

スパイク動作における1歩助走の有効性検証

大矢尚巨¹⁾・春日晃章²⁾・小栗和雄³⁾・渡辺圭佑⁴⁾・木村健二⁵⁾・鈴木裕也¹⁾

Availability testing of single run up step in spike motion

Naoki OYA¹⁾, Kosho KASUGA²⁾, Kazuo OGURI³⁾, Keisuke WATANABE⁴⁾,
Kenji KIMURA⁴⁾ and Yuya SUZUKI¹⁾

- 1) 岐阜大学大学院教育学研究科
Graduate School of Education, Gifu University
- 2) 岐阜大学教育学部保健体育講座
Department of Physical Education, Faculty of Education, Gifu University
- 3) 岐阜聖徳学園大学教育学部学校教育課程保健体育専修
Department of Physical Education, Faculty of Education, Gifu Shotoku University
- 4) 公益財団法人 岐阜県体育協会 スポーツ科学センター
Gifu Prefecture Physical Education Association Sportsscience Center
- 5) 舞鶴工業高等専門学校自然科学部門
Department of Natural Science, Maizuru Industrial Sportsscience Center

キーワード：3次元動作分析, バレーボール, スパイク, 助走, ボールスピード

Key words：3-dimensional motion analysis, Volley Ball, Spike, Run up, Ball Speed

I. 諸言

バレーボールは、ネット型のスポーツとして学校現場で導入されており、ネットを介して相手より先に25点を取ることを目指すスポーツである。その構成要素は、スパイク、レシーブ、トス、ブロック、サーブであり、その中でも、得点に直結するプレーは、スパイク、ブロック、サーブである。柳沢¹⁾や浅井²⁾はスパイクについて、総得点に占める割合はスパイクが最も多く、60%と高い傾向を示していると報告しており、スパイクはバレーボールにおいて最も重要な技術であるといえる。

これまでもバレーボールのスパイク動作について様々な観点から研究が行われてきた。セリンジャー³⁾は、スパイクの技術は6つの局面から構成されており、助走・踏切・空中・打点・フォロースルー・着地であると報告している。助走局面について中垣内⁴⁾、都澤⁵⁾は、プロ選手を対象にスパイク動作を分析した。その結果、基本的な助走の歩数は4歩であり、第3歩目と第4歩目でさらにスピードを上げて踏み込むと

している。さらに、セリンジャー³⁾は、助走とは、アタッカーを踏切へ導く、スイングやボールの接触に先立って行われる動作であり、効率の良い助走は、ジャンプに高さを加えるとともに、空中でより多くの戦術的行動を可能にすると報告している。このように、近年までに様々な研究がなされ、バレーボールの効果的な動きが明らかにされてきた。しかし、1歩助走と自由助走の違いを検討した研究は全くない。また、ボールスピードの速い選手と遅い選手の比較も行われているが、空中や踏み切り時のパフォーマンスに与える影響を検討しているものは見当たらない。

そこで、本研究では、助走の違いでのスパイク動作のパフォーマンスの分析から1歩助走と自由助走における下肢動作を分析し、準備局面での跳躍高、空中局面でのボールスピードに影響する要因を明らかにし、バイオメカニクスの観点から1歩助走の有効性を模索し、指導現場での一資料としたい。

II. 研究方法

1. 対象

本研究は、G県トップチームの県立高校男女バレーボール部員の中から、男子5名（年齢：16.5±0.6歳，身長：183.4±5.7cm，体重：71.9±7.5Kg），女子7名（年齢：16.6±0.5歳，身長：173.3±3.2 cm，体重：65.5±2.0Kg）の計12名を対象とした。競技レベルは、男女とも県大会優勝チームであり、男子は2016年全国高校総体入賞の実績を持つ。実験を開始するにあたり、全ての対象者に対して、研究目的、方法および実験の安全性を説明するとともに、実験への参加の同意を得た。さらに保護者の同意も得たうえで実験を行った。

2. 測定方法および測定項目

1) 実験試技

対象者には、十分なウォーミングアップを行わせたのちに実験試技を行わせた。ネットの高さは、男子2m43cm，女子2m24cmとした。自由助走においては、センターからの直上セミスパイクとした。また、1歩助走は、対象者のタイミングでスパイク試技を行うクイックトスとした。対象者は、撮影範囲内で助走し、スパイク試技を行うものとした。また、試技方向に大型のネットを設置し、その枠内にスパイクを打つように指示した。スパイクをするにあたり、トスはネット際のセッターが、両手での直上トスを行い、すべての試技において同一人物が行った。トスは1歩助走、自由助走においてアタッカーが最も打ちやすいトスであり、毎回ほぼ一定のトスを上げるようにした。

試技は、対象者が最も高いパフォーマンスで行えるよう、1試技ごとに十分な休息を挟み、対象者の判断で試技を行った。分析対象は、いずれの試技においても、1試技2～6本うちに対象者の内省が最も良かった試技であり、且つ、実験者も成功とみなした各2試技を採用した。

2) 動作の撮影および計測

スパイク動作は光学式自動動作分析装置(T40S-4100 VICON Motion Systems社製250Hz)を用いて撮影した。試技に先立ち、

Plug-in Gait (プラグインゲイト) モデルに従い、身体各部位 [骨盤部 (LASI, RASI, LPSI, RPSI), 大腿部 (LTHI, RTHI), 膝関節 (LKNE, RKNE), 頸部 (LTIB, RTIB), 足部 (LANK, RANK, LTOE, RTOE, LHEE, RHEE), 頭部 (LFHD, RFHD, LBHD, RBHD), 胸部 (C7, T10, CLAV, STRN, RBAK, LSHO, RSHO), 上腕部 (LUPA, RUPA, LELB, RELB), 前腕部 (LFRM, RFRM, LWRA, RWRA) および手部 (LWRB, RWRB, LFIN, RFIN), 計39点] に球体反射マーカーを貼付した。静止座標系は、試技開始時の対象者前方に直行する方向をX軸，試技開始時の対象者前方をY軸，鉛直上向きをZ軸とする右手座標系と定義した。

地面反力は、縦に並べて設置したフォースプレート (60cm×90cm Kistler社製) を3枚用いて計測した。地面反力は1,000Hzのサンプリング周波数で記録し、A/D変換した後パーソナルコンピュータに取り込んだ。

3) 動作におけるデータ分析および測定項目

本研究では、カメラから取り込まれたマーカーの座標位置を分析するために、試技の開始から試技の終わりまでのマーカーの撮影を行った (図1)。スパイク動作の分析区間は、踏み込み足の接地からボールをインパクトし、着地するまでとした。さらに、踏み込み足の接地から踏み切り足の離地までの区間を準備局面、踏み切り足の離地からスパイクインパクトまでを空中局面と2局面に分けた。

本研究における分析項目に関して、準備局面では、両足の股関節最大屈曲角度、膝関節最大屈曲角度、足関節最大底背屈角度、股関節最大回旋角度、膝関節最大回旋角度、跳躍高、地面反力最大値、接地時間および足部間距離を算出し、空中局面では、両足の股関節最小屈曲角度、膝関節最大屈曲角度、足関節最小底背屈角度、股関節可動範囲、膝関節可動範囲、股関節振り戻し角速度、膝関節振り戻し角速度、打点、ボールスピードおよび最高点到達時間を算出した (表1, 図2, 3)。また、踏み込み足を1st, 踏み切り足を2ndとした。

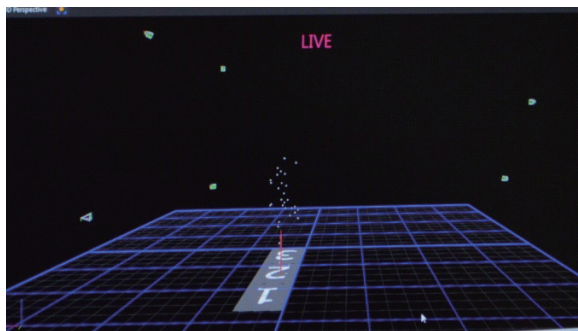


図1 撮影範囲

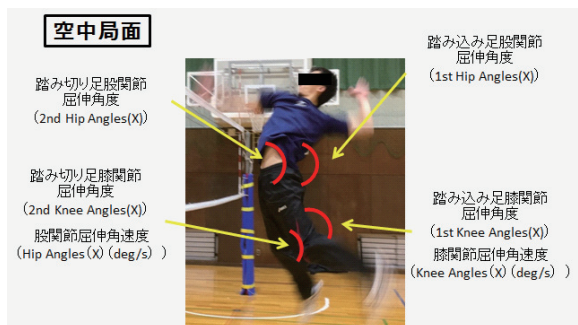


図2 測定項目(空中局面)

なお、本研究における打点は、中手骨に貼付したマーカーの位置とした。ボールスピードは、ボールに付けた半球マーカーから、ボールのX, Y, Z座標から移動距離を算出し、アタックヒット完了後、最も速度が高い値を採用した。

3. 統計処理

スパイク動作における、各身体角度、角速度等に関して、1歩助走と自由助走における各項目の違いを検討するため、対応のあるt検定を行った。また、跳躍高およびボールスピードと各関節角度、角速度との複合的な関連を明らかにするため、重回帰分析(変数減増法)を適用した。統計処理には、エクセル統計2012(SSRI社製)を用い、いずれも統計的有意水準は5%未満とした。

III. 結果

分析の結果、有意な差が認められたのは、跳躍高(p=0.0001)と地面反力(p=0.0048)であった(表2)。

さらに、重回帰分析の結果、準備局面の1歩助走と跳躍高との関連では、重相関係数は非常に高い正の関連を示した(R=0.9674)。変数減

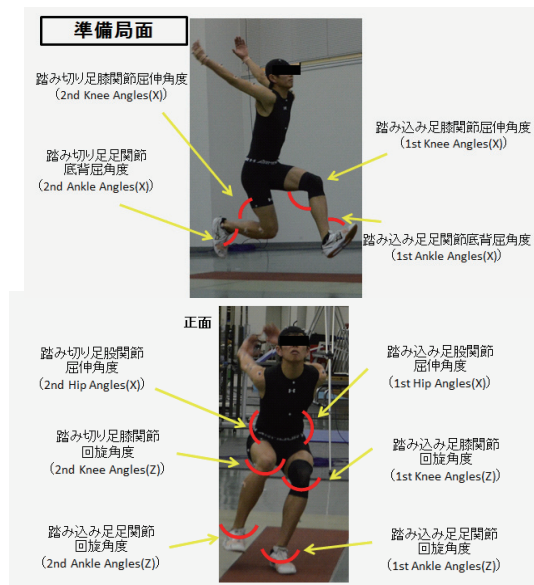


図3 測定項目(準備局面)

表1 スパイク試技における分析項目

局面	動作	単位	説明
準備局面	1st Hip Angles MAX (X)	deg	踏み込み足股関節最大屈伸角度
	2nd Hip Angles MAX(X)	deg	踏み切り足股関節最大屈伸角度
	1st Knee Angles MAX(X)	deg	踏み込み足膝関節最大屈伸角度
	2nd Knee Angles MAX(X)	deg	踏み切り足膝関節最大屈伸角度
	1st Ankle Angles MAX(X)	deg	踏み込み足足関節最大底背屈角度
	2nd Ankle Angles MAX(X)	deg	踏み切り足足関節最大底背屈角度
	1st Hip Angles MAX (Z)	deg	踏み込み足股関節最大回旋角度
	2nd Hip Angles MAX(Z)	deg	踏み切り足股関節最大回旋角度
	1st Knee Angles MAX (Z)	deg	踏み込み足膝関節最大回旋角度
	2nd Knee Angles MAX(Z)	deg	踏み切り足膝関節最大回旋角度
	跳躍高	cm	跳躍高
	地面反力最大値	N/kg	地面反力を体重比で算出した値
	接地時間	sec	接地から離地までの時間
	足部距離	cm	離地の足部間距離
空中局面	1st Hip Angles MIN (X)	deg	踏み込み足股関節最小屈伸角度
	2nd Hip Angles MIN(X)	deg	踏み切り足股関節最小屈伸角度
	1st Knee Angles MAX (X)	deg	踏み込み足膝関節最大屈伸角度
	2nd Knee Angles MAX(X)	deg	踏み切り足膝関節最大屈伸角度
	1st Ankle Angles MIN(X)	deg	踏み込み足足関節最小底背屈角度
	2nd Ankle Angles MIN(X)	deg	踏み切り足足関節最小底背屈角度
	1st Hip Angles (X)角度変位	deg	踏み込み足股関節の角度変位
	2nd Hip Angles (X)角度変位	deg	踏み切り足股関節の角度変位
	1st Knee Angles (X)角度変位	deg	踏み込み足膝関節の角度変位
	2nd Knee Angles (X)角度変位	deg	踏み切り足膝関節の角度変位
	2nd Hip Angles (X)角速度(MAX,AVE)	deg/s	踏み切り足の股関節振り戻し角速度
	2nd Knee Angles (X)角速度(MAX,AVE)	deg/s	踏み込み足の膝関節振り戻し角速度
	1st Hip Angles (X)角速度(MAX,AVE)	deg/s	踏み込み足の股関節振り戻し角速度
	1st Knee Angles (X)角速度(MAX,AVE)	deg/s	踏み込み足の膝関節振り戻し角速度
打点	cm	ボールインパクト時の最高点	
ボールスピード	km/h	ボールスピード	
最高点到達時間	sec	最高点に達するまでの時間	

増法において、得られたデータを表3に示した。中でも最も高い値を示したものは1st Ankle Angles (X)であった(標準偏重回帰係数, 以下, $\beta = -0.774$, $p = 0.000$)。準備局面の自由助走においては、重相関係数は高い正の関連を示した($R = 0.8281$)。変数減増法において得られたデータは表4に示した。最も高い値を示したものは1st Knee Angles (X) ($\beta = 1.014$, $p = 0.000$)であった。

また、空中局面の1歩助走とボールスピードとの関連では、重回帰分析の結果、重相関係数は非常に高い正の関連を示した($R = 0.9342$)。変数減増法において得られた結果は、表5に示した。最も高い値は、角度変位 2nd Knee Angles (X) ($\beta = 1.728$, $p = 0.005$)であった。

空中局面における、自由助走とボールスピードとの関連では、重回帰分析の結果、重相関係数は非常に高い正の関連を示した (R=0.9655)。変数減増法の結果を表6に示した。最も高い値は2nd knee Angles AVE (deg/s) ($\beta=1.357$, $p=0.003$) であった。

表2 t検定の結果

項目名	1歩助走	自由助走	P値 (両側)	効果量 (d)	t検定
打点	試技数 (回)	24	24		
	平均 (cm)	258.95	272.37	0.1993	0.348
	標準偏差	52.39	19.11		
跳躍高	試技数 (回)	24	24		
	平均 (cm)	63.34	66.12	0.0001	0.224
	標準偏差	12.30	13.11		
地面反力 (peak)	試技数 (回)	24	24		
	平均 (N/kg)	37.59	40.59	0.0048	0.547
	標準偏差	4.42	6.59		
最高点到達時間	試技数 (回)	23	23		
	平均 (sec)	0.70	0.69	0.6025	0.138
	標準偏差	0.09	0.06		
接地時間	試技数 (回)	23	23		
	平均 (sec)	0.100	0.097	0.2493	0.227
	標準偏差	0.02	0.01		
ボールスピード	試技数 (回)	24	24		
	平均 (cm)	72.78	74.03	0.3347	0.115
	標準偏差	10.23	11.86		

n.s.=non significant **=P<0.01

表3 準備局面における1歩助走の結果

重相関係数	R	0.9674	決定係数	R2乗	0.9359		
変数	標準偏回帰係数	標準誤差	偏回帰係数	t値	P値	判定	
1st Step	1stAnkle (X)	-0.774	0.157	-1.153	-7.354	0.000	**
	1stKnee (X)	0.675	0.155	1.051	6.783	0.000	**
	1stHip (X)	0.551	0.200	0.883	4.421	0.000	**
2nd Step	2ndHip (Z)	0.678	0.094	0.578	6.174	0.000	**
	2ndKnee (Z)	0.422	0.056	0.277	4.974	0.000	**
	2ndAnkle (X)	-0.328	0.225	-0.728	-3.236	0.006	**
	2ndKnee (X)	-0.152	0.078	-0.112	-1.434	0.172	
	2ndHip (X)	0.171	0.143	0.244	1.707	0.108	
定数項		12.137	-50.371	-4.150	0.001	**	

*=P<0.05 **=P<0.01

表4 準備局面における自由助走の結果

重相関係数	R	0.8281	決定係数	R2乗	0.6857		
変数	標準偏回帰係数	標準誤差	偏回帰係数	t値	P値	判定	
1st Step	1stKnee (X)	1.014	0.376	1.879	4.997	0.000	**
	1stKnee (Z)	-0.833	0.286	-1.292	-4.523	0.000	**
	1stAnkle (X)	-0.354	0.432	-0.759	-1.758	0.097	
2nd Step	2ndHip (Z)	0.927	0.216	1.040	4.818	0.000	**
	2ndKnee (Z)	0.509	0.116	0.368	3.180	0.005	**
	足部距離	-0.417	0.021	-0.047	-2.195	0.042	*
定数項		28.895	-51.628	-1.787	0.092		

*=P<0.05 **=P<0.01

表5 空中局面における1歩助走の結果

重相関係数	R	0.9342	決定係数	R2乗	0.8727		
変数	標準偏回帰係数	標準誤差	偏回帰係数	t値	P値	判定	
1st Step	1stHip AVE(deg/s)	1.017	0.118	0.250	2.120	0.054	
	1stknee AVE(deg/s)	1.163	0.017	0.066	3.920	0.002	**
	1stHip MAX (deg/s)	-0.954	0.033	-0.086	-2.621	0.021	*
	角度変位 1stKnee	-0.907	0.138	-0.305	-2.213	0.045	*
	1stHip (X)	0.723	0.517	1.046	2.023	0.064	
2nd Step	角度変位 2ndKnee	1.728	0.217	0.733	3.376	0.005	**
	2ndKnee (X)	-1.167	0.223	-0.500	-2.242	0.043	*
	2ndHip MAX (deg/s)	1.002	0.022	0.058	2.643	0.020	*
	2ndHip AVE(deg/s)	-0.714	0.055	-0.136	-2.468	0.028	*
	2ndKnee MAX (deg/s)	-0.477	0.012	-0.021	-1.819	0.092	
	定数項		9.276	73.875	7.964	0.000	**

*=P<0.05 **=P<0.01

表6 空中局面における自由助走の結果

重相関係数	R	0.9655	決定係数	R2乗	0.9321		
変数	標準偏回帰係数	標準誤差	偏回帰係数	t値	P値	判定	
1st Step	1stKnee MAX (deg/s)	-1.190	0.023	-0.039	-1.673	0.122	
	1stknee AVE(deg/s)	1.042	0.033	0.060	1.794	0.100	
	1stHip (X)	0.759	0.386	1.162	3.008	0.012	*
	1stHip MAX (deg/s)	0.510	0.027	0.053	1.974	0.074	
	角度変位 1stHip	0.312	0.210	0.363	1.725	0.112	
2nd Step	2ndKnee AVE(deg/s)	1.357	0.029	0.109	3.786	0.003	**
	角度変位 2ndHip	1.062	0.316	0.920	2.907	0.014	*
	2ndHip (X)	-1.019	0.253	-1.196	-4.731	0.001	**
	2ndHip MAX (deg/s)	-0.721	0.018	-0.043	-2.467	0.031	*
	角度変位 2ndKnee	-0.712	0.150	-0.358	-2.381	0.036	*
	2ndHip AVE(deg/s)	-0.538	0.062	-0.120	-1.936	0.079	
	2ndAnkle (X)	0.290	0.165	0.285	1.726	0.112	
定数項		8.117	61.951	7.632	0.000	**	

*=P<0.05 **=P<0.01

IV. 考察

分析の結果、1歩助走と自由助走では、跳躍高、地面反力に差はあるものの、ボールスピード、最高点に到達する時間および打点に有意な差は認められなかった。これは、自由助走で高く跳んでも、セッターから供給されるボールの高さ、速さ、距離などが毎回同じではないため、ボールに合わせてスパイク動作を行うと、跳躍高の高低が選手によって違っても、スパイクの打点はボールの影響を受けるため、差がない可能性があると考えられる。島津ら⁶⁾は、男子は2歩以上、女子は3歩以上の助走が重要であると報告しており、さらに、助走の中でも最後の2歩が重要であるとする研究は数多くみられる⁷⁾⁸⁾⁹⁾。また、有意な差は認められないものの、若干ではあるが、最高到達速度は1歩助走のほうが速かったため、どんなトスにも対応することができる短い距離の助走によりスパイク動作を行うことが、より決定率を上げるためには必要なのではないかと示唆された。

上記の結果を踏まえ、1歩助走と自由助走での違いを検討した結果、1歩助走は、踏み込み足の最大関節角度を高めながら、踏み切り足の股関節を内旋させ、踏み込み足を中心に、跳躍方向に持ちあげることが必要であると推察された。自由助走では、踏み込み足の膝の屈曲から踏み切り足の股関節、膝関節の内旋が特に重要だと示唆された。宮本¹⁰⁾らは、高い跳躍を得るには膝の伸展筋力が必要とされるが、助走を伴うスパイクの踏み切りジャンプでは、助走のスピードを大腿四頭筋の遠心性収縮を活かしなが

ら素早く膝を伸展させて鉛直方向の力に変換する能力が要求されると報告している。このことから、1歩助走の跳躍高をより高くするためには、踏み込み足の膝関節の最大屈曲角度を大きくし、踏み切り足の股関節、膝関節の内旋から助走方向の力をブレーキ動作により上方へ引き上げることが必要であると推察された。

空中局面における1歩助走と、自由助走の違いは、1歩助走では、助走による力が小さいため、踏み切り足の角度変位と最大角度を広げ、踏み切り足と踏み込み足の動作全体で反動動作を作り上げることでボールスピードを高めていると推察された。自由助走では、助走によって生じる体幹部の不安定性を、踏み切り足の平均角速度、角度変位および最大角度を高めることで、動作の安定性を図っていたと考えられる。このような、ぶれをなくす動作により、体が安定し、助走の力を使った進行方向への力を自身のスパイクの反動動作とともに利用することでボールスピードを高めていると推察された。増村¹¹⁾は、空中での打動作は、時間が限られており、しかも床からの支持がなく不安定な状態であり、角運動量保存の法則や、作用反作用の法則を考えると、短時間で打撃腕を振るためには、体幹の安定が重要であると報告している。都澤ら¹²⁾は、踏み切り足離床時における重心の水平速度が大きいものは肩の速度も大きいことから、踏み切りで生み出された前方への運動量を利用することも役立つとしている。つまり、自由助走においては、助走の前方への力をボールスピードに乗せている。ここで生まれた力を活かすためには、体幹の安定性が重要であり、そのために反動動作を行い、体を安定させていると推察される。したがって、1歩助走は、体の反動動作を大きく使うことでボールスピードを高めている。自由助走では、助走のスピードを生かすために、体の安定を保つための下半身の効率的な動作利用が明らかとなった。そのため、ボールスピードを高めるためには、体の反動動作を大きくとりつつも体幹を安定させて、力の伝達を効率よくすることが必要であると示唆された。

つまり、1歩助走のパフォーマンスを向上さ

せるためには、自由助走のように、最後の踏切を速く、強くすることで、踏み切り足の踏み込み、踏み切りから得られる力を跳躍高、ボールスピードに反映できるのではないかと推察された。

V. 結論

本研究では、自由助走、1歩助走でのスパイク試技を実施した対象者のスパイク動作をもとに準備局面、空中局面において、1歩助走と自由助走の違いは何なのかを検討し、指導の資料を得ることを目的とした。分析の結果、以下のような結論を得た。

- 1) 1歩助走と自由助走では、跳躍高、地面反力に差はあるもののボールスピード、打点、接地時間、最高点到達時間に差はない。
- 2) 1歩助走の跳躍高をより高くするためには、踏み込み足の膝関節の最大屈曲角度を大きくし、踏み切り足の股関節、膝関節の内旋から助走方向の力をブレーキ動作により上方へ引き上げることが重要である。
- 3) 空中局面における1歩助走では、力の伝えられる範囲を広げることでボールスピードを高めており、自由助走では、助走の力をボールスピードに乗せることで速度を上げている。

引用・参考文献

- 1) 柳沢美樹子 バレーボールのゲーム分析, 平成12年度筑波大学修士論文集, 22, pp. 243-246, (2000)
- 2) 浅井正仁. "バレーボールゲームの得点に関するゲーム分析的研究: ラリーポイント制における得点構成及び連続得点について." 大阪体育大学紀要 32 (2001): 13-24.
- 3) アリー・セリンジャー: 都沢凡夫訳 (1993) アリー・セリンジャー・ジョン・アッカーマンブルント編. セリンジャーのパワーバレーボール. ベースボールマガジン社: PP. 114-144.
- 4) 中垣内祐一 (2002) Coaching & Playing Volleyball. 20号. バレーボール・アンリミテッド: PP.2-5.
- 5) 都沢凡夫 (2001) Coaching & Playing Volleyball. 15号. バレーボール・アンリミテッド: PP. 12.

- 6) 島津大宜・明石正和 (1980) 跳躍動作の解析 (その1). 日本体育協会スポーツ科学研究報告. 21項: PP289 - 292.
- 7) カールマクガウン: 遠藤俊郎ほか訳 (1988) コーチングの科学. ベースボールマガジン社: PP. 120-122.
- 8) 豊田博 (2004) 日本バレーボール協会編. バレーボール指導教本. 大修館書店: PP60-61, PP64-67.
- 9) 田中幹保 (2007) Coaching & Playing Volley ball. 51号. バレーボール・アンリミテッド: P 8.
- 10) 宮本賢作, et al. "93. バレーボールアタッカーのスパイク踏み切り時の膝伸展トルクと等速性膝伸展力との関係について." 体力科学 48.6 (1999): 759.
- 11) 増村雅尚, and 阿江通良. "空中でボールを強く打つためのからだの動き--バレーボールにおける打動作の分析 (特集 打動作)." バイオメカニクス研究 11.3 (2007): 213-219.
- 12) 都沢凡夫, 福原祐三, and 枳堀申二. "バレーボールワールドカップ' 81 における一流選手のスパイク動作に関する事例的研究." 昭和56年度日本体育協会スポーツ科学研究報告 2 (1981): 46-55.