

走幅跳における模範跳躍が学習者の運動技能習得に 与える影響

村上雅俊[†]・山方諒平[†]・佐藤友樹[†]
信江彩加[†]・池川哲史^{††}

The Influence of Jump Demonstration to Improve Movement Skills for Long Jump

MURAKAMI Masatoshi[†]

YAMAGATA Ryohei[†]

SATO Yuki[†]

NOBUE Ayaka[†]

IKEGAWA Tetsuji^{††}

Abstract

This study seeks to understand the influence of visual material used for teaching and coaching motor skills for long jump performance. The subjects participating in the study were 16 university students registered in a physical education class.

Data results show that use of visual material possibly promotes improvement of jump skills, because visual examples provide a clearer sense of speed needed for the whole movement. Also, with coaching and instruction not employing visual material, jump skills acquired through physical education could be expected to improve satisfactorily. Therefore, it was clear that teachers and coaches need to obtain teaching methods that can facilitate appropriate coaching based on scientific knowledge, although the importance of demonstrating with visual material, is suggested.

キーワード：陸上競技，運動学的分析，体育授業，視覚的教材，コーチング科学

Keywords : athletics, human movement analysis, physical education class, visual

† 大阪産業大学 スポーツ健康学部

†† 京都学園大学 健康医療学部健康スポーツ学科

草稿提出日 11月17日

最終原稿提出日 12月26日

material, coaching science

緒 言

陸上競技で正式に種目採用されている走幅跳は、中学校および高等学校の保健体育科における学習課程にも採用され、広く一般に取組まれている跳躍種目である。陸上競技の競技会では、45m以内の助走から20cmに規定されている踏切板上の踏切線に足が合うように走り、その後続く踏切動作によって身体を空中に投射し踏切線に最も近い着地点までの跳躍距離を競う競技である。その走幅跳における局面構造は、1) 助走、2) 踏切準備、3) 踏切、4) 空中動作、5) 着地の5局面の構造に分類され(森長ら, 2003)、また、非循環型の運動構造を有する複雑な運動体系でもある。これまでのバイオメカニクスの研究により、高い助走速度と踏切時の身体重心の投射角度がパフォーマンスを決定づける力学的要因であると報告されている(金子および福永, 2006; 小山ら, 2011; 熊野および植田, 2014; 志賀および尾縣, 2004; 深代ら, 1994; 吉田, 2011)。しかしながら、中学校1・2年の体育実技授業での主な学習指導要領(2008)には、高い疾走速度を求めない助走や、学習初期では踏切板に歩調を合わせない助走の実施、3年次では踏切動作の改善を求める内容が記され、高等学校では、上述の内容に着地動作の留意点が付加される程度である。つまり、Hay and Miller (1985) が報告しているように、高速移動中に踏切板に足を合わせるために視覚的にストライドを調整するような踏切動作などの習得について明確には求められていない。すなわち、上述したバイオメカニクスの研究によって明らかになったパフォーマンス向上のための知見と必ずしも一致しない指導や取組みが体育授業で実施されていると考えられる。

体育の授業における学習目的は、運動を学習すること(金子ら, 2009)であると定義されていることから、学習者の運動技能の習得を促進させる指導は体育の授業において必須要件であると言える。したがって体育教員は、走幅跳の走動作や跳躍動作に関する科学的根拠を有し、個人の運動学的課題を解決に導く適切な指導を展開するように留意しなければならない。しかしながら、運動現象を客観的に評価するバイオメカニクスの手法は即時的フィードバックが困難であるため、授業小单元内に運動技能改善のための効果的な科学的根拠を得ることは難しい。この問題を解決するため、授業内では体育教員による模範演技や教員の他者観察による学習者の動作模倣によって運動動作の定着を進めている(金子ら, 2009)。これらの指導には、模範的な運動を実演することで学習者の理解を促す方法(以下、模範演技)と適切な言葉かけによる理解を促す2つの方法(以下、インストラクショ

ン)が含まれる。また、走幅跳を専門とする競技者に対する専門的なコーチングにおいても、これらの方法を適宜利用しながら学習者の運動技能の習得を促していると考えられるが、どちらの方法がより学習者の運動技能習得に関して有効的な指導方法であるかの検討はあまり実施されておらず、特に体育実技授業内において上述した2方法のどちらがより優れた指導法であるかについて調査した研究はあまり見当たらない。

そこで本研究は、体育実技授業の履修者に対して模範演技とインストラクションにおける指導形態の違いが与える運動技能の変化について調べ、2方法の有用性について検証した。

方法

1) 被験者

被験者は、大学体育実技授業(陸上)を履修する男子大学1回生16名である。この16名は母集団112名の中から無作為に抽出し、2群に分類した(8名ずつ)。2群の身体的特徴および50m走タイム(手動計測)はTable 1に示す通りである。分類された2群ともに口頭によるインストラクションは実施するが、一方は模範跳躍を見せる群(以下、VMT群とする)とし、他方は模範跳躍を見せない群(以下、nVMT群とする)とした。

Table 1. Characteristics of subjects

The VMT is the group has taken visual material of teaching.

The nVMT is the group hasn't taken visual material of teaching.

	VMT	nVMT
n	8	8
height (m)	173.0 ± 5.7	172.8 ± 4.6
weight (kg)	68.5 ± 6.0	66.5 ± 6.3
50m run time (s)	6.96 ± 0.27	7.01 ± 0.25

2) 実験方法

実験は、全天候型走路上で助走距離12mの短助走にて実施した。跳躍は、中学校および高等学校の小单元内での跳躍回数を想定し合計7回実施(授業コマ数は3コマ分)した。計7回跳躍のほかに、4回の模範跳躍と陸上競技を専門とする教員による計6回の口頭によるインストラクションを実施した(Table 2)。インストラクション内容はTable 3に示す通りで、バイオメカニクスの研究成果を反映する内容と学習者の安全を確保する着地に

Table 2. Experimental protocol

	First class						Second class						Third class				
	demo1	inst1	1	inst2	demo2	inst3	demo3	inst4	inst5	demo4	inst6	7					
VMT	○	○	(pre	○	2	○	○	3	○	○	4	○	5	○	○	6	(post
nVMT	-	○	test)	○	-	○	-	○	○	-	○	-	○	-	○	-	test)

関する内容に限定した。なお、模範演技は日本一流跳躍選手によって実施され、インストラクションと同様の内容に留意して跳躍を実演した。跳躍記録の計測は、1回目の模範跳躍を観察した直後の1回目の跳躍（以下、pre跳躍とする）と7回目の最終跳躍（以下、post跳躍とする）を対象に行った。この時の全ての跳躍を踏切板に直行させた15mの位置にビデオ

カメラ（CASIO社製 EX-100PRO）を設置して毎秒60コマにて撮影し、メジャーを用いて全跳躍の記録を計測した。なお、7回の跳躍ならびに2回の模範跳躍は計3回の授業内にて実施した（1回の授業にて3回跳躍し、3回目の授業は記録の測定のみを行った）。なお、全ての被験者には実験の趣旨と個人情報の取り扱いについて事前に説明し、同意を得た場合のみ実験に参加してもらった。また、実験は十分なウォーミングアップを行ったのちに全力で実施した。

Table 3. Instruction of contents

インストラクション	内容
・視界の下で踏切板をみる	
・踏切時に膝を高く挙げる	
・シザースをする	
・お尻で着地をする	
・手を着かない	

- ・視界の下で踏切板をみる
- ・踏切時に膝を高く挙げる
- ・シザースをする
- ・お尻で着地をする
- ・手を着かない

3) データ処理および分析項目

得られた2次元映像は、簡易動作解析ソフトDartfish ver. 9.0（DartFish社製）を使用し、2次元実長換算法によって分析を行った。分析項目は、Figure 1に示した通りである。跳躍距離は日本陸上競技連盟公式規則に則って計測した。また、助走速度（右大転子の水平速度）、平均ストライド、ピッチ、踏切角度（踏切時における右大転子と右大転子の最大上昇位置を結んだ線分と水平線とのなす角度）、踏切速度（踏切角度の時間微分値）、踏切時間、重心上昇高（右大転子の最大鉛直位から踏切時の右大転子の鉛直位との差）、踏切脚膝関節角度、振上げ股関節角度（接地・離地）、身体の前・後傾角度（接地・離地）、踏切脚接地時の踝から踏切脚大転子の水平距離と離地時の踝から踏切脚大転子までの水平距離を算出した。また、踏切中における踏切脚の大転子と水平線とのなす角度を身体全体の回転角度として算出した。

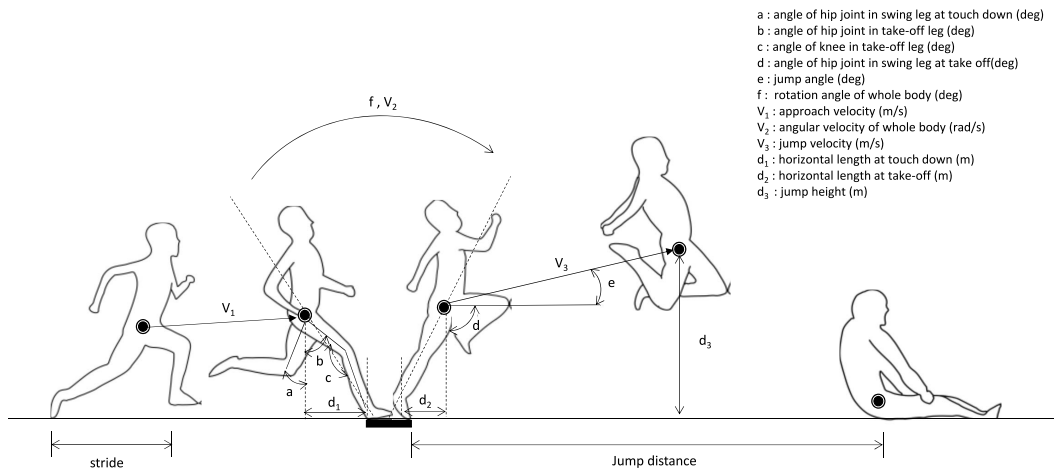


Figure 1. Definitions of jump movement

4) 統計処理

本研究は、異なる2群に与えた条件の影響によって変容した動作について運動学的に調査することを目的としたため、動作要因の関連性について2元配置分散分析を行った。有意差が認められた場合は、preとpostの跳躍には対応のあるt検定を行い、2群間差については対応のないt検定を行った。なお、本統計処理の有意水準は $\alpha=0.05$ とした。

結果

本研究は、模範跳躍（以下、視覚的教材）およびインストラクションの有無がVMT群とnVMT群の2群に対して運動技能の習得に及ぼした影響を調べるため、運動学的手法を用いて動作の変化を捉え検証した（Figure 1）。

跳躍距離は、VMT群で $3.92 \pm 0.35\text{m}$ から $4.32 \pm 0.32\text{m}$ と9.8%増加し、nVMT群は、 $3.80 \pm 0.42\text{m}$ から $4.46 \pm 0.25\text{m}$ と14.8%増加し、両群におけるpre跳躍とpost跳躍の平均値に有意な差（ $\alpha=0.05$ ）が認められた。跳躍距離を決定する因子である助走速度は、VMT群で $6.71 \pm 0.45\text{m/s}$ から $7.45 \pm 0.15\text{m/s}$ と9.9%増加したのに対してnVMT群は、 $6.88 \pm 0.60\text{m/s}$ から $7.17 \pm 0.40\text{m/s}$ と4.0%しか増加しなかった。また、両群におけるpre跳躍とpost跳躍の平均値に有意な差（ $\alpha=0.05$ ）が認められた。VMT群とnVMT群におけるpre跳躍、そしてpost跳躍間における平均値の差においてもそれぞれ有意な差（ $\alpha=0.05$ ）が認められた。踏切角度は、VMT群で $8.66 \pm 2.28\text{deg}$ から $9.84 \pm 1.34\text{deg}$ と10.0%増加したのに対してnVMT群は、 $8.60 \pm$

2.80degから $8.75 \pm 2.00\text{deg}$ と1.7%しか増加しなかった。VMT群の重心上昇高は、 $1.06 \pm 0.13\text{m}$ から $1.20 \pm 0.12\text{m}$ と11.7%上昇したのに対して、nVMT群は、 $1.02 \pm 0.12\text{m}$ から $1.11 \pm 0.08\text{m}$ と8.1%上昇し、両群におけるpre跳躍とpost跳躍の平均値に有意な差 ($\alpha=0.05$) が認められた。助走速度は両群ともに有意に上昇したことから、12mの助走における平均ストライドとピッチを調べた結果、VMT群の平均ストライドは、 $1.15 \pm 0.05\text{m}$ から $1.25 \pm 0.03\text{m}$ と8.0%上昇し、nVMT群も、 $1.12 \pm 0.08\text{m}$ から $1.22 \pm 0.02\text{m}$ と8.2%と同水準で上昇し、両群におけるpre跳躍とpost跳躍の平均値は有意な差 ($\alpha=0.05$) が認められたが、平均ピッチについては、VMT群は、 $4.23 \pm 0.11\text{step/s}$ から $4.18 \pm 0.15\text{step/s}$ と1.2%減少したが、nVMT群は、 $4.03 \pm 0.29\text{step/s}$ から $4.11 \pm 0.17\text{step/s}$ と1.9%増加した。なお、本研究における両群の踏切時間は0.17秒から0.19秒と大きな違いは認められなかった。

踏切動作における下肢の関節運動について、踏切脚および遊脚の股関節と膝関節を中心に調査した。その結果、VMT群のpre跳躍とpost跳躍で踏切時における踏切脚の膝関節角度が $153.7 \pm 7.35\text{deg}$ から $162.1 \pm 4.41\text{deg}$ と5.2%伸展し有意な差が認められた ($\alpha=0.05$)。nVMT群は、 $151.3 \pm 6.62\text{deg}$ から $154.4 \pm 5.93\text{deg}$ と2.0%伸展したのみで大きな変化は認め

Table 4. Results of this study

Analysis items	VMT			nVMT			VMT	VMT
	pre jump	post jump	rate pre vs post (%)	pre jump	post jump	rate pre vs post (%)	pre j. vs nVMT pre j.	post j. vs nVMT post j.
Jump distance (m)	3.92 ± 0.35	4.32 ± 0.32	9.3 *	3.80 ± 0.42	4.46 ± 0.25	14.8 *		
Approach velocity (m/s)	6.71 ± 0.45	7.45 ± 0.15	9.9 *	6.88 ± 0.60	7.17 ± 0.40	4.0	*	*
Jump velocity (m/s)	6.35 ± 0.52	6.80 ± 0.43	6.6 *	6.48 ± 0.67	6.80 ± 0.35	4.7		
Straide (m)	1.15 ± 0.05	1.25 ± 0.03	8.0 *	1.12 ± 0.08	1.22 ± 0.02	8.2 *		
Pitch (step/s)	4.23 ± 0.11	4.18 ± 0.15	-1.2	4.03 ± 0.29	4.11 ± 0.17	1.9		
Jump angle (deg)	8.86 ± 2.28	9.84 ± 1.34	10.0	8.60 ± 2.80	8.75 ± 2.00	1.7		
Time of take off (s)	0.19 ± 0.01	0.17 ± 0.03	-11.8	0.18 ± 0.02	0.18 ± 0.02	0.0		
Jump height of hip joint (m)	1.06 ± 0.13	1.20 ± 0.12	11.7 *	1.02 ± 0.12	1.11 ± 0.08	8.1 *		
Knee angle of take off leg (deg)	153.7 ± 7.35	162.1 ± 4.41	5.2 *	151.3 ± 6.62	154.4 ± 5.93	2.0		*
Angle of hip joint in swing leg (deg) §	24.93 ± 8.72	18.55 ± 7.18	-34.4 *	19.55 ± 6.70	20.11 ± 7.80	2.8		
Angle of hip joint in swing leg (deg) Φ	73.0 ± 10.1	67.0 ± 12.7	-9.0	69.4 ± 8.71	69.3 ± 5.71	-0.1		
Backward lean of torso (deg) §	107.8 ± 2.95	105.3 ± 3.49	-2.4	105.5 ± 4.52	106.0 ± 4.69	0.5		
Horizontal distance of ankle to hip (m) §	0.42 ± 0.04	0.35 ± 0.11	-20.0	0.39 ± 0.11	0.37 ± 0.09	-5.4		
Foreward lean of torso (deg) Φ	75.1 ± 2.46	77.2 ± 4.09	2.7	76.8 ± 2.20	76.3 ± 2.5	-0.7		
Horizontal distance of ankle to hip (m) Φ	0.42 ± 0.07	0.40 ± 0.07	-5.0	0.34 ± 0.09	0.45 ± 0.06	24.4 *		
Rotation angle of whole body during take-off (deg)	27.5 ± 2.80	29.8 ± 7.30	7.7	24.0 ± 6.40	35.9 ± 8.80	33.1 *		
Angular velocity of whole body during take-off (rad/s)	4.91 ± 0.50	6.22 ± 0.90	21.1 *	4.65 ± 0.99	7.10 ± 1.36	34.5 *		

*: $\alpha = 0.05$

§ : It means at the moment of touch down

Φ : It means at the moment of take-off

られなかった。また、踏切時の踏切脚膝関節角度について両群のpost跳躍ではVMT群のほうが有意に踏切脚の膝関節は伸展しているという結果が得られた ($\alpha=0.05$)。踏切脚接地時における遊脚側の股関節角度と踏切脚接地時の身体全体の後傾角度および水平距離、そして、踏切脚離地時の身体全体の前傾角度の平均値については、両群、pre跳躍とpost跳躍との間に統計学的な有意差は認められなかった。しかしながら、VMT群の踏切脚離地時の股関節角度では $24.93 \pm 8.72\text{deg}$ から $18.55 \pm 7.18\text{deg}$ と34.4%減少する結果となり、有意に低くなった ($\alpha=0.05$)。nVMT群 ($19.55 \pm 6.70\text{deg}$ から $20.11 \pm 7.80\text{deg}$ と2.8%増加)は膝関節の鉛直位と同程度の値であったが、VMT群は踏切時における膝関節の鉛直位が著しく小さくなるという大きな違いが認められた。踏切時における水平距離では、nVMT群は、 $0.34 \pm 0.09\text{m}$ から $0.45 \pm 0.06\text{m}$ と24.4%も増加し、平均値の差においても有意な差が認められた ($\alpha=0.05$)。また、踏切における身体全体の前方への回転速度では、 $4.91 \pm 0.50\text{rad/s}$ から $6.22 \pm 0.90\text{rad/s}$ と21.1%も増加したが、nVMT群は $4.65 \pm 0.99\text{rad/s}$ から $7.10 \pm 1.36\text{rad/s}$ と34.5%も増加した。この時の両群におけるpre跳躍とpost跳躍における平均値に有意な差が認められた ($\alpha=0.05$)。

考 察

スポーツにおける運動指導において、学習者が効率よく運動技能を習得するためには、高い実技表現力を備えた指導者による模範演技を示すことが効果的であると考えられ、特に体育教員にはその技量に関して幅広いスポーツ種目に対応する実演能力が求められてきた。しかしながら現実には、体育教員の専門領域による偏った運動技能の習得が認められ、走・跳・投・打・泳・蹴・滑など多岐にわたる運動技能に関して、模範演技を実施するほど高いレベルかつバランスよく習得することは難しい。

走幅跳に関しては、走動作、跳躍動作、着地動作などを統合するための調整力や、高い筋力と瞬発力が要求される運動種目であることから、効果的な学習効果を促す模範演技を長年にわたり実演し続けることは、年齢や走幅跳の十分な経験の有無を考慮すると極めて困難であり、この問題について、体育の授業内における具体的な解決策は未だ十分に検討されていない。

そこで本研究では、走幅跳において一流跳躍選手による模範演技と実演を伴わないインストラクションによる違いが学習者の運動技能の習得について与えた影響を調査し、上述の問題点を解決する手段として適している指導方法を検討した。その結果、模範演技を用いたVMT群の助走速度は $6.71 \pm 0.45\text{m/s}$ から $7.45 \pm 0.15\text{m/s}$ と9.9%増加し、nVMT群と比較

して有意に高く、平均ストライドも大きかった。また、VMT群の50m走タイム（手動）が 6.96 ± 0.27 m/sであったことを考えるとVMT群は高い助走速度で踏切動作に移行したことが推察される。これらの結果は、学習者が一流跳躍選手の高い助走速度などに代表される躍動感ある模範演技を他者観察することによって助走速度が増加した可能性を示唆している。しかしながら、跳躍距離はnVMT群が 4.46 ± 0.25 m、VMT群は 4.32 ± 0.32 mとnVMT群のほうが0.14mほど長く、pre、post跳躍での上昇率はnVMT群のほうが3.1%高かった。小山ら（2011）は、走幅跳の跳躍距離は踏切離地時の重心速度で大部分が決まるとしているが、厳密には、踏切離地後の跳躍角度も考慮しなければならず、踏切動作の良し悪しによって踏切角度は決まると考えられ、VMT群の低い跳躍距離は踏切動作による影響があると仮定し踏切動作を構成する下肢関節運動を中心に調査した。その結果、踏切脚における接地時の膝関節角度では、VMT群はpre跳躍とpost跳躍で比較すると有意に伸展位（ 162.1 ± 4.41 deg）を示したが、nVMT群については僅かに伸展角度が大きくなった程度であった。 9.17 ± 0.51 m/sという高い助走速度で跳躍した12名の競技者の踏切中の下肢関節に関するキネマティクスの分析結果（志賀および尾縣，2004）によると、接地時における踏切脚の膝関節角度は 169.62 度であったと報告し、本研究の結果と類似していたことから模範演技を用いたVMT群は、高い助走速度を利用した模範演技を体現しようと試みた結果、踏切脚の膝関節はより伸展したと考えられた。また、離地時の遊脚の振上げにおける股関節角度におけるpre、post間の比較に関して、有意な差は認められなかったもののVMT群は34.4%減少したのに対して、nVMT群はほとんど変わらなかった。熊野および植田（2014）は、 9.40 ± 0.41 m/sと高い助走速度を発揮した成功試技における踏切時の遊脚股関節角度はおおよそ 19 度であると報告し本研究の結果と同様であったことから、遊脚の股関節動作は妥当であったと言える。また、nVMT群のほうがVMT群と比較して股関節が屈曲位にあった。つまり、高い助走速度による踏切を行う時ほど、遊脚側の股関節の屈曲は小さくなることを示している。また、離地時では、志賀および尾縣（2004）は踏切中の遊脚における最大股関節の屈曲角度は 50.39 ± 10.73 degであったと報告し、本研究の両群の結果より屈曲位であった。吉田（2011）は、走幅跳の踏切における遊脚の膝関節を高く挙げることも踏み込むようにして下げるほうが良いとしている。また、踏切中における身体全体の回転速度は、統計的に有意ではないもののVMT群よりnVMT群のほうが高かったが、nVMT群は、pre跳躍と比較してpost跳躍で有意に身体全体の回転速度は高まった（ 7.10 ± 1.36 rad/s）。これらの結果は、高い助走速度を得て踏切に移行したVMT群は、踏切脚膝関節の伸展動作によって跳躍高を高めることで大きな跳躍距離を得ようと試みたが、身体全体の回転速度が低かったことから踏切脚の股関節によって前方への跳躍エネルギー

ギーを干渉してしまった可能性を示唆している。それとは逆にnVMT群は、助走速度は低かったものの、高い身体全体の回転速度を高くできたことで大きな跳躍距離を獲得できたと考えられた。つまり、踏切における遊脚の膝を高める動作による模範演技では、高い助走速度を伴う踏切時の身体全体を前方へ回転させる動作の習得は難しく、踏切動作の改善に効果的ではなかったことを示した。

まとめ

本研究は走幅跳に関する体育の授業で実施する模範演技が学習者の運動技能の習得に及ぼす影響を調査した。その結果、体育の授業における模範演技は、運動全体のスピード感の増加に伴う運動質感の向上を促す可能性を示したが、他者観察による視覚的情報が詳細な運動技術を浮かび上がらせ、学習者を習得の難しい技術に導いてしまう可能性を示唆した。また、模範演技がなくインストラクションのみによるコーチングであっても、体育授業における運動技能は十分に改善される可能性が考えられた。したがって、教師は模範演技をする実演力は重要なながらも科学的根拠を有した上で適切なコーチング内容を提供できる知見を得る必要性が明らかとなった。

参考文献

- 金子明友, 吉田 茂, 三木四郎 (2009) 教師のための運動学. 大修館書店.
- 金子公宥, 福永哲夫 (2006) バイオメカニクス 身体運動の科学的基礎. 杏林書院.
- 熊野陽人, 植田恭史 (2014) 走幅跳のファウル試技と有効試技における踏切準備および踏切接地動作の相違に関する一考察. コーチング学研究. 28. 1. 75-83.
- 小山宏之, 阿江通良, 藤井範久, 宮下 憲 (2011) 競技レベル別に見た走幅跳の助走 スピードの定量化-トレーニングで簡便に利用できる指標の提案-. 筑波大学体育科学系紀要. 34. 169-173.
- 志賀 充, 尾縣 貢 (2004) 走幅跳競技者の下肢筋力と踏切中のキネマティクスおよびキネティクスの関係-膝関節と股関節に着目して-. 体力科学. 53. 157-166.
- Hay, J. G., J. A. Miller, Jr (1985) Techniques used in the transition from approach to takeoff in the long jump. International Journal of Sport Biomechanics. 1, 174-184.
- 深代千之, 若山章信, 小嶋俊久, 伊藤信之, 新井健之, 飯干 明, 淵本隆文, 湯 海鵬 (1994) 走幅跳のバイオメカニクス. 世界一流競技者の技術. ベースボールマガジン社.
- 森長正樹, 安井年文, 重城 哲, 加藤弘一, 岡野雄司, 小山裕三, 澤村 博 (2003) 走幅跳の成功

- 試技と失敗試技における踏切および踏切準備動作の相違. 陸上競技研究. 52. 1. 12-21.
- 文部科学省 (2008) 中学校学習指導要領 保健体育編
- 文部科学省 (2009) 高等学校学習指導要領 体育編
- 吉田孝久 (2011) 跳躍. ベースボールマガジン社.