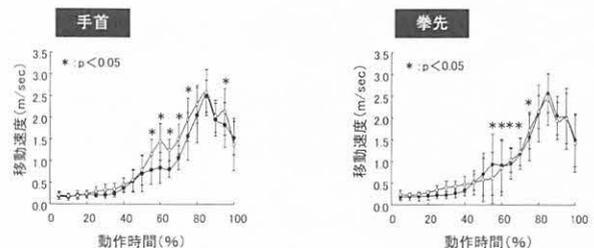


図3. 相対化時間における構え別平均移動速度

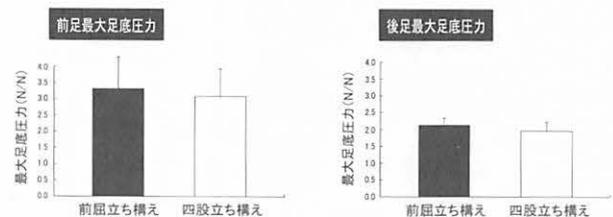


図4. 構え別最大足底圧力

3分間全力ペダリングにおけるパワー発揮特性と アネロビックおよびエアロビックパワーとの関係

藤戸 靖則 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)
小林 哲郎 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)
船渡 和男 (日本体育大学)

柏木 悠 (日本体育大学大学院トレーニング科学系)
山岸 道央 (日本体育大学)

キーワード：アネロビック能力, エアロビック能力, 機械的パワー発揮

【背景】

記録競技は様々な種目で構成されている。例えば、短距離選手は、競技が主にアネロビック能力によって行われる一方、長距離選手は、競技が主にエアロビック能力によって行われる。先行研究では、区間の平均パワー発揮とアネロビックおよびエアロビック能力の関係から推定ができると報告しているが、区間のパワー発揮だけでなく、パワー発揮の多数の変数を用いることでアネロビックおよびエアロビック能力の評価をより精度よく行えると考えた。

そこで、本研究の目的は3分間全力ペダリング中の機械的パワー発揮からアネロビックおよびエアロビック作業能力を分類することとした。

【方法】

被験者は、健常な体育専攻学生男性51名(年齢：20.4 ± 2.4歳, 身長：171.8 ± 5.7cm, 体重：67.7 ± 7.0kg)であった。全ての測定は、自転車エルゴメーター(828e, Monark社製)を用いた。実験プロトコルは、①漸増負荷テスト($\dot{V}O_2\max$) ②最大無酸素パワーテスト(MAnP) ③30秒間Wingateテスト(Wing) ④3分間全力ペダリング(3MT)を実施した。統計処理には、3分間全力ペダリングにおける機械的パワー発揮の変数を用いたMAnP, Wingおよび $\dot{V}O_2\max$ の推定には、3分間全力ペダリングの機械的パワー発揮の変数から重回帰分析を用いて推定式を作成した。単相関係数と重相関係数から算出した予測値と実測値の比較には、ピアソンの積率相関係数を用い、有意水準は危険率5%未満とした。

【結果及び考察】

図1の各群の3分間全力ペダリングの5秒毎の平均パワー発揮の特徴では、MAnPは、3MTの初期パワー発揮が大きくかつ立ち上がりが早く、終末のパワーの低下が大きかった。Wingは、0-30秒間のパワー発揮が高く、終末のパワー発揮の低下が大きかった。一方 $\dot{V}O_2\max$ は、初期のパワー発揮が低く、終末のパワーは高い値を維持した。以上の結果は、先行研究と同様の結果を示し、本

研究の結果を支持し、機械的パワー発揮から多数の変数から特徴が示された。

また、3MTから得られた変数から算出した予測値と実測値の比較では、 $\dot{V}O_2\max$, MAnPおよびWingの単相関係数と重相関係数が、 $r=0.851$, $r=0.930$ および $r=0.903$ となり、共に高い相関係数であった。また、予測値と実測値の標準誤差は、単相関係数において、 $SE=300.4$, $SE=88.9$ および $SE=42.6$ 、重相関係数において、 $SE=270.5$, $SE=69.6$ および $SE=30.3$ であり、重相関係数が単相関係数より誤差範囲が低かった。これらより、アネロビック能力の変数には、区間平均パワーとパワーの立ち上がり時間、パワーの低下率を含み、エアロビック能力には、区間平均パワーとペダリング時間の平均パワーを含むことで推定の精度が高くなることが示された。

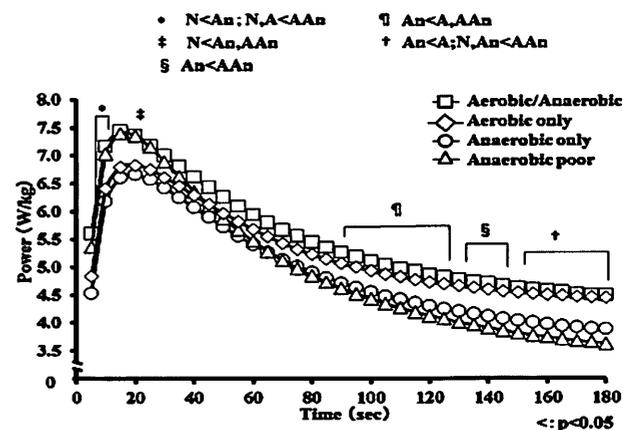


図1 3分間全力ペダリングにおける4群の5秒毎のパワー発揮の特徴

【結論】

3分間全力ペダリング中のパワー発揮の特徴からアネロビック能力およびエアロビック能力の分類が可能であることが示された。

シャトル・スタミナテストによる持久性評価 ——工科系大学保健体育授業における一考察——

土肥 啓一郎 (工学院大学 教育推進機構 保健体育科)

キーワード：持久力, シャトル・スタミナテスト, 主観的身体負担度

はじめに

持久力は健康的な日常生活を営むために大切であり、定期的に測定することが望ましい。近年新体力テストとして普及した20mシャトルランは、漸進的にスピードが増加するため疲労困憊にいたるまでには長時間が必要とされる場合があり、その際に生じる心身への疲労が相当高くなる場合もあることを考慮すれば、限られた施設内で短時間に多人数を測定することが必要とされる大学保健体育授業で採用するには難かしい側面がある。一方、シャトル・スタミナテスト (SST) は、測定時間 (3分間) および施設 (10m) において簡便であり、安全管理を含めてより有効な持久力テストであると考えられる。また3分間ではあるが全身持久力テストとしての妥当性は先行研究において確認されている (中尾ら, 2000)。そこで本研究ではK大学保健体育授業においてSSTを試行し、さらにこれまで研究が進行していない身体負担度 (心拍数) と主観的身体負担度との関連性を調査して工科系大学生の全身持久性評価について検討した。

方法

本研究に参加した被検者は、K大学保健体育科1年生必修科目「身体・運動科学演習」を受講した131名であった (男子116名, 18.3 ± 0.6歳, 女子15名, 18.6 ± 0.8歳)。各被験者はスタートの合図から3分間に10m区間の往復走をできるだけ多く繰り返すように指示された。各被験者のパートナーは3分間内の走行距離を1m単位で計測した (10m x 片道回数 + 停止点までの距離)。また各被検者は指先 (人差し指, 中指, 薬指) を手首にある橈骨動脈に軽く当て触診法により安静およびSST終了直後の心拍数をそれぞれ測定した。さらにSST終了後、主観的身体負担度を①きつい, ②ややきつい, ③普通, ④楽である, の4段階で評価し記録用紙に記入した。

結果および考察

131人の測定は約25分間で大きな怪我もなく無事終了した。SST走行距離については、男子が女子よりも有意に高い値を示した (表1)。金子ら (2005) が作成したSST評価基準を用いると、男女とも18歳における「普通」評価を示した。またSST度数分布については、有意水準5%に

おいて男女共に正規性が確認された (男子: $x^2=5.260$, $x^2=5.991$; 女子 $x^2=3.524$, $x^2=5.991$, $x^2 < x^2$)。そして主観的身体負担度の分布に関しては、男女間に有意な差が示された。しかし心拍数反応においては、安静およびSST終了後さらに推定最大心拍数におけるパーセンテージについても男女間に有意な差は示されなかった (表1)。

このようにSSTによる身体的負担は男女共に、全身持久力テストとしては最大下の水準であった (男子74.1%, 女子75.9%)。しかし、主観的身体負担度が「きつい」から「ややきつい」の範囲内であり、さらに持久力が「普通」評価であったこと及び安全性を優先して考慮すれば、約75%は工科系大学体育授業中の持久力測定テストとして適切な強度であるとも考えられる。運動することに苦手意識を感じたり、授業時間割が詰まり課題やテスト準備のために多忙な学生の場合においてもSSTは各自の持久性レベルを簡便に測定して客観的に理解する機会を提供することが可能である。これらの考察を含めて要約すると、SSTは工科系大学保健体育授業における持久性を評価する測定方法として有効であると考えられる。

表1. シャトル・スタミナテスト結果 (平均 ± 標準偏差)

	男子 (n=116)	女子 (n=15)	
走行距離 (m)	489.2 ± 44.4	422.9 ± 30.8	p<0.05
主観的身体負担度	1.6 ± 0.8	2.2 ± 0.8	p<0.05
安静心拍数 (拍/分)	72 ± 11	73 ± 13	NS
運動後心拍数 (拍/分)	149 ± 35	153 ± 20	NS
%推定最大心拍数 (%)	74.1 ± 17.1	75.9 ± 9.3	NS

参考文献

- 金子公宥ほか (2005) 体育の科学55: 473-478.
木村みさかほか (1998) 体力科学 47: 401-410.
中尾泰史ほか (2000) 体育学研究45: 377-384.

男子新体操選手のバランス能力に関する研究

齊藤 剛大 (国士館大学大学院)
角田 直也 (国士館大学)

伊原 佑樹 (国士館大学大学院)

キーワード：男子新体操, バランス能力, 足趾把持力, 下肢筋群

本研究では男子新体操選手を対象に、動的バランス能力の利き脚と非利き脚との差異並びに専門的バランス姿勢におけるバランス保持中の下肢の筋活動及び足趾把持力について明らかにすることを目的とした。

男子新体操選手20名を被検者とし、バランス能力、足趾把持力及び下肢の筋活動を測定した。

バランス能力の測定は、男子新体操の専門的バランス姿勢をZebri FDM フォースプレートを用いて実施した。また支持脚において、踵を接地した状態 (A Terre) 及びつま先立ちの状態 (Releve) の2種類の支持基底面で実施した。また、左脚を支持脚、右脚を非支持脚とした。足趾把持力の測定は、足指筋力測定器用い、筋の活動量の測定は、被験筋を各軸足の腓腹筋内側頭 (GM)、内側広筋 (VM)、外側広筋 (VL)、及び大腿二頭筋 (BF) とし、携帯型筋電計を用いて測定した。

専門的バランス姿勢では、支持脚が非支持脚に比べ、バランス能力が優れており (図1)、足趾把持力においても支持脚 ($17.27 \pm 3.78\text{kg}$) が非支持脚 ($15.48 \pm 3.61\text{kg}$) に比べ有意に高い値を示した。従って、日々のトレーニングにより、支持脚である左脚のバランス能力及び足趾把持

力が向上したと考えられる。また、方向別バランス能力は、安定している姿勢において、左右方向より前後方向の移動軌跡が大きい傾向がみられた (図2)。

足趾把持力とバランス能力の関係は、専門的バランス姿勢のReleveの非支持脚において、足趾把持力と矩形面積の間に有意な負の相関関係が認められたが、他の試技においては、有意な相関関係が認められなかった (図3)。

専門的バランス姿勢の下肢の筋活動量は、支持脚では大腿前部、非支持脚では、大腿及び下腿の後部でバランスを保持している可能性が示唆された (図4)。

以上のことから、男子新体操の専門的バランス姿勢において、体重移動を前後方向に行い、軸足側の膝を伸ばすように意識することが安定したバランスに繋がる可能性が示唆された。

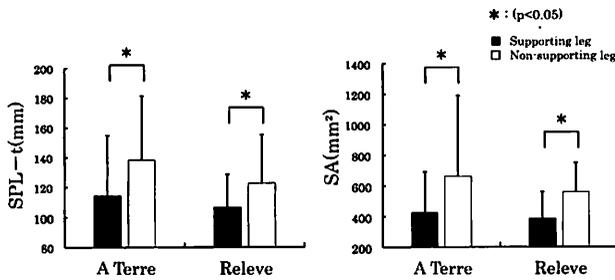


図1. 専門的バランス姿勢におけるバランス能力の左右差の比較

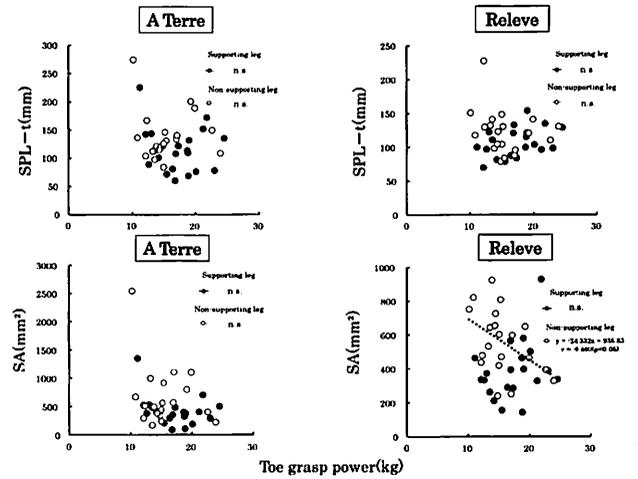


図3. 足趾把持力とバランス能力の関係

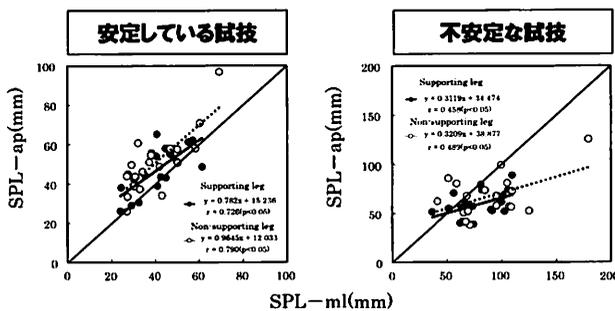


図2. 前後方向軌跡長と左右方向軌跡長の関係

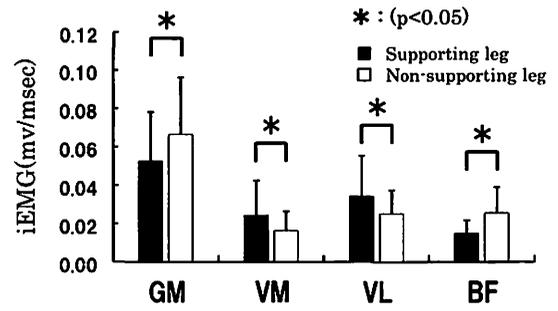


図4. 専門的バランス姿勢の下肢の筋活動量の比較

3次元多物体追跡(3D-MOT)トレーニングが 新体操ジュニア選手のクラブの投げ・受けパフォーマンスに与える効果

渡邊 奈々 (日本体育大学大学院)

三輪 康廣 (日本体育大学大学院)

伊藤 雅充 (日本体育大学大学院)

天野 勝弘 (スポーツパフォーマンスデザイン)

キーワード：新体操, MOTトレーニング, スポーツ認知能力, ジュニア選手

【緒言】

最近になってスポーツにおいても認知機能が重要であるとの指摘が報告されるようになった。MOTは、スポーツ認知能力を向上させるトレーニングであり、同時に多くの移動球体を追跡するマルチタスク作業であるため、空間認知能力、予測能力、集中力、注意力、コミュニケーション能力などを向上させることができる。

そこでMOTトレーニングをジュニア新体操選手に行わせることによって、新体操のパフォーマンス(クラブの投げ・受け)が向上するかを検証した。本研究ではその結果を示すとともに、研究から付随的に見えてきた日本人の学習特性について報告する。

【方法】

T新体操クラブに通う選手24名(小学生～高校生)を対象とし、MOT群(8×4)、ビジュアルトレーニング群(8×1)、およびコントロール群(C)の3群を設定した。認知機能のトレーニングは、3次元多物体追跡システム:ニューロトラッカー(NT)という機器で行った。これを週2回、1回約30分、4週間実施した。

トレーニングの前後に、独自に開発したクラブの投げ・受けのパフォーマンステストを実施した。

【結果】

1. NTの向上

8×4群は平均46%向上した。一方、8×1群は平均30%、C群は平均19%向上した。

2. 投げテストの向上

8×4群は平均11%向上、8×1群は平均18%、C群は平均12%向上した。

3. 受けテストの向上

8×4群は平均18%向上した。8×1群は平均54%向上したが、C群は、平均で3%降下した。

【考察】

1. 認知トレーニング(NT)がパフォーマンス向上に与える効果

パフォーマンスが高い人は認知能力が高いこと、また、

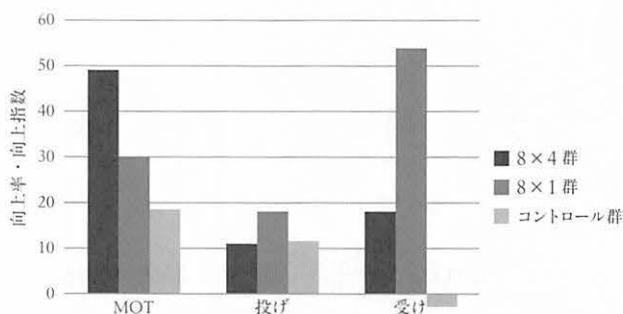
認知能力トレーニングをすると認知能力が高まることがわかっている。しかし、認知能力がスポーツパフォーマンスを高めるかどうかはわかっていなかった。最近になって、認知能力がスポーツパフォーマンスを高めるという研究が球技で初めて報告された。本研究は、この認知トレーニングがパフォーマンスを向上させるという2例目の報告であり、採点競技、ジュニア選手では初めても研究となった。

2. ニューロトラッカーの向上率、投げ・受け向上指数の3群間の比較

ニューロトラッカーの向上率は8×4群、8×1群、C群の順で伸びており、トレーニングの特異性を表している。上にはある程度寄与することが示唆された。

また、受けパフォーマンスの向上率は、8×1群が最も伸びている。以上のことから、8×4のMOTトレーニングと、8×1のビジュアルトレーニングをかけ合わせてトレーニングすると更に良い向上が見られるのではないかと考えられる。

投げパフォーマンスの向上率はどの群もほとんど伸びておらず、ニューロトラッカートレーニングは投げのパフォーマンスの向上には効果が薄いといえる。



3群間のNT向上率、投げ・受けの向上指数の比較

ネット型卓球におけるフォアハンド技能向上を意図した 指導プログラムの開発とその有効性

岡部友里華（日本女子体育大学大学院スポーツ科学研究科）

須甲 理生（日本女子体育大学）

金沢 翔一（日本女子体育大学）

森山進一郎（東京学芸大学）

キーワード：ネット型卓球授業、ラケット操作、フォアハンド技能、ラリー

I. 研究の背景と目的

学校体育におけるネット型の攻守一体型のゲームは、ラケットによるボール操作が求められることから、教材化を躊躇される傾向にある（岩田，2016）。しかし，岩田（2016）は，ネット型に共通する戦術的課題を解決する攻防の過程において，相手のポジションを認知し，スペースを攻めたり守ったりする学習は，攻守一体型のゲームの方が強調しやすいと指摘している。他方で，中学校学習指導要領解説（文部科学省，2008）では，ネット型において「第1学年及び第2学年では，ラリーを続けることを重視して，ボールや用具の操作と定位置に戻るなどの動きなどによる空いた場所をめぐる攻防を展開できるようにする」ことが求められている。したがって，中学校1,2年生において卓球を教材化していく際には，ラリーを続けさせるためのラケット操作技能を確実に習得させる指導プログラムが必要になるといえる。

そこで，本研究では，大学生を対象として，卓球の基本動作であるフォアハンドの技能向上を意図した指導プログラムを開発・適用し，その有効性を検証することを通して，中学校におけるネット型卓球授業への適用可能性について明らかにすることを目的とした。

II. 研究方法

対象者は卓球を専門としない一般女子大学生10名であった。指導プログラムは，2015年10月から12月にかけて1回あたり50分の指導が8回行われた。指導プログラムは，8回の指導の内，1回目から3回目を前半，4回目から8回目を後半とした。前半は「ボール感覚と基本姿勢を身に付ける」，後半は「フォア打ちを継続する」ことを学習内容の中核に据えて指導プログラムが作成された。1回目と8回目の指導時に1分間フォアハンドラリーと多球によるフォア打ち10球の2種類のスキルテストを行った。1分間フォアハンドラリー中のラリー回数を計測すると共に，姿勢とフィニッシュ，ラケットの角度については3点満点の評価基準を，ボールがラケットに当たる位置については4点満点の評価基準を作成し，分析した。

III. 結果及び考察

その結果，ラケットの角度とラリー回数に有意な差がみられた。表1はラケットの角度の平均得点の結果である。1回目のラケットの角度の平均得点は1.7点であったのに対し，8回目は2.5点と平均点が有意に向上していた（ $t=-2.753$, $p<0.05$ ）。また，表2はラリー回数の平均回数の結果である。1回目のラリー回数の平均回数は6.5回であったのに対し，8回目は17.2回と平均回数が有意に向上していた（ $t=-3.318$, $p<0.05$ ）。

したがって，本研究で開発・適用した指導プログラムは，対象者のラケットの角度の改善とそれに伴うラリー回数の向上に対して，有効に作用することが示唆された。

表1. 回目と8回目の指導時におけるラケットの角度得点の結果

ラケットの角度の得点	1回目		8回目		t値
	m	SD	m	SD	
	1.7	0.82	2.5	0.71	-2.753*

* : $p<0.05$

表2. 回目と8回目の指導時におけるラリー回数の結果

ラリー回数の平均回数	1回目		8回目		t値
	m	SD	m	SD	
	6.5	3.6	17.2	10.32	-3.318*

* : $p<0.05$

ゴール型バスケットボールにおけるサポート行動向上を意図した手合わせゲームの有効性 —— 大学生を対象として ——

佐々木直基 (日本女子体育大学) 須甲 理生 (日本女子体育大学)

キーワード：ゴール型バスケットボール, 手合わせゲーム, サポート行動

Ⅰ. 研究目的

本研究では、ゴール型バスケットボールにおけるオフェンスプレイヤーのサポート行動向上を意図して、「手合わせゲーム」(日本バスケットボール協会, 2014; 加藤・木村, 2008)を適用し、その有効性について明らかにすることを目的とした。

Ⅱ. 研究方法

対象者は、32名の大学生であり、その内バスケットボール専門は15名、非専門は17名であった。

大学におけるバスケットボールの授業全15回の内、8回目から14回目を対象期間とし、9回目から13回目までを手合わせゲームを行う学修期間とした。また、手合わせゲームの有効性を検証するために、8回目(ゲームⅠ)と14回目(ゲームⅡ)に3対3ハーフコートゲーム(オフェンス5回を2セットで攻守交代、ドリブル無し)を実施し、分析対象とした。

ゲームⅠ及びⅡのゲーム映像は、表1に示すサポート行動の分析カテゴリーに基づいて、1プレーずつ分析された。また、サポート行動成功の中でも「止まってるサポート」、「動いてのサポート」、「創りだしてのサポート」という、サポート行動の質についてのカテゴリーを設定し、「動いてのサポート」、「創ってのサポート」を合計した数のサポート行動成功全体に対する割合を算出した。

表1. サポート行動の分析カテゴリー

カテゴリー	定義	
止まってるサポート	・ボール保持者とボール非保持者の間に守備者がいない位置で、移動せずにパスを受けようとしている。	
サポート行動成功	動いてのサポート	・ボール保持者とボール非保持者の間に守備者がいない空間へ走り込み、移動してパスを受けようとしている。 ・ボールとボール非保持者の間に守備者がいない位置で、体の向きを適宜な方向に向けてパスを受けようとしている。
	創り出してのサポート	・守備者を引き付けるなどして、空間を創り出す動きをしてからパスを受けようとしている。 ・味方が走り込む空間を創り出すために、守備者を引き付ける動きをしている。
サポート行動失敗	・ボール保持者とボール非保持者の間に守備者がいる位置に動いているあるいは、止まっている。	

Ⅲ. 結果及び考察

対象者全体及び、非専門のみの対象者におけるゲームⅠとゲームⅡのサポート行動の成功率の差を比較するために χ^2 乗検定を行った。その結果、対象者全体($\chi^2=9.73$)及び、非専門のみの対象者($\chi^2=13.88$)共に、有意な差がみられた(表2及び3)。したがって、ゲームⅠ

からⅡにかけてサポート行動の成功率が向上したことが示唆された。

表2. ゲームⅠとゲームⅡにおけるサポート行動の結果 (対象者全体, n=32)

サポート行動の成否	ゲームⅠ		ゲームⅡ		χ^2 値 (df=1)
	回数 (%)	残差	回数 (%)	残差	
成功	1094 (74.5)	-3.1**	1020 (79.5)	3.1**	9.73**
失敗	375 (25.5)	3.1**	263 (20.5)	-3.1**	
計	1469		1283		

**: p<.01

表3. ゲームⅠとゲームⅡにおけるサポート行動の結果 (非専門の対象者のみ, n=17)

サポート行動の成否	ゲームⅠ		ゲームⅡ		χ^2 値 (df=1)
	回数 (%)	残差	回数 (%)	残差	
成功	563 (71.1)	-3.7**	550 (79.5)	3.7**	13.88**
失敗	229 (28.9)	3.7**	142 (20.5)	-3.7**	
計	792		692		

**: p<.01

次に、対象者全体及び、非専門のみの対象者におけるゲームⅠとゲームⅡのサポート行動成功の質の差を比較するために、 χ^2 乗検定を行った。その結果、対象者全体($\chi^2=12.73$)及び、非専門のみの対象者($\chi^2=11.79$)共に、有意な差がみられた(表4及び5)。したがって、ゲームⅠからⅡにかけてサポート行動成功の質が向上したことが示唆された。

表4. ゲームⅠとゲームⅡにおけるサポート行動成功の質に関する結果 (対象者全体, n=32)

サポート行動成功の質	ゲームⅠ		ゲームⅡ		χ^2 値 (df=1)
	回数 (%)	残差	回数 (%)	残差	
動いて+創り出している成功	715 (65.4)	-3.6**	740 (72.5)	3.6**	12.73**
止まってる成功	379 (34.6)	3.6**	280 (27.5)	-3.6**	
計	1094		1020		

**: p<.01

表5. ゲームⅠとゲームⅡにおけるサポート行動成功の質に関する結果 (非専門の対象者のみ, n=17)

サポート行動成功の質	ゲームⅠ		ゲームⅡ		χ^2 値 (df=1)
	回数 (%)	残差	回数 (%)	残差	
動いて+創り出している成功	362 (64.3)	-3.4**	406 (73.8)	3.4**	11.79**
止まってる成功	201 (35.7)	3.4**	144 (26.2)	-3.4**	
計	563		550		

**: p<.01

以上の結果から、本研究におけるゴール型バスケットボールの授業で適用した手合わせゲームは、学習者のサポート行動向上に有効に作用することが示唆された。

高校体育授業におけるハンドボール投げの動作評価と 評価に基づいた指導の有用性

松崎 裕二 (国立スポーツ科学センター)
石毛 勇介 (国立スポーツ科学センター)

高木斗希夫 (国立スポーツ科学センター)

キーワード：ハンドボール投げ, 新体力テスト, 動作評価, 指導法

【背景・目的】

近年, 子どもの投力低下が課題とされている。これまで, 小学生の新体力テスト種目であるソフトボール投げの動作評価や指導法は多く報告されている。しかし, 中高生の新体力テスト種目であるハンドボール投げの動作評価は検討されておらず, 体育授業において投力を高める指導法についても確立されていない。

本研究では, ハンドボール投げで技能レベル差が現れやすいとされる投げ手腕の動作に着目し, 高校体育授業で有用なハンドボール投げに適した動作評価基準を作成すると共に, 評価に基づいた指導法の効果について検討することを目的とした。

【方法】

高本ほか(2003)のソフトボール投げの観察的動作評価基準を参考とし, バックスイング時の①ボール保持の可否, ②ボール軌道, ③肘関節角度からハンドボール投げの技能レベルを定性的に識別する評価基準(5段階)を作成した。対象は高校2年生男子77名(身長: 169.8 ± 5.0 cm, 体重: 59.7 ± 9.9 kg), 女子48名(身長: 156.7 ± 5.2 cm, 体重: 51.3 ± 8.1 kg)とし, 評価に基づき, ボールを投げて学習する群(C群)とC群の学習に加え, ボール以外の道具を使い, 動きづくりを導入する群(T群)にそれぞれ分類した。T群の動きづくりは, ゴムチューブ引きとメディシンボール壁当て(男子2kg以下, 女子1kg以下)の2種目とした。期間は2週間とし, それぞれ全4回の体育授業で学習介入を行った。その前後で新体力テストに準じたハンドボール投げを実施し, 遠投距離を測定した。その際の投動作およびボールの軌道を2台の高速度カメラ(300Hz)で撮影した。作成した評価基準に基づき, 動作評価を行うと共に, ボールの初速度, 投射高, 投射角度を算出した。測定した各項目について, 学習介入前後の平均値の差を検定するために, 対応のあるt検定を用いた。なお, 有意水準は5%未満とした。

【結果および考察】

男女ともに動作評価が高まり, 遠投距離が有意に向上した。学習介入前後で, ボールの軌道を比較すると, 投

げ手腕の動作改善により, 投射高が全体で高まった。男女差については, 男子は両群でボール初速度が向上したが, 女子のC群は, ボール初速度に有意な向上は見られず, 投射角度が大きくなった。女子のT群では, ボール初速度が向上した。群間差については, 学習介入後の遠投距離の変化量を比較したところ, C群に比べてT群の方が大きな値を示し, 男子のみ有意な差が見られた($p < 0.05$)。

以上の結果から, ハンドボール投げにおいて作成した動作評価に基づいて, 体育授業で投げ手腕の動作を指導することにより, 男子ではボール初速度が向上することで, 女子では最適な投射角度に修正されることで, 遠投距離を伸ばせることが示唆された。また, 男子ではボールを実際に投げて学習するだけでなく, ボール以外の道具を活用して動作を改善することが有用である可能性が示された。

表1. 群別での学習介入前後の測定項目の比較

男子	C群 (n=37)				T群 (n=40)			
	学習介入前		学習介入後		学習介入前		学習介入後	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
動作評価 (点)	3.1 ± 1.3		3.9 ± 1.1	**	3.3 ± 1.2		4.4 ± 0.6	**
遠投距離 (m)	25.4 ± 6.4		27.3 ± 6.9	**	28.0 ± 5.4		31.1 ± 5.1	**
初速度 (m/s)	16.2 ± 2.5		17.0 ± 2.6	**	17.7 ± 2.3		18.6 ± 2.2	**
投射高 (m)	1.86 ± 0.10		1.92 ± 0.10	**	1.89 ± 0.15		2.00 ± 0.17	**
投射角度 (deg)	29.8 ± 5.5		29.9 ± 6.0	n.s.	29.3 ± 5.1		29.0 ± 4.8	n.s.
握力 (kg)	38.0 ± 8.5		37.8 ± 8.6	n.s.	36.3 ± 5.8		37.1 ± 6.2	n.s.

女子	C群 (n=26)				T群 (n=22)			
	学習介入前		学習介入後		学習介入前		学習介入後	
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD
動作評価 (点)	2.4 ± 1.1		3.2 ± 1.1	**	2.3 ± 1.1		3.5 ± 1.0	**
遠投距離 (m)	14.4 ± 4.0		15.3 ± 4.2	**	14.5 ± 4.1		15.6 ± 5.1	*
初速度 (m/s)	11.9 ± 1.9		12.1 ± 2.0	n.s.	11.7 ± 2.0		12.2 ± 2.1	*
投射高 (m)	1.83 ± 0.09		1.88 ± 0.12	*	1.81 ± 0.09		1.90 ± 0.11	**
投射角度 (deg)	25.9 ± 6.1		31.6 ± 6.8	**	30.5 ± 4.8		28.9 ± 5.8	n.s.
握力 (kg)	23.4 ± 3.9		23.5 ± 3.8	n.s.	23.5 ± 3.5		23.4 ± 4.1	n.s.

**p<0.01 *p<0.05

小学校の陸上運動の授業づくりに着目した基礎的研究

—— 目標設定のための指標の開発を目指して ——

松崎 鈴 (国士舘大学大学院スポーツ・システム研究科)

池田 延行 (国士舘大学体育学部)

キーワード：身長、立ち幅とび、ストライド、発達段階

1. 目的

本研究は、体力・運動能力と身体的特性の関係、および小学校段階における身体的発達に伴うそれらの関係性の変化を明らかにすることを通して、体育授業における目標記録やハードル走でのインターバル設定に活用できる指標開発のための新たな知見を得ることを目的とした。

2. 方法および結果

東京都M市T小学校の2年生76名(男子33名, 女子43名), 4年生59名(男子25名, 女子34名), 6年生59名(男子26名, 女子33名)を対象とした。分析項目は以下の通りである。

- ・身長(cm)・体重(kg)・50m走タイム(秒)
- ・疾走区間ストライド(cm)・立ち幅とび(cm)
- ・身長あたりのストライド：疾走区間ストライド(cm) ÷ 身長(cm)・立ち幅とびあたりのストライド：疾走区間ストライド(cm) ÷ 立ち幅とび(cm)

ストライドは身長と比較して、2では大きな値を、4年生では身長と同程度の値を、6年生では大きな値を示した(図1)。

ストライドは立ち幅とびと比較して、2年生では同程度の値を示し、4年生でストライドの値が立ち幅とびの値を越し、6年生で立ち幅とびの値が大きくなる(図2)。

分析項目を各学年間の走能力で分類、比較した結果、2年生では、立ち幅とび、ストライドおよび身長あたり

のストライドは、走能力上位群が有意に高い値を示し、50m走タイムは走能力下位群が有意に高い値を示した。4年生では、身長、体重、立ち幅とび、ストライドおよび立ち幅とびあたりのストライドは、走能力上位群が有意に高い値を示し、50m走タイムは走能力下位群が有意に高い値を示した。6年生では、立ち幅とび、ストライドおよび身長あたりのストライドは、走能力上位群が有意に高い値を示し、50m走タイムは走能力下位群が有意に高い値を示した。分析項目を各学年間の性別で分類、比較した結果、2年生では、立ち幅とび、身長あたりのストライドおよび立ち幅とびあたりのストライドは男子が有意に高い値を示し、50m走タイムは女子が有意に高い値を示した。4年生では、立ち幅とびあたりのストライドは、女子が有意に高い値を示した。6年生では、身長、ストライドおよび立ち幅とびあたりのストライドにおいて、女子が有意に高い値を示した。

3. まとめ

- 1) 児童の体力・運動能力および身体的特性について、学校体育の中でも陸上運動の目標記録設定によく使用される身長、ストライドおよび立ち幅とびの値は加齢に伴って大きくなるが、値の変容は学年、走能力、性別による発達の違いによって異なる。
- 2) ハードル走の授業では、学習内容によってハードルの高さの設定やインターバルの設定に十分な配慮の必要性があることの報告に加え、学年差、走能力差、男女差にも配慮する必要性があることが示唆された。

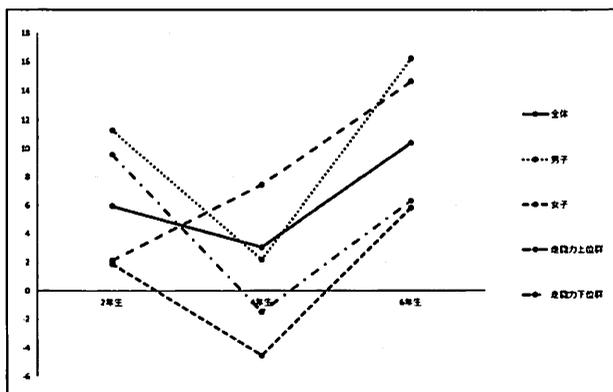


図1 ストライドと身長との差の推移

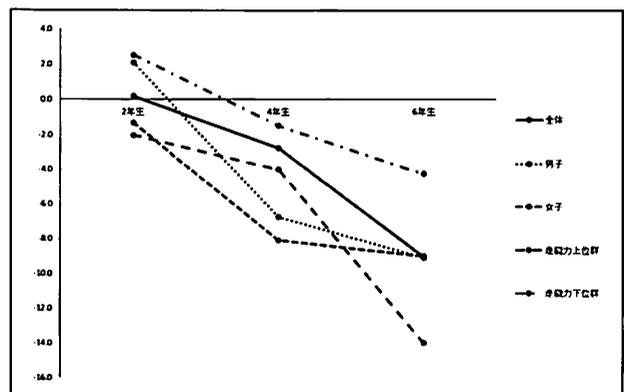


図2 ストライドと立ち幅とびとの差の推移

高等専門学校生運動部員におけるアサーション・スキルの特徴に関する研究

—— 東京都内高専運動部員を対象として ——

高野 修 (サレジオ工業高等専門学校 一般教育科)

キーワード：学校運動部活動，リーダーシップ，コミュニケーション，アサーション

【緒言】

高等専門学校（高専）生は、5年間単一の学科・コースで編成された学級のまま正課授業に取り組むことが一般的である。そのため、他者とのコミュニケーションに苦手意識を持つ者が多く、運動部活動組織においてもリーダー的な立場の学生が思うように部を運営できない問題が生じている。

そこで、東京都内の高専運動部員に対し組織行動学に基づくリーダーシップ・トレーニングを実施し効果検証をしたところ、集団で目標を達成しようとする能力が低いという結果を得た。このことから、高専生は他者への指示をはじめとした適切な自己主張能力（アサーション）が乏しいという仮説が得られ、同能力を伸ばすためのトレーニングの必要性が示唆された。

本研究では、高専における運動部活動組織の活性化を目指し、アサーション・トレーニングが効果をもたらすかを確認するために、学生のアサーション・スキルが同年代の高校生と比較して特殊な傾向を示すかどうか検証することを目的とする。

【方法】

東京都内に設置されている3校4キャンパスの高専男子バレーボール部員34名ならびに東京・神奈川地域の高校男子バレーボール部員62名に対し、玉瀬ら(2001)が作成した青年用アサーション尺度を用いて質問紙によるアサーション・スキルの測定を行った。同尺度は25項目の設問から構成され、5段階での回答の合計値にて結果を得られる仕組みとなっている。

分析に際しては高専生－高校生間で各問における回答の平均値をそれぞれ比較し、考察を行った。

【結果・考察】

設問25項目中5項目（表1）において5%水準で有意差が見られたが、そのうち4項目に関しては高専生の数値が高い結果となった。同尺度では他者と良好な関係を築くための「関係形成因子」と、他者に対し説得や交渉を行うための「説得交渉因子」の2因子がそれぞれ8項目ずつ規定されているが、有意差の見られた5項目中3項目が関係形成因子に含まれている（図1）のものであり、残りの2項目は

どちらにも含まれないものであった。

データ上では関係形成因子3項目において高専生が有意に高かったことから高校生と比較して他者と良好な関係を築きやすいという結論が得られるが、質問内容から見ると自分の都合を優先させる傾向が高いことも考えられ、他者とのコンフリクトに結び付く理由となることも想定できる。

表1 高専生－高校生間で有意差があった項目

設問No.	質問内容
10	飲食店で注文していないものが出されたら、交換してくれるように言う。
15	あなたと違う意見を持つ人が多い時でも、必要なら自分の意見を述べる。
20	大事な話の途中で口を挟まれたら、話が終わるまで待ってくれるように言う。
21	少人数の話し合いの場で進んで意見を述べる。
24	自分に分からないことがあれば、説明を求める。

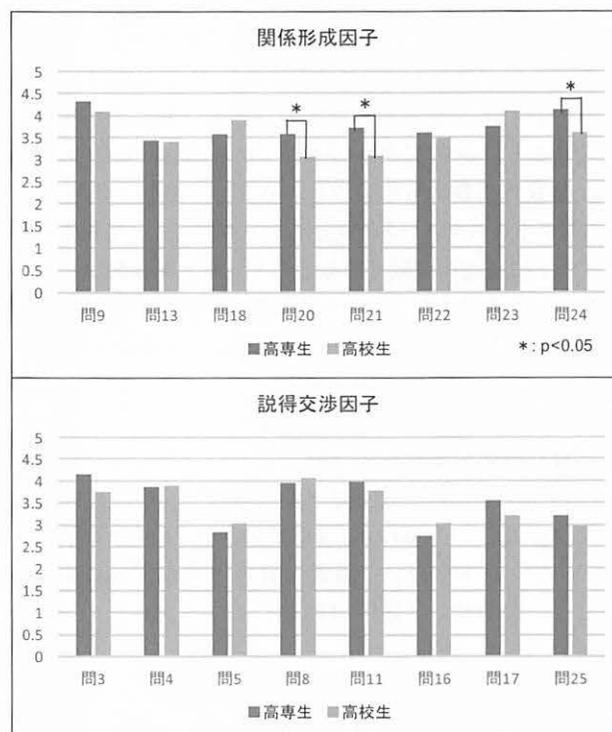


図1 高校－高専間の因子別データ比較

一般人や高齢者を対象とした健康や運動の実践と理解のための 身心一体科学教育の効果

東 芳一 (東京農工大学工学府・セルツーパーボディ&マインド・ダイナミクス・ラボ)
清水 美穂 (東京農工大学工学府・セルツーパーボディ&マインド・ダイナミクス・ラボ)
跡見 順子 (東京農工大学工学府・セルツーパーボディ&マインド・ダイナミクス・ラボ)

キーワード：細胞，身心一体科学，社会人教育，公開講座，社会技術

1. はじめに

病気ではない普通の生活を過ごしている人にとって自分の身体のことを自身で客観的に理解しているとはいえない。それは、「自ら自分自身を道具なしで見ることができないということだけでなく、身体のことを学ぶ機会がなかったためである」[藤田 2014]。このような状況でも、今日、世には様々な健康に関する情報があふれている。それゆえ、一人一人が科学的に生命や身体について原理・理屈から学び、理解し選択し行動できるようになることが必要である。それは、自らの健康だけでなく、今日の社会の問題となっている高齢化、寝たきり、認知症、医療費の増大などの解決を図る社会技術につながるものである。

2. 身心一体科学教育

身心一体科学教育は、細胞生物学と身体運動科学を基本として構成し、人間の生命や人間自身の存在について学び、身心ともに健康に自分を生かして生きように行動変容を自発的に起こせるようになることを目指す。

自分自身の身体に触れることや測定することで客観的に知ること、身体が生命の単位である細胞と細胞が分泌した細胞外基質から成ること、そして、細胞を活性化するにはストレスタンパク質(分子シャペロン)を発現させるマイルドな運動が有効であるとする。何より運動は自らの意思で体に働きかけることができる。それ故、知識に裏付けられた運動実践は、より良く生きることを考え実践することとなる。

3. 身心一体科学教育の評価

2015年5月～2017年2月まで行われた一般向けの大学公開講座及び市主催の市民向け講座の計6回を対象として、アンケートを行い、講義の評点と自由記述により評価した。合わせて、日頃の運動に対する実践についても尋ねた。

講義内容：各講座ともベースは共通であるが、時間、場所、対象者により、講義のみのものや、運動・体操など演習を含むもの、2回に分けて実施するものがある。

対象者：主催者の募集により参加した一般市民である。

募集内容により年齢層の違いがある。

参加者数：12人～48人であった。

4. 結果と考察

各回の講義の評価は、1～5点法(1が低く、5が高い)で4.00～4.57と高いものであった。自由記述による回答での頻出語は、細胞、身体、体幹、ストレッチ、運動、自分、体操、意識、トレーニング、ストレスタンパク質の順で、これらは講義で用いたものであり、これらは共起ネットワークによりつながることが確認できた。これらの結果から、講義により運動の重要性やその理屈を理解したと考える。

また、運動の実践においては、全体で79%が日頃運動をしていると回答、運動の好嫌はサンプル調査で16%が嫌いと回答した。

5. 結果

多くの人々は健康のために運動が必要であるとして運動していることが分かったが、その理屈や、自分の身体のことを客観的に理解できていなかった。受講者が本教育を評価し受け入れることは、新たな知識を得て運動実践への更なる意欲に繋がるものであり、本教育が生き方についても有効なものであることを示すものであると考える。

参考文献

- 跡見順子：身体運動の知恵～生命システムから病を診る～、第1回～第9回、血管科学、7(1), 7(3), 7(4), 8(1), 8(2), 8(3), 9(2), 14(2), 14(3), 2006～2013
- 藤田恵理ら：未病のための生命科学教育の実践例と日米教科書比較から見えてくる課題、日本未病システム学会雑誌：138-138 2014

生体の危機応答と人の知による応答

長谷川克也 (宇宙航空研究開発機構)
 跡見 友章 (帝京科学大学)
 跡見 順子 (東京農工大学)

跡見 彩 (東京農工大学)
 清水 美穂 (東京農工大学)

キーワード：男危機応答, 身体性, 本能, 知の応答

1 はじめに

動物は身体や生命に危機が迫った時に防御反応を起こし生命を守ろうとする。一般に重力低下は通常生活ではないように思われるが、転倒や落下などで体勢が急激に変化したときに発生し、身体や生命に危機に対して生体は原始的な防御の応答を示す。これまでJAXAのおこなった動物への無重力実験では、重力低下の過渡期において四肢の緊張性伸長や顎関節の開放などの、いくつかの特徴的な応答が見られることが報告されている。しかし、人は落下や転倒などの急激な重力低下を感じた場合に何かにつかまろうとし、捕まるための対象物がない場合でも手を握り締め、顎関節は開放せず歯を食いしばる動作を見せるなど動物の一般的な低重力への過渡応答とは異なる。本研究では、動物の中で人間だけが重力低下に対する応答が異なるのは、教育を与えることで防御応答を生体固有のものから、知を持った人間特有のものに変化させることができると考えた。

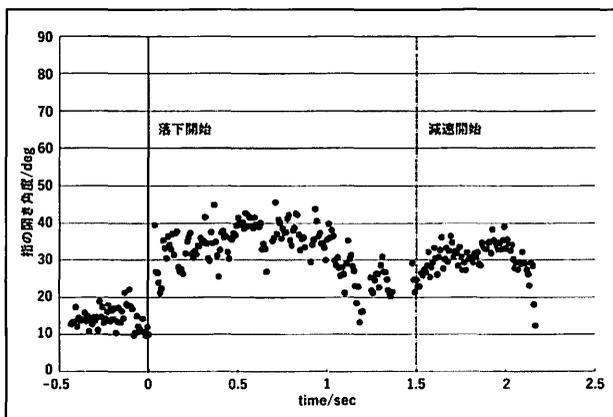
2 実験

本研究では建物の屋上に落下装置を設置し、1.5秒程度の低重力を発生させることで動物の低重力に対する過渡応答を観察した。装置にマウスを乗せ下面からカメラで撮影し後肢の第2、第3の指の角度を計測した。第1図に解析の代表的な一例を示す。落下開始後、筋肉の緊張

により指が開き1秒以内に最大となるが、その後応答は収束し定常状態に戻っていくことが観察される。

3 まとめ

本研究で開発した簡易低重力発生装置は動物の低重力過渡応答の計測に十分な低重力時間を持ち、今回の実験で落下に対する動物の応答が定量的に計測できた。しかし、人は動物と異なった応答を示し、身近な例では柔道の経験者は転倒などに対して受け身動作を無意識に行うことが知られている。このように、身体や知の教育は人が動物として持つ基本的な生体応答をオーバーライトし、合理的な動作へと変更することができると考えられる。今後、身体や知の教育により危機応答や日常生活に変化が起きるメカニズムについて研究を進めたい。



第1図 ラットの低重力過渡応答の解析例

新体操におけるジャンプターンの動感考察

中澤 歩 (日本女子体育大学)

キーワード：新体操、スポーツ運動学

I. 問題の所在

新体操競技では、演技中に身体難度を実施しなければならない。身体難度の種類は、ジャンプ・バランス・ローテーションという3つの種類があるが、どの種類においても「どのような感覚で動きを行えば上手にできるのか」という問題の解決に繋がる論文は少ない。そのため、身体難度の動きのコツを探るべく本研究を行うこととする。本研究で取り上げるジャンプターンは、世界のトップレベルの選手が演技に取り入れることは多くあるが、その実施は様々な方法でなされており、全てが正しい実施とは言い難い。

II. 研究方法

本研究は、ジャンプターンを行う新体操選手1名を考察対象とし、動きの感覚を言葉にして表すこととする。日常の練習中に行うジャンプターンを考察対象とし、本研究者は考察対象者の自己観察の様子を借問によって言葉で示させる。このことから、ひとりの人間の動きかたの発生様相を厳密に分析することができる。

III. 結果・考察

考察対象者の動感は、様々なものが挙げられ、「上手に跳ぶときの動感」と「上手に跳べないときの動感」に分けられた。表1は、上手に跳ぶときの動感を示したものである。これらの内容をひとつずつ取り上げていく。

表1. 考察対象者によるジャンプターンの動感(上手に跳ぶとき)

考察対象者によるジャンプターンの動感
・ お腹の辺りから手が繋がっているような感じで手を振り上げる
・ ジャッセの後の回転は、進行方向が前だと仮定して、後ろと前を使って180度と考える
・ 後ろ脚を速く、強く振り上げる

(1) お腹の辺りから手が繋がっているような感じで手を振り上げる

ジャンプターンを行うときには、手を振って使う。その時の手の使い方に、変化があった。手を振るこ

とでジャンプが跳びやすくなったのが、この「お腹の辺りから手が繋がっているような感じ」での手の振り上げ方である。

(2) ジャッセの後の回転は、進行方向が前だと仮定して、後ろと前を使って180度と考える

ジャッセ後の回転は、実際は進行方向から1回転(360度)回転しているように見えるが、動きの感覚としては、回るという意識は持たないほうが良いことが、考察対象者の動感からわかる。また、これを意識しているのにも関わらずうまく跳べなかった時の考察対象者は「少し回ってジャンプしてしまった」と言っているように、回ってジャンプをする感覚ではうまくいかないということを表している。

(3) 後ろ脚を速く、強く振り上げる

この意識に関しては、初期段階では見られなかった。その背景には、指導者による指導内容があった。これまで、前脚を高く上げるという意識で行っており、本研究の観察を開始したときには、前脚を意識することが丁度できてきた頃であった。そのため、前脚を高く上げることはできていたが、後ろ脚意識する段階にはまだ入っていなかったのである。そのため、本研究での観察終盤で、この意識ができるようになってきたのである。

IV. 結論・まとめ

本研究では、考察対象者がジャンプターンを上手に跳べると自己観察したときの動感を基に考察を進めた。結果・考察で挙げた内容がジャンプターンのコツに繋がるものとなるが、多くの選手に共通する点をここから見出し、共通するコツを今後見出していけることを期待する。

芸術的スポーツとしての新体操

川瀬 雅（日本女子体育大学大学院） 松澤 慶信（日本女子体育大学）

キーワード：新体操、美、優美、芸術、技術

本研究の目的は、新体操の採点規則において明確に示されていない、美と芸術性を明らかにすることである。研究の方法として、美学・芸術学の概念を整理し、そこで確認した美の内容を新体操の採点規則に適応させて、考察した。

まずは、スポーツと芸術の目的から、美の「現れ方」の違いを確認する。本研究でいうスポーツは競技スポーツであり、そのスポーツは勝利を目的とする運動なので、その美はおのずと「現れる」美である。これに対し、芸術は美を創作することを目的にしているため、美を意図的に「現す」。スポーツと芸術では、その目的の違いから美の「現れ方」が異なる。

新体操において美は、スポーツのように「現れ」もするし、芸術のように自ら「現し」もする。新体操ではスポーツと芸術の両方の美の現れ方が認められる。

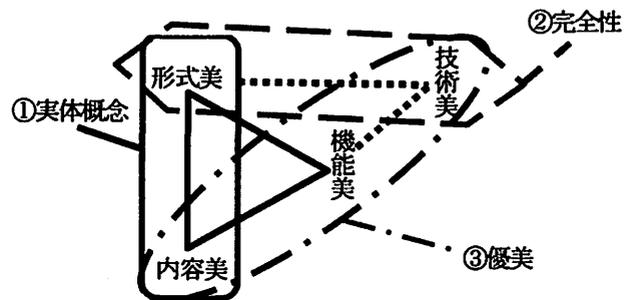
こうして現れてくる美には狭義と広義があり、スポーツにおける前者の狭義の美は運動の技術と機能によって現れる「運動の美」といえる。この「運動の美」は機能美を備えた効率的な運動と、その機能を支える技術が完全性を持ち、技術美となって現れる。この状態の運動は無駄がない「優美」である。機能美は技術美を伴って成立するため、技術美も優美となる。

一方の「広義の美」は、美的範疇で述べられる優美・滑稽・醜・悲壮・崇高であり、劇的特質という運動のドラマチックな場面に、これらの価値が現れる。これらの価値は劇的特質に見出せる選手の人間性から現れる人格美に通じており、この人格美は美しき魂という精神性を含んでいるため、これも「優美」といえる。

つまり優美には運動の美としての婉美 (Grazie) と、精神性からなる優美の Anmut という二面性がある。スポーツの美には、この優美の二面性が現れる。

こうして確認してきた美の内容を新体操の採点規則から考察する。新体操の美は採点規則という「型」によって成立すると考えられ、採点規則で定められているこの「型」は、「美的形式原理」である均衡、釣合、調和、律動などを含む、形式美・様式美である。この「型」に沿って運動することで、新体操は美を現す。つまり新体操は形式美・様式美によって運動が展開されている。しかしその採点規則ではドラマチックな物語としての内容美を現すことも求められている。

こうして新体操で現れ/現す美の内実は以下のような図にまとめることができる。



①形式美、内容美は実体概念であり、この形式美とは感覚的形態としての様式美である。形式と内容に機能は含まれているが、機能概念である技術と機能は機能している実体がなくては美が認められない。そこで機能美あるいは技術美は感覚的実体を持つことで美として成立する。

②技術や機能は、形式や様式がしかも「完全性」を持った実体によって美となる。

③内容美と機能美/技術美（あるいはその実体としての形式美）は優美である。この優美のうち動きの優美・婉美 (Grazie) は運動の形式に含まれる機能美を支える技術が完全性を持って技術美として現れ/現す。内容美としての精神性からなる優美 (Anmut) も、運動技術が完全性を持って技術美となっている状態のときに現れ/現すことができる。

新体操は、スポーツとしての美の「現れ方」と、美を創造するという芸術的な「現し方」の2つを持つ美的（感性的）なスポーツだといえるが、芸術のように美を積極的に現すことで「芸術的スポーツ」といわれる。

ハイテク判定導入の適用範囲についての考察

島崎 直樹 (帝京大学)

キーワード：ビデオ判定, 誤審, 審判, 適用範囲

1. 緒言

スポーツの世界では、中立的な立場で競技に関わる審判員の存在が不可欠である。ただし、審判員も人間である以上、どのような場合でも常に100%正しい判定を下せるとは限らない。誤審という現象が確認されるようになったことも事実だ。

最近では、判定をサポートする目的で、ビデオ等による判定補助システムが導入される競技も増えてきた。こうした最新の機械の導入によって、試合中の判定が改善された側面は確かにある。しかし、従来の審判の役割すべてをコンピュータに委ねることは、現状では難しいと考える。

いつの時代か、審判員という人間すら必要としない完全ハイテク判定時代が訪れるかもしれない。しかしながら、現在のスポーツ状況で考えられていることは、生身の審判員への適切なサポートを行うレベルとして議論がなされている。

つまり、人間である審判が担うべき観点と機械が行うべき判定の適用範囲を明らかにする必要があると考える。本研究では、判定に関する主観と客観という観点で、ハイテク導入の適用範囲を探る。

2. 本研究の目的

陸上競技や水泳では50年以上も前から写真判定システムを活用して順位を決めている。最近では、サッカーボールの中央にICチップを挿入し、ボールがゴールラインを超えたかどうか、機械的に判定を行うことも可能になった。

さらに、多くの競技においては、ビデオ判定を導入するケースが増えてきている。野球やテニス、バレーボール、相撲、バスケ、ラグビー、など、日本国内のトップリーグにおいても、より正確な判定を求める風潮が強くなってきている。

しかしながら、これらのハイテク器機の導入が適切に運用されているかどうかは疑問である。

オリンピックや世界選手権大会、または国内外プロのリーグにおいて、様々な混乱をきたす状況が報告されている。

このような状況の中で、本研究においては、問題が指摘される原因となる状況の分析を行い、次に、ハイテク判定導入に関する適用範囲の検討を行うことが目的となる。

3. 本論

日本におけるテレビ放送の開始は1953年とされ、その後ビデオカセットの販売は1960年代、DVDレコーダーは1996年、HDDレコーダーは2004年に販売開始されている。録画再生テクノロジーの進歩である。これにより、審判員による判定の間違いが明らかになる時代となった。

試合において、人間だとミスを起こしやすい状況の判定で、客観性を補えるコンピュータのサポートが有効な場面が存在する。その一方で、人間の審判が主観的な視点で判定を下した方が、試合がより自然で円滑に進められる場合もある(以下の図を参照)。

判定の種類 (場面解釈)

- 主観的判定** →機械的判定は困難
 プレーの強さ、美しさ、技術の精度、影響
- 客観的判定** →機械的判定を行い易い
 順位、タイム、ラインなどの境界線を越える

4. まとめ

テクノロジーによる客観性と、人間の審判による主観性を適切に組み合わせて、スポーツの面白さと楽しさを追求していくことが、これからのスポーツには求められていると考える。

現代の科学は、日常における効率性、合理性、発展を進めている。では、スポーツにおける発展や文化の興隆とはどのような状況なのか。それぞれのスポーツ競技の基本理念や本質を考慮した上で制度の運用を決定することが必要となる。

Cell to Body Dynamics 研究モデルとしての培養心筋細胞における 分子シャペロン α B-クリスタリン

藤田 恵理 (東京農工大・セルツーパーボディ&マインド・ダイナミクス・ラボ)

跡見 順子 (東京農工大・セルツーパーボディ&マインド・ダイナミクス・ラボ)

キーワード：分子シャペロン, α B-クリスタリン

身体は細胞からなり、骨格筋の収縮により生み出す運動が細胞をダイレクトに活性化することを理解することで、運動意欲の持続や健康維持につなげる Cell to Body Dynamics & Body to Cell 身心一体科学を提唱している。運動時には循環器系・筋骨格系・脳神経系、等全身の組織やそれを構成する細胞が、細胞外基質から成る結合組織により連携しながら自律的に機能する。運動という力学的刺激を細胞が受容すると、例えば骨格筋細胞であれば筋萎縮を抑制する等の適応を起こす。この適応を支える鍵分子が分子シャペロンというタンパク質である。

細胞内においては、機能をもつタンパク質のかたちの維持には分子シャペロン(別名ストレスタンパク質、熱ショックタンパク質HSP)と名付けられた一群のタンパク質を必要とする。分子シャペロンは、タンパク質の合成や分解、活性制御に関係し、異常な折りたたみのタンパク質に作用しその機能を正常化するという品質管理を行うことにより、細胞機能を保持し個体の健康状態を維持することが明らかになりつつある。最もよく研究されているHSP70は、異常タンパク質の蓄積により生じるアルツハイマー病(AD)やパーキンソン病(PD)などの神経変性疾患への保護効果をもつ。

我々は遅筋(抗重力筋)の萎縮で減少するタンパク質で、分子シャペロン的一种である α B-クリスタリンの細胞内機能を研究してきた。

α B-クリスタリンは、酸化ストレス、熱、紫外線、化学的ストレスだけでなく、機械的ストレスで細胞内で発現が増加し、細胞機能を担うタンパク質の品質管理をすることで細胞内ホメオスタシスを維持する。

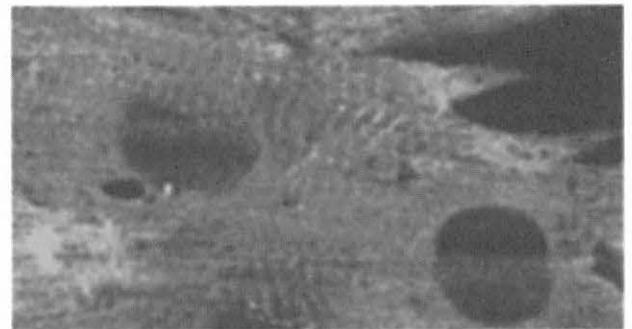
α B-クリスタリンは、心筋や骨格筋で構成的に発現しており、筋線維タイプ依存的に、代謝活性の高い細胞や組織で発現が高い。身体運動がうみだす機械的ストレスは、細胞の形態・代謝・遺伝子発現のオーガナイザー細胞骨格に直接作用し、適応を生み出すと考えられる。

本研究では、分子シャペロン α B-クリスタリン-GFPをラット新生仔から初代培養した心筋細胞に導入により、このホメオスタシス維持機構を可視化した。持続的に収縮する心筋細胞を、恒常的に力学的な負荷がかかっている筋モデルとして使用した。機械的刺激に対する応

答機構としての α B-クリスタリンの細胞骨格への相互作用のダイナミクスを可視化するためにFRAP (fluorescence recovery after photobleaching) 分析を行った。その結果、拍動する心筋細胞内で分子シャペロン α B-クリスタリンは非常に速い速度でダイナミックな挙動を示した。

分子シャペロン α B-クリスタリンは心筋細胞などの持続的に収縮する筋細胞内で張力発揮の基盤となる細胞骨格に対して、そのタンパク質構造を維持するように相互作用しホメオスタシス維持に働いていることが示唆された。

重力場で生きている我々人間の健康維持には分子シャペロンが機能することが不可欠であり、そのために抗重力筋に機械的負荷をかけることが不活動による疾患予防・健康維持のために必須である。



10 μ m

図1. 持続拍動する心筋細胞に横紋状に局在する α B-クリスタリン。

Cell to Body & Body to Cell Dynamics からの身心一体科学

跡見 順子 (東京農工大・セルツーパーボディ&マインド・ダイナミクス・ラボ)
 東 芳一 (東京農工大・セルツーパーボディ&マインド・ダイナミクス・ラボ)
 清水 美穂 (東京農工大・セルツーパーボディ&マインド・ダイナミクス・ラボ)
 藤田 恵理 (東京農工大・セルツーパーボディ&マインド・ダイナミクス・ラボ)
 跡見 友章 (帝京科学大・理学療法学科) 田中和哉 (帝京科学大・理学療法学科)

キーワード：メカニカルストレス、細胞骨格、細胞外基質、分子シャペロン、 α B-クリスタリン

はじめに

体育学やスポーツ科学分野では、昔からスポーツ競技能力を決定する要因について、遺伝か環境かの議論がなされてきた。しかし、分野の中心課題である「運動適応変化」の生体メカニズムに関しては現象論に止まっている。本研究では、運動による適応変化の機構を解く鍵タンパク質 α B-クリスタリンから必然的に帰結する「細胞と身体を直接つなぐ運動」と「運動の反復によって生まれる適応」のメカニズムを紹介する。地球重力場で創発した生命・細胞は、化学的な応答のみならず、形をつくり力学的応答する有形のシステム：「細胞骨格-細胞接着分子-細胞外基質」を進化させてきた。それ故、多細胞動物の細胞は、細胞間を直接つなぐ細胞外基質を自ら自律的に合成し細胞内外を連結している。運動の多くは反射により制御されているが、多分節の身体を直立にし、二足歩行を常態として進化したヒトには、人間のみが可能な自然の原理で機能している細胞の理解と動きを通して意識的に身心を一体化する「身心一体科学研究」が必要である。

(1) 細胞の分子生物学からの身体と運動

体育科学・身体運動科学は、生理学と解剖学、そして後にはバイオメカニクスが加わり、現在に到っている。しかしこれらの科学が加わる前から「体育学」は運動するときの人間の総合性を引き出す教育として存在していた。

近年目覚ましい発展をとげている生命科学、とくに生命の単位である「細胞」を基本にして科学する「細胞の分子生物学」(世界での教科書“The Molecular Biology of the Cell”)を土台にすることで(以下の論理で)、運動がもつ大きな力をダイレクトに引き出すことができる。

- 1) 人間は、多細胞動物である
- 2) 身体は、37兆個の細胞と、細胞が分泌した細胞外基質から成る(うち26兆個は、赤血球)
- 3) 細胞は、自分の環境と化学的応答だけでなくメカニカル応答する
- 4) 人間は動物なので、身体は動くようにできている
- 5) 故に、身体運動は、細胞へのメカニカル刺激(ストレス)となる

- 6) 人間は、重力場で生きている脊椎動物である
- 7) 細胞は、細胞の重心をダイナミックに制御する(やわらかい) タンパク質力学応答システム「細胞骨格-細胞接着分子-細胞外基質」をもっている
- 8) 「細胞と身体を直接、力学的につなぐ運動は、細胞の生きる刺激となる」と同時に、「力学的にまちがった運動は膝や腰の関節に障害を与える」ことになる
- 9) 故に人間は、重力場で「力学的に正しい体の使い方」を学ぶ必要がある(多関節可変構造から成る脊椎はやわらかく不安定であり、重心となる体幹制御がポイント)
- 10) やわらかい細胞とタンパク質のかたちのお世話をする ストレスタンパク質(分子シャペロン)が適応の鍵

(2) Cell to Body & Body to Cellによる運動(Dynamics)の見方

神経細胞と骨格筋細胞の連携で動きを生み出す動物の身体は4つの組織(筋、神経、上皮、結合組織)から成る。生命の「生み出し、適応する能力」は細胞にあり、その力学応答基盤として細胞外基質(ECM)の概念が提起され、理解が進んだ。概念図を図1に示す。

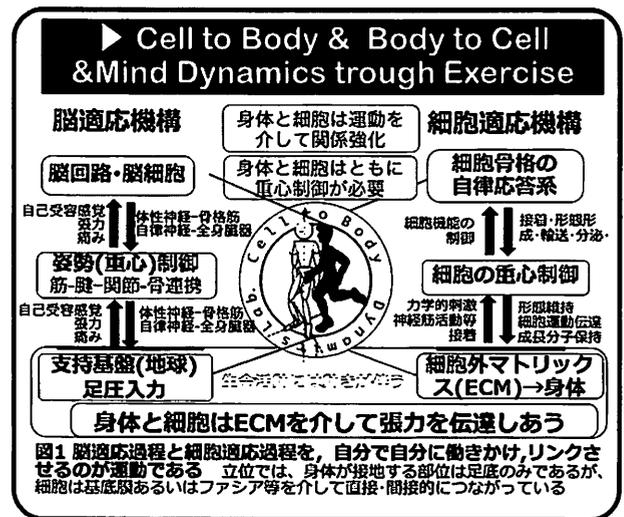


図1 脳適応過程と細胞適応過程を、自分で自分に働きかけ、リンクさせるのが運動である。立位では、身体が接地する部位は足底のみであるが、細胞は基底膜あるいはファシア等を介して直接・間接的に繋がっている

図1