

ウォームアップにおける各種ストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響

山口 太一*, 石井好二郎**

I. はじめに

ウォームアップにおいてストレッチングを取り入れることはごく一般的なことである。その目的はストレッチングによる柔軟性の向上をはじめとする効果により、傷害を予防したり、より良いパフォーマンス発揮を実現したりするためである。しかしながら、パフォーマンスに対するストレッチングの効果について検討した研究においては、必ずしもストレッチングがより良いパフォーマンス発揮に繋がらないことを示している。これまでウォームアップにおけるストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響について我々は2007年¹³¹⁾および2010年¹³²⁾の2度にわたって総論を行ってきた。しかしながら、その後も我々が知るだけでも20編を超える研究論文が報告されている。そこで本稿では現時点までに発表された知見を再度まとめ直すとともに、それらに基づいてウォームアップにおいてより良いパフォーマンス発揮に繋がるような適切な方法を提言したい。さらに、今後の研究課題についても述べていきたい。

II. 各種ストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響

A. スタティック（静的）ストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響

スタティックストレッチング（方法については本特集第1章を参照のこと）がパフォーマンスに及ぼす影響については、1) 張力、トルク、最大挙上重量（one repetition maximum : 1RM）をはじめとする筋力およびパワーなどの筋機能、2) 垂直跳び高および立ち幅跳び距離などの跳躍能力、短距離走およびアジリティテストなどの走タイム、全力自転車漕ぎパワー、ならびにメデイシンボールの投擲距離などの瞬発的な能力、3) 走運動あるいは自転車漕ぎ運動における定常負荷運動時の運動効率、漸増負荷運動ないし定常負荷運動の継続時間、自己ペース走における走行距離などの持久的な能力、を指標として検討が行われている。

1. スタティックストレッチングが筋機能に及ぼす影響

1998年にKokkonen et al.⁷¹⁾が膝関節伸筋群、膝関節屈筋群、股関節内転筋群および足関節底屈筋群に対する

* 酪農学園大学食・健康スポーツ科学研究室
〒069-8501 北海道江別市文京台緑町582
E-mail: taichi@rakuno.ac.jp

** 同志社大学スポーツ健康科学部
〒610-0394 京都府京田辺市多田羅都谷1-3

表1
スタティックストレッチが筋機能に及ぼす影響について検討した研究.

出版年	著者	条件	筋群	伸張時間(計)	指標	結果	
1998	Kokkonen et al.	SS	膝伸, 股内転 膝屈, 足底屈	15秒×3 (20分)	膝伸展 1RM 膝屈曲 1RM	8.1% ↓ 7.3% ↓	
1999	Avela et al.	SS	足底屈	?秒×? (60分)	等尺性足底屈トルク	23.2% ↓	
2000	Fowles et al.	SS	足底屈	135秒×13 (33分)	等尺性足底屈トルク	28.0% ↓	
2001	Nelson et al.	SS	膝伸	30秒×4 (10分)	等尺性膝伸展トルク (90,108,126,144,162度)	162度のみ7.0% ↓ その他は変化なし	
	Nelson et al.	SS	膝伸	30秒×4 (15分)	等速性短縮性膝伸展トルク (60,90,150,210,270度/秒)	60度/秒:7.2% ↓ 90度/秒:4.5% ↓ その他は変化なし	
	Behm et al.	W-up+SS	膝伸	45秒×5 (20分)	等尺性膝伸展張力	12.2% ↓	
2003	Evetovich et al.	SS	肘屈	30秒×4 (9分)	等速性短縮性肘屈曲トルク (30,270度/秒)	平均4.6% ↓	
2004	Cramer et al.	W-up+SS	膝伸	30秒×4 (16.1分)	等速性短縮性膝伸展トルク (60,240度/秒)	60度/秒:3.3% ↓ 240度/秒:2.6% ↓	
	Power et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 足底屈	45秒×6 (18分)	等尺性膝伸展張力 等尺性足底屈張力	9.5% ↓ 変化なし	
	Behm et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 足底屈	45秒×3 (26分)	等尺性膝伸展張力	6.9% ↓	
2005	Cramer et al.	W-up+SS	膝伸	30秒×4 (16分)	等速性短縮性膝伸展トルク・ パワー (60,240度/秒)	トルク:平均3.3% ↓ パワー:変化なし	
	Weir et al.	SS	足底屈	120秒×5 (10分)	等尺性足底屈トルク	7.1% ↓	
	Knudson & Noffal	W-up+10秒 SS	掌屈	10秒	握力		30秒まで変化なし
		W-up+20秒 SS		20秒			
		W-up+30秒 SS		30秒			
		W-up+40秒 SS		40秒			
		W-up+50秒 SS		50秒			
		W-up+60秒 SS		60秒			
		W-up+70秒 SS		70秒			
		W-up+80秒 SS		80秒			
W-up+90秒 SS	90秒						
W-up+100秒 SS	100秒						
Bazett - Jones et al.	SS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈	30秒×3 (23.3分)	等尺性スクワット張力	変化なし		
Marek et al.	W-up+SS	膝伸	30秒×4 (16.9分)	等速性短縮性膝伸展トルク・ パワー (60,300度/秒)	トルク:平均2.8% ↓ パワー:平均3.2% ↓		
Yamaguchi and Ishii	SS	膝伸, 膝屈, 股伸 股屈, 足底屈	30秒×1 (8.3分)	等負荷性レッグプレスパワー	5.1% ↓		
Guissard & Reiles	W-up+SS	膝伸	?秒×? (6分)	等速性スクワット張力 (20,70cm/秒)	変化なし		
Nelson et al.	SS	膝伸, 膝屈 足底屈	15秒×3 (20分)	膝伸展 1RM 膝屈曲 1RM	5.7% ↓ 3.6% ↓		
Papadopoulos et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈	30秒×3 (4.5分)	等速性短縮性膝伸展トルク 等速性短縮性膝屈曲トルク (ともに60,180度/秒)	60度/秒:4.3% ↓ 180度/秒:4.4% ↓ 60度/秒:5.0% ↓ 180度/秒:4.3% ↓		
2006	Behm et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 足底屈	30秒×3 (24分?)	等尺性膝伸展張力 等尺性膝屈曲張力	8.2% ↓ 6.6% ↓	
	Cramer et al.	W-up+SS	膝伸	30秒×4 (21.2分)	等速性伸張性膝伸展トルク (60,180度/秒)	変化なし	
	Zakas et al.	W-up+45秒 SS W-up+5分 SS	膝伸	15秒×3 (1.5分) 15秒×20 (10分)	等速性短縮性膝伸展トルク (30,60,120,180,300度/秒)	45秒:変化なし 5分:30度/秒:5.2% ↓, 60度/秒:5.5% ↓, 120度/秒:6.2% ↓, 180度/秒:8.4% ↓, 300度/秒:12.9% ↓	
	Papadopoulos et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 足底屈	30秒×3 (25分?)	等尺性レッグプレス張力	変化なし	
	Young et al.	W-up+1分 SS W-up+2分 SS	足底屈	30秒×2 (2分) 30秒×4 (4分)	足底屈張力	変化なし	
		W-up+2分 90%SS W-up+4分 SS		30秒×4 (4分) 30秒×8 (8分)			
	Brandenburg	W-up+15秒 SS W-up+30秒 SS	膝屈	15秒×3 (2.25分) 30秒×3 (3分)	等尺性膝屈曲トルク 等速性短縮性膝屈曲トルク 等速性伸張性膝屈曲トルク (ともに120度/秒)	15秒SS:6.7% ↓ 30秒SS:6.1% ↓ 15秒SS:2.7% ↓ 30秒SS:3.3% ↓ 15秒SS:5.3% ↓ 30秒SS:5.8% ↓	
				30秒×4 (16.8分)	等速性短縮性膝伸展トルク ・パワー (60,300度/秒)	変化なし	
Yamaguchi et al.	SS	膝伸	30秒×4 (20分)	等負荷性膝伸展パワー (5,30,60%MVC 負荷)	5%:10.4% ↓ 30%:5.6% ↓ 60%:8.6% ↓		
Zakas et al.	W-up+15秒 SS×4 W-up+15秒 SS×32	膝伸	15秒×4 (2分) 15秒×32 (16分)	等速性短縮性膝伸展トルク (60,90,150,210,270度/秒)	15秒×4では変化なし 15秒×32 60度/秒:7.4% ↓ 90度/秒:5.9% ↓ 150度/秒:7.2% ↓ 210度/秒:6.5% ↓ 270度/秒:8.2% ↓		
2007	McBride et al.	W-up+SS	膝伸	33秒×3 (11.5分)	等尺性膝伸展張力 等尺性スクワット張力	7.9% ↓ 8.0% ↓	

出版年	著者	条件	筋群	伸張時間(計)	指標	結果
2007	Cramer et al.	W-up+SS	膝伸	30秒×4(20.3分)	等速性伸張性膝伸張トルク・パワー(60,180度/秒)	変化なし
	Cramer et al.	W-up+SS	膝伸	30秒×4(15.6分)	等速性短縮性膝伸張トルク(60,300度/秒)	平均3.4%↓
	Maisetti et al.	SS	足底屈	15秒×5(?分)	等尺性足底屈トルク	9.0%↓
	Alpkaya & Koceja	W-up+SS	足底屈	15秒×3(?分)	足底屈張力	変化なし
	Ogura et al.	W-up+30秒SS W-up+60秒SS	膝屈	30秒×2(2分) 60秒×1(2分)	等尺性膝屈曲トルク	変化なし 8.8%↓
2008	Siatras et al.	W-up+10秒SS W-up+20秒SS W-up+30秒SS W-up+60秒SS	膝伸	10秒×1(?分) 20秒×1(?分) 30秒×1(?分) 60秒×1(?分)	等尺性膝伸張トルク 等速性短縮性膝伸張トルク(60,180度/秒)	20秒まで変化なし、30秒:8.5%↓、60秒:16.0%↓ 60度/秒30秒:5.5%↓、60秒:11.6%↓ 180度/秒30秒:5.8%↓、60秒:10.0%↓
	McHugh & Nesse	SS	膝屈	90秒×6(約9分)	等尺性膝屈曲トルク(5,20,35,50,65,80度) 等速性短縮性膝屈曲トルク 等速性伸張性膝屈曲トルク(ともに60度/秒)	5度:6%↓、20度:8%↓、35度:7%↓、50度:5%↓、65度:11%↓、80度:17%↓ 変化なし 変化なし
	Herda et al.	SS	膝屈	30秒×4(9.2分)	等尺性膝屈曲トルク(41,61,81,101度)	81度:7.2%↓、101度:15.9%↓、それ以外は変化なし
	Torres et al.	W-up+SS	上肢、体幹	15秒×2(7分?)	30%1RM ベンチプレススロー	変化なし
	Ryan et al.	W-up+4SS W-up+8SS W-up+16SS	足底屈	30秒×4(3分) 30秒×8(6分) 30秒×16(12分)	等尺性足底屈トルク	2%↓ 5%↓ 7%↓
	Samuel et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈	30秒×3(6分?)	等速性短縮性膝伸張トルク 等速性短縮性膝屈曲トルク(ともに60度/秒)	変化なし
	Manoel et al.	W-up+SS	膝伸	30秒×3(4.3分?)	等速性短縮性膝伸張パワー(60,180度/秒)	変化なし
	Beedle et al.	W-up+SS	肩伸、肘伸、膝伸、膝屈	15秒×3(6.5分?)	ベンチプレス1RM レッグプレス1RM	変化なし
	Allison et al.	SS	膝伸、膝屈、股伸、股内転、股屈、足底屈	20秒×3(38分)	等尺性膝伸張張力	5.6%↓
	2009	Costa et al.	SS	膝屈	30秒×4(18.7分)	等速性短縮性膝伸張トルク 等速性短縮性膝屈曲トルク(ともに60,180,300度/秒)
Bacurau et al.		W-up+SS	膝伸、膝屈	30秒×3(20分)	レッグプレス1RM	13.4%↓
Winchester et al.		W-up+1×SS W-up+2×SS W-up+3×SS W-up+4×SS W-up+5×SS W-up+6×SS	膝屈	30秒×1(0.5分) 30秒×2(1.25分) 30秒×3(2分) 30秒×4(2.75分) 30秒×5(3.5分) 30秒×6(4.25分)	膝屈曲1RM	6.3%↓ 5.7%↓ 7.9%↓ 10.2%↓ 11.1%↓ 12.1%↓
Gurjão et al.		SS	膝伸、膝屈、股伸、股内転	30秒×3(20.5分?)	等尺性レッグプレス張力	7.6%↓
Torres et al.		SS	掌屈	10秒×3(1.5分?)	握力	6.7%↓
Costa et al.		SS	膝屈	30秒×4(19.3分)	等速性短縮性膝伸張トルク 等速性短縮性膝屈曲トルク(ともに60,180,300度/秒)	変化なし
2010		Fletcher & Monte-Colombo	W-up+SS	膝伸、膝屈、股伸、股内転、股屈、股外転、足底屈	15秒×1-2(6分)	等速性短縮性膝伸張トルク 等速性短縮性膝屈曲トルク(ともに30,300度/秒)
	Babault et al.	SS	足底屈	30秒×20(15分)	等尺性足底屈トルク	10.1%↓
	Winke et al.	W-up+SS	膝屈	30秒×3(6分)	等速性短縮性膝屈曲トルク 等速性伸張性膝屈曲トルク(ともに60,210度/秒)	変化なし
	Molacek et al.	W-up+20秒SS W-up+30秒SS	肩伸、肘伸	20秒×?(?分) 30秒×?(?分)	ベンチプレス1RM	変化なし
	Sekir et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈	20秒×2(6分)	等速性短縮性膝伸張トルク 等速性伸張性膝伸張トルク 等速性短縮性膝屈曲トルク 等速性伸張性膝屈曲トルク(すべて60,180度/秒)	60度/秒:7.7%↓、180度/秒:9.0%↓ 60度/秒:9.9%↓、180度/秒:9.9%↓ 60度/秒:8.0%↓、180度/秒:8.0%↓ 60度/秒:11.9%↓、180度/秒:13.9%↓
	Evetovich et al.	SS	膝伸	30秒×4(15-20分)	等速性短縮性膝伸張トルク(60,300度/秒)	平均6.0%↓
	Rossi et al.	W-up+30秒SS W-up+60秒SS	膝伸	30秒×3(4.1分) 60秒×3(8.1分)	等尺性膝伸張張力	6%↓ 9%↓
印刷中	Costa et al.	伸SS 屈SS 伸SS+屈SS	膝伸 膝屈 膝伸、膝屈	30秒×4(19.8分) 30秒×4(17.5分) 30秒×4(36.5分)	等速性短縮性膝伸張トルク 等速性短縮性膝屈曲トルク 等速性伸張性膝屈曲トルク(すべて60,180度/秒)	60度/秒伸:6.5%↓、屈:2.5%↓、伸+屈:8.5%↓ 60度/秒屈:9.2%↓、伸+屈:11.5%↓、180度/秒伸:11.0%↓、伸+屈:7.0%↓ 60度/秒伸:6.1%↓、屈:18.3%↓、伸+屈:19.0%↓、180度/秒伸:2.8%↓、屈:15.5%↓、伸+屈:12.0%↓ その他はなし

スタティックストレッチングの実施によって膝関節伸展および膝関節屈曲における1RMがそれぞれ8.1%および7.3%低下したことを示した。おそらく、この知見がはじめてスタティックストレッチングによるパフォーマンスの低下を明確にしたものであろう。これ以降、現時点まで多くの研究によって筋機能に対するスタティックストレッチングの影響が検討されてきたが、筋機能の向上を明らかにした研究はひとつもなく、スタティックストレッチングによる上肢および下肢における筋機能の低下が多数報告されている(表1)。

2. スタティックストレッチングが瞬発的な能力に及ぼす影響

筋機能に比較し、パフォーマンスの低下を示した研究の割合こそ低いが、垂直跳び高および走タイムについてもスタティックストレッチングによるパフォーマンス低下が報告されている(表2)。一方で、瞬発的な能力についてはパフォーマンスの向上効果も確認されており、McMillian et al.⁸¹⁾が上肢、体幹および下肢におけるスタティックストレッチングを含んだウォームアップによって立ち5段跳びの距離が2.8%伸びたことを示している。さらに、Little and Williams⁷⁹⁾も下肢筋群のスタティックストレッチングに専門的なウォームアップを加えることで20m走タイムが1.7%速くなったことを明らかにした。加えて、O'Conner et al.⁹³⁾は下肢筋群のスタティックストレッチングによって全力自転車漕ぎ運動におけるパワーが5%向上したことを報告している。

3. スタティックストレッチングが持久的な能力に及ぼす影響

筋機能あるいは瞬発的な能力に比べれば、持久的な能力に及ぼすスタティックストレッチングの影響について検討した研究は少ないが、筋機能に対する研究同様、パフォーマンスの向上を示した研究はなく、パフォーマンスの低下の報告が散見される(表3)。もっとも新しい知見では、Esposito et al.⁴¹⁾が下肢筋群に対するスタティックストレッチングによって、比較的高い約85% $\dot{V}O_{2max}$ 強度における自転車漕ぎ運動の疲労困憊までの運動継続時間が26.4%短縮し、運動効率が4.1%低下したことを報告している。これまでは比較的低い強度(約65%-75% $\dot{V}O_{2max}$)における持久的な能力に及ぼす効果

しか検討されてこなかったが(表3)、約85% $\dot{V}O_{2max}$ 強度は陸上競技における中長距離種目の強度にも近いことから、この結果は重要な知見と考えられる。

4. スタティックストレッチングによるパフォーマンス低下の要因

スタティックストレッチングによるパフォーマンスの低下を明らかにした研究のなかには、そのメカニズムについて探求したものもある。それら結果からメカニズムの有力な候補として挙げられているのが、力学的な(mechanical)変化および神経生理学的な(neurological)変化である。

力学的な変化については、筋や腱の弾性(stiffness)の減少により、筋の収縮力が低下したり、腱から骨への力の伝達効率下がることが示唆されている。また、筋が伸張されることにより、筋の長さ-力関係あるいは速度-力関係に変化を来し、最大の力発揮ができる最適な筋長ないし収縮速度が変化し、筋出力が減少することもパフォーマンス低下の一因と考えられている。筋および腱の弾性の低下については、超音波法、受動的トルク(passive torque)法、筋音図法(mechanomyography)により間接的に定量され、スタティックストレッチング後の筋力の低下とともに各々の変化が生じることから裏付けされている^{42, 52, 62, 77, 121)}。他方、筋の長さ-力関係については、関節角度と筋力の関係からスタティックストレッチング後に最大筋力の出現する角度が変化する^{32, 52, 129)}、あるいは、特定の関節角度における筋力が大きく低下すること^{62, 73, 80, 86)}から説明がなされている。また、筋の速度-力関係については、等速性筋活動において速度特異的にスタティックストレッチング後の筋力低下が認められること⁸⁸⁾や等負荷性(あるいは動的等外部抵抗: dynamic constant external resistance)における筋活動を用いた測定により同じ負荷において速度の低下が生じること¹³²⁾が明らかとなっている。

一方、神経生理学的な変化については、Cramer et al.³²⁾により、1) 自原性抑制(あるいは自己抑制, autogenic inhibition), 2) 機械受容器(mechanoreceptor)および侵害受容器(nociceptor)からの求心性抑制(afferent inhibition), 3) 疲労性の抑制(fatigue induced inhibition), 4) 関節における圧受容器からのフィードバック抑制(joint pressure feedback

表2

スタティックストレッチングが瞬発的な能力に及ぼす影響について検討した研究. VJ=垂直跳び, SQJ=スクワットジャンプ, DJ=ドロップジャンプ, SBJ=立ち幅跳び, MB=メディシンボール.

出版年	著者	条件	筋群	伸張時間(計)	指標	結果
2001	Knudson et al.	W-up+SS+J	膝伸, 膝屈, 足底屈	15秒×3(3.75分)	VJ速度	変化なし
	Church et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈	?秒×?(?分)	VJ高	変化なし
	Cornwell et al.	SS	膝伸, 股伸	30秒×1(5分)	SQJ高 VJ高	4.4%↓ 4.3%↓
	Young&Elliot	W-up+SS	膝伸, 股伸, 足底屈	15秒×3(10.5分)	SQJ高 DJ速度	変化なし 6.9%↓
2002	Cornwell et al.	SS	足底屈	30秒×3(6分)	SQJ高 VJ高	変化なし 7.4%↓
2003	Young&Behm	SS① ジョグ+SS② ジョグ+SS+J③	膝伸, 足底屈 膝伸, 足底屈 膝伸, 足底屈	30秒×1(4分) 30秒×1(4分) 30秒×1(4分)	SQJ高 DJ高	③>①=② ③>①, ①=②, ②=③
	McNeal&Sands	W-up+SS	膝屈, 足底屈	30秒×1(2分?)	DJ滞空時間	9.6%↓
	Koch et al.	SS W-up	膝伸, 膝屈	10秒×?(8分)	SBJ距離	変化なし
	Siatras et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 足底屈, 足背屈	30秒×2(4分?)	20m走速度	3.8%↓
2004	Power et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 足底屈	45秒×6(18分)	SQJ高 DJ高	変化なし
	Fletcher&Jones	W-up+active SS W-up+passive SS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転, 足底屈	20秒×?(?分) 20秒×?(?分)	20m走タイム	1.5%↓ 1.2%↓
2005	Unick et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 足底屈	15秒×3(12.25分?)	VJ高 DJ高	変化なし
	Nelson et al.	W-up+両脚SS	膝伸, 膝屈, 足底屈	30秒×4(16-20分)	20m走タイム	1.3%↓
		W-up+前脚SS	膝伸, 膝屈, 足底屈	30秒×4(8-10分)		1.3%↓
		W-up+後脚SS	膝伸, 膝屈, 足底屈	30秒×4(8-10分)		1.6%↓
	Burkett et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 股伸, 足底屈	20秒×?(4.6分?)	VJ高	変化なし
Wallmann et al.	W-up+SS	足底屈	30秒×3(1.5分)	VJ高	5.6%↓	
Guissard&Reiles	W-up+SS	膝伸	?秒×?(6分)	SQJ高 VJ高	変化なし	
2006	Behm et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 足底屈	30秒×3(24分?)	VJ高 DJ高	5.7%↓ 変化なし
	O'Conner et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	10秒×2(15分以上)	自転車パワー	5%↑
	Little&Williams	W-up+SS+W-up	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転, 足底屈	30秒×1(6.3分)	VJ高	変化なし
					10m走タイム 20m走タイム 転換走タイム	1.7%↑ 変化なし
	McMillian et al.	SS W-up	上肢, 膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈, 体幹	20-30秒×1(10分)	5段跳び距離 T字走タイム MB投擲距離	2.8%↑ 変化なし 変化なし
	Young et al.	W-up+1分SS	足底屈	30秒×2(2分)	DJ高	変化なし
		W-up+2分SS	足底屈	30秒×4(4分)		
W-up+2分90%SS W-up+4分SS		足底屈 足底屈	30秒×4(4分) 30秒×8(8分)			
Woolstenhulme et al.	W-up+SS	足膝伸, 膝屈, 足底屈	30秒×2(8分)	VJ高	変化なし	
Duncan&Woodfield	SS W-up	膝伸, 膝屈, 足底屈, 足背屈	10秒×2(5分)	VJ高	7.0%↓	
2007	Bradley et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 足底屈	30秒×4(10分)	SQJ高 VJ高	平均4.0%↓
	Brandenburg et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 足底屈	30秒×3(9分)	VJ高	変化なし
	Behm&Kibele	W-up+100%SS①	膝伸, 膝屈, 足底屈 膝伸, 膝屈, 足底屈 膝伸, 膝屈, 足底屈	30秒×4(20分?)	SQJ高 VJ高	2.4%↓, 3.7%↓, 5.3%↓ 4.2%↓, 3.9%↓, 2.8%↓
		W-up+75%SS②		30秒×4(20分?)	短時間VJ高 長時間VJ高	4.4%↓, 5.4%↓, 4.0%↓ 5.8%↓, 3.0%↓, 8.0%↓
		W-up+50%SS③		30秒×4(20分?)	DJ高	3.8%↓, 6.1%↓, 6.1%↓ すべて①, ②, ③の順.
Vetter	W-up+SS① W-up+SS+W-up②	膝伸, 膝屈, 足底屈 膝伸, 膝屈, 足底屈	30秒×2(4分) 30秒×2(4分)	VJ高 30m走タイム	①:1.2%↓, ②は変化なし 変化なし	
2008	Winchester et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 股伸, 足底屈	30秒×3(10分)	40m走タイム	1.8%↓
	Holt & Lambo urne	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	5秒×3(?分)	VJ高	↓
	Robbins& Scheuermann	W-up+SS×2①	膝伸, 膝屈, 足底屈 膝伸, 膝屈, 足底屈 膝伸, 膝屈, 足底屈	15秒×2(3.75分?)	VJ高	③:3.3%↓ ①, ②は変化なし
		W-up+SS×4②		15秒×4(8.75分?)		
		W-up+SS×6③		15秒×6(13.75分?)		
	Wallmann et al.	W-up+SS	足底屈	30秒×3(3分)	VJ高	変化なし
	Cè et al.	SS	膝伸, 膝屈, 股屈, 足底屈 膝伸, 膝屈, 股屈, 足底屈 膝伸, 膝屈, 股屈, 足底屈	30秒×4(8分)	SQJ滞空時間 VJ滞空時間	変化なし
		active W-up+SS		30秒×4(8分)		
passive W-up+SS		30秒×4(8分)				
Torres et al.	W-up+SS	上肢, 体幹	15秒×2(7分?)	MB投擲距離	変化なし	
Sayers et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 足底屈	30秒×3(12-15分)	30m走タイム	2.1%↓	
Samuel et al.	W-up+SS	膝伸, 膝屈	30秒×3(6分?)	VJ高・パワー	パワー:3.4%↓, VJ高なし	
Arabaci	W-up+SS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転, 足底屈	20秒×3(約15分)	VJ高 30走タイム 反応時間	3.0%↓ 1.8%↓ 16.3%↓	
Allison et al.	SS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転, 足底屈	40秒×3(38分)	VJ高	5.5%↓	

出版年	著者	条件	筋群	伸張時間(計)	指標	結果
2009	Pearce et al.	SS+W-up	膝伸、膝屈、股伸、股屈、足底屈	30秒×2(12-15分)	VJ高	12.5%↓
	Beckett et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、股屈、股内転、足底屈	20秒×1(4分)	20m 走タイム 方向転換走タイム (ともに6本×3)	20m 走タイムの 2セット目:1.4%↓ その他は変化なし
	González-Ravè et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、足底屈	15秒×3(3.75分?)	SQJ高 VJ高	変化なし
	Hough et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、股伸、股屈、足底屈	30秒×1(7分)	VJ高	4.2%↓
	Favero et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、股伸、足底屈	45秒×2(12分)	40m 走タイム	変化なし
	Curry et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、股伸、股屈、足底屈	12秒×3(10分)	VJ高	変化なし
	Handrakis et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、股伸、足底屈、体幹	30秒×3(10分)	6m ホップタイム クロスオーバーホップ距離 3段ホップ距離 1段ホップ距離 SBJ距離	変化なし
2010	Dalymple et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、股伸、足底屈	15秒×3(8分)	VJ高	変化なし
	Fletcher&Monte-Colombo	W-up+SS	膝伸、膝屈、股内転、股外転、股伸、足底屈	15秒×1-2(6分)	VJ高 DJ高	3.4%↓ 4.9%↓
	La Torre	W-up+SS	膝伸、足底屈	30秒×4(10分)	SQJ高(膝関節 50,70,90,110度)	50度のみ:20.8%↓ その他は変化なし
	Gelen	W-up+SS	膝伸、膝屈、股内転、股回旋、足底屈	20秒×2(10分)	30m 走タイム 30m ドリブルタイム PK ボール速度	8.5%↓ 4.1%↓ 2.1%↓
	Di Cagno et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、足底屈	30秒×3(10分)	SQJ 滞空時間 VJ 滞空時間 ホップ滞空時間 リープJ滞空時間	変化なし 変化なし 変化なし 平均6.6%↓
	Chaouachi et al.	W-up+SS W-up+90%SS	膝伸、膝屈、股伸、股内転、足底屈	30秒×2(10分) 30秒×2(10分)	30 走タイム アジリティタイム 5 段跳び距離	変化なし
	Fletcher& Monte-Colombo	W-up+SS	膝伸、膝屈、股内転、股外転、股伸、股屈、足底屈	15秒×2(6分)	VJ高 20m 走タイム アジリティタイム	4.1%↓ 2.0%↓ 1.3%↓
	Kistler et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、足底屈	30秒×4(?分)	100m 走タイム	変化なし
	Amiri-Khorasani et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、股内転、股外転、股伸、足底屈	30秒×1(?分)	イリノイアジリティ タイム	5.1%↓
	Tsolakis et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、足底屈	20秒×3(分)	SQJ高 VJ高 DJ高 ランジタイム・パワー 往復走タイム	変化なし
	Galdino et al.	W-up+SS W-up+強SS	膝屈、股屈、足底屈	10秒×?(10分)	VJ高	3.7%↓ 7.0%↓
	Murphy et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、股伸、股屈、足底屈、上肢	20秒×1(約12分)	VJ高	変化なし
	2011	Perrier et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、股屈、背部 股内転、股外転、足底屈	30秒×2(14.8分)	VJ高 反応時間

表3
スタティックストレッチが持久的な能力に及ぼす影響について検討した研究.

出版年	著者	条件	筋群	伸張時間(計)	指標	結果
2007	Hayes & Walker	W-up+SS W-up+段階的SS	膝伸、膝屈、股伸、股屈、足底屈	30秒×?(?分) 30秒×?(?分)	約75%VO _{2max} の走経済性	変化なし
2008	Allison et al.	SS	膝伸、膝屈、股伸、股屈、股内転、足底屈	40秒×3(38分)	約70%VO _{2max} の走経済性	変化なし
2010	Samogin Lopes et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、股内転、股外転	30秒×3(30分)	自転車漕ぎ漸増負荷試験 疲労困憊までの時間 最大酸素摂取量までの時間	変化なし 4.3%↓
	Wilson et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、股伸、股屈	30秒×4(16分)	約65%VO _{2max} の走経済性 30分の自己ペース走距離	4.9%↓ 3.4%↓
2011	Mojock et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、股伸、股屈、足底屈	?秒×4(18分)	約65%VO _{2max} の走経済性 30分の自己ペース走距離	変化なし 変化なし
印刷中	Esposito et al.	W-up+SS	膝伸、膝屈、股伸、足底屈	45秒×?(30分)	約85%VO _{2max} の走運動 疲労困憊までの時間 走経済性	26.4%↓ 4.1%↓

inhibition), 5) 伸張反射による抑制 (stretch reflex inhibition), 高次中枢の疲労性の抑制 (supraspinal fatigue-induced inhibition) などがパフォーマンスの低下に関わっていることが示唆されている。これらは筋電図法^{7, 14, 26, 30, 34, 52, 64, 77, 79, 107, 121}、随意筋活動中に電気刺激

を入れ不随意筋活動を起こさせる方法 (interpolated twitch technique)^{14, 52, 100} によって導出された筋活動水準の低下と筋力あるいは垂直跳び高の低下が同時に起こることから説明がなされている。

5. スタティックストレッチングの効果を検討した研究の問題点とそれらを解決するために行われた研究

1) ひとつの筋群に対する伸張時間について

上述の通り、スタティックストレッチングによる各種パフォーマンスの低下を報告した研究が多いが、初期の研究ほどひとつの筋群に対する伸張時間が長い傾向にあり、長いものでは60分に達するもの⁶⁾もあった(表1から表3)。スポーツ現場におけるスタティックストレッチングのひとつの筋群に対する伸張時間については、20秒以下を用いる場合の割合が73%と、20秒より長いストレッチングを利用する割合を大きく上回るとした報告³⁸⁾がある他、平均伸張時間は20秒以下であることが幾つか報告されている¹⁵⁾。これらの報告やスポーツ現場からの指摘を受け、近年ではスポーツ現場で利用されているような伸張時間のスタティックストレッチングを用いた研究も行われるようになってきており、なかには伸張時間について幾つかの条件を設定し、その影響を比較検討した研究もある。

例えば、Knudson and Noffal⁶⁸⁾は掌屈にかかわる前腕筋群に10秒から100秒まで10秒刻みでスタティックストレッチングを行った後に握力を測定し、40秒以上で握力が低下したことを報告している。また、Ogura et al.⁹⁵⁾は膝関節屈筋群を対象に60秒のスタティックストレッチングを実施した場合では等尺性膝関節屈曲筋力が低下したものの、30秒では低下しなかったことを報告している。一方で、Siatras et al.¹⁰⁹⁾は膝関節伸筋群に対する10, 20, 30および60秒のスタティックストレッチングを実施した場合において等尺性および60, 180度/秒の等速性短縮性膝関節伸展トルクに及ぼす影響を比較し、30および60秒ではトルクの低下がみられたものの、20秒以下ではトルクの低下は認められなかったことを報告している。また、Winchester et al.¹²³⁾は膝関節屈曲群を対象に30秒のスタティックストレッチングを1セット実施した場合でも膝関節屈曲における1RMが低下し、セット数を2セットから6セットへと増やすことで1RMが漸減したことを報告している。

ここで重要なのは、スタティックストレッチングによるパフォーマンスの低下の要因と考えられている力学的な変化あるいは神経生理学的な変化はそれぞれ45秒あるいは30秒のスタティックストレッチング中には生じることが明らかになっているものの、ストレッチング直

後には各々の変化が消失することが報告されていることである^{58, 74)}。つまり、メカニズムから考えれば、ひとつの筋群に対するスタティックストレッチングの伸張時間が30秒ではパフォーマンスを低下させる可能性は低いと考えたい。しかしながら、表1および表2におけるひとつの筋群に対する伸張時間(伸張時間×セット数)をもとに、30秒未満、30秒および30秒より長い場合のように3条件に分類し、各々が何れかのパフォーマンスを低下させた割合を算出すると、30秒未満では4/13(30.7%)、30秒では11/19(57.9%)、30秒より長い場合では79/122(64.8%)となり、30秒の伸張時間を用いた検討においても半数以上がパフォーマンスを低下させたことを示していることになる。したがって、このような結果が示されている以上、我々はより良いパフォーマンス発揮のために例えば30秒の伸張時間であってもスタティックストレッチングを利用することを推奨することはできない。同様の見解はBehm and Chaouachiの最近のレビュー¹⁵⁾でも述べられており、統計処理によって導き出されたパフォーマンスの低下を引き起こすスタティックストレッチングの伸張時間は90秒以上であったが、ウォームアップにおける伸張時間については実際にスポーツ現場で用いられている時間も考慮し、30秒以下を推奨している。一方で、Kay and Blazevich⁶⁶⁾は、45秒以下の伸張時間を推奨している。

2) スタティックストレッチング後に専門的なウォームアップを加えることについて

スポーツ現場では一般にストレッチングの後にそれぞれの競技に特化した専門的なウォームアップを取り入れている。しかしながら、先行研究の多くはスタティックストレッチング直後あるいは休息を置いて専門的なウォームアップを取り入れずにパフォーマンスの評価をしている(表1から表3)。一方、スタティックストレッチング後にウォームアップを取り入れた手順を採用した研究では、スタティックストレッチングによるパフォーマンスの低下の影響がウォームアップを行っても残存した知見⁹⁸⁾もあれば、低下の影響をウォームアップの効果によって相殺したもの^{118, 135)}もある。さらには低下の影響をウォームアップの効果が上回り、パフォーマンスを改善させた上述のMcMillan et al.⁸¹⁾あるいはLittle and Williams⁷³⁾のような結果まである。これらの相違には前

述のスタティックストレッチングのひとつの筋群に対する伸張時間やパフォーマンスの指標の違いなどの影響があると考えられるが、未だ研究自体の数が少なく、更なる検討が必要であると思われる。

6. スタティックストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響のまとめ

筋機能、瞬発的な能力および持久的な能力の他に、反応時間^{2, 5, 12, 99)}、筋持久力^{55, 90)}、およびバランス能力^{27, 60)}へのスタティックストレッチングの影響も検討されている。このうち反応時間および筋持久力についてはスタティックストレッチングによって低下したことを示した研究^{5, 12, 90)}がある一方、バランス能力については改善効果が認められている^{27, 60)}。しかしながら、上述のようにスタティックストレッチング後に一般的にスポーツ現場で実施されているような専門的なウォームアップを加えることでパフォーマンスが改善した例^{73, 81)}は明らかにされているものの、スポーツ現場で利用されているようなひとつの筋群に対する伸張時間である20秒以下のスタティックストレッチングを用いてパフォーマンスの改善効果を明らかにした研究はただひとつ⁹³⁾に限られている。このことから、スタティックストレッチングがウォームアップにおいてより良いパフォーマンス発揮のためのストレッチングとして有効かと問われると否定せざるを得ない。

B. バリステックストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響

バリステックストレッチングは反動あるいは勢いをつけて関節可動域内ないしそれを越えるところまで筋および腱を伸張させる方法である。バリステックストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響についても筋機能および瞬発的な能力を指標に検討がなされている(表4)。Nelson and Kokkonen⁸⁹⁾は膝関節伸筋群、膝関節屈筋群、股関節内転筋群および足関節底屈筋群に対するバリステックストレッチングによって、膝関節伸展および膝関節屈曲における1RMがそれぞれ5.6%および7.5%低下したことを報告している。彼らのグループでは上述のスタティックストレッチングについての研究⁷¹⁾も同じ実験手順で実施しており、バリステックストレッチングにおいても筋力の低下とともに長座体前屈により測定した柔軟性の改善が確認されたことから、バリステックストレッチングもまたスタティックストレッチング同様、力学的な変化を引き起こし、それが筋力の低下に繋がっているのではないかと推察している。さらに、バリステックストレッチングにより生じる伸張反射に由来する抑制も筋力低下に関与している可能性を述べている。一方で、バリステックストレッチングに関しては、彼らの研究の他は、Samuel et al.¹⁰⁴⁾が膝関節伸筋群および膝関節屈曲筋群に対するバリステックストレッチングによって垂直跳びにおけるパワーが2.4%低下したことを示した他はパフォーマンスの低下を明らかにした研究はない。しかしながら、バリステックスト

表4

バリステックストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響について検討した研究。VJ=垂直跳び、DJ=ドロップジャンプ、SQJ=スクワットジャンプ。

出版年	著者	条件	筋群	伸張時間(計)	指標	結果
2001	Nelson & Kokkonen	BS	膝伸、股内転 膝屈、足底屈	15秒×6(20分)	膝伸展 1RM 膝屈曲 1RM	5.6%↓ 7.5%↓
2005	Unick et al.	W-up+BS	膝伸、膝屈、足底屈	15秒×3(12.25分?)	VJ 高 DJ 高	変化なし
2006	Woolstenhulme et al.	W-up+BS	膝伸、膝屈、足底屈	30秒×2(8分)	VJ 高	変化なし
2007	Bradley et al.	W-up+BS	膝伸、膝屈、足底屈	30秒×4(10分)	SQJ 高 VJ 高	変化なし
2008	Samuel et al.	W-up+BS	膝伸、膝屈	30秒×3(6分?)	VJ 高・パワー 等速性短縮性膝伸展トルク 等速性短縮性膝屈曲トルク (ともに60度/秒)	VJ パワー: 2.4%↓ その他は変化なし
	Jaggers et al.	W-up+BS	膝伸、膝屈、股伸、 股屈、股内転	30秒×2(?分)	VJ 高・張力・パワー	変化なし
2009	Bacurau et al.	W-up+BS	膝伸、膝屈	30秒×2(20分)	レッグプレス 1RM	変化なし
2010	Tsolakis et al.	W-up+BS	膝伸、膝屈、足底屈	20秒×3(分)	SQJ 高 VJ 高 DJ 高 ランジタイム・パワー 往復走タイム	変化なし

レッチングがパフォーマンスを向上させたことを明らかにした研究がないことに加え、研究数自体も限られていることから、ウォームアップにおけるパフォーマンス向上のための手段としてのバリスティックストレッチングの利用も推奨には至らない。

C. PNFを用いたストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響

PNFを用いたストレッチング（第1章を参照のこと）がパフォーマンスに及ぼす影響についても、筋機能および瞬発的な能力に対する検討が行われ、その半数を越える研究でパフォーマンスの低下が確認されている（表5）。Marek et al.⁷⁾は膝関節伸筋群におけるPNFを用いたストレッチング（ホールドリラックス）によって、60度/秒および300度/秒における等速性短縮性膝関節伸展トルクおよびパワーがそれぞれ（2つの速度の平均で）2.8%および3.2%低下し、その程度は同筋群に対しスタティックストレッチングを実施した場合と変わらなかったことを示した。さらに彼らは膝関節伸展時の大腿四頭筋群における筋電図振幅量を測定し、その減少を確認することで、PNFを用いたストレッチングについても神経生理学的なメカニズムがパフォーマンス低下に関与していることを示唆した。

一方、興味深い知見として、Church et al.²⁴⁾はウォー

ムアップのみの条件およびウォームアップに膝関節伸筋群および膝関節屈筋群にスタティックストレッチングを取り入れた条件に比べ、同筋群にPNFを用いたストレッチングを取り入れた条件で垂直跳び高が低値を示すことを報告した。すなわち、スタティックストレッチングでは確認されなかった瞬発的な能力の低下がPNFを用いたストレッチングによって認められたのである。この他にもPNFを用いたストレッチングがスタティックストレッチングよりも垂直跳び高¹⁷⁾あるいは筋持久力⁵⁹⁾を大きく低下させたことも明らかにされている。もともとPNFを用いたストレッチングはスタティックストレッチングあるいはバリスティックストレッチングにより柔軟性の改善効果が高いとされ、その効果はスタティックストレッチングを上回る自原性抑制ならびに相反性抑制（reciprocal inhibition）の影響に起因するものとされる。つまり、理論通りにPNFを用いたストレッチングが大きな自原性抑制を引き起こすのであれば、スタティックストレッチングよりもパフォーマンスを低下させてもおかしくないのかもしれない。何れにせよ、PNFを用いたストレッチングについても、スタティックストレッチングあるいはバリスティックストレッチング同様、パフォーマンスを改善させた報告はなく、ウォームアップにおけるより良いパフォーマンス発揮のためのストレッチングとして薦めることはできない。

表5

PNFを用いたストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響について検討した研究。VJ＝垂直跳び、SQJ＝スクワットジャンプ、DJ＝ドロップジャンプ。

出版年	著者	条件	筋群	伸張時間(計)	指標	結果
2001	Church et al.	W-up+PS	膝伸, 膝屈	10秒収縮-10秒弛緩×3(?分)	VJ高	3.0%↓
	Young & Elliott	W-up+PS	膝伸, 膝屈, 足底屈	5秒収縮-15秒弛緩×3(12分)	SQJ高 DJ高	変化なし
2005	Marek et al.	W-up+PS	膝伸	5秒収縮-30秒弛緩×4(16.9分)	等速性短縮性膝伸展トルク・パワー(60,300度/秒)	平均2.8%↓ 平均3.2%↓
	Guissard & Reiles	W-up+PS	膝伸	?秒収縮-?秒弛緩×?(6分)	等速性スクワット張力(20,70cm/秒) SQJ高 VJ高	変化なし
2007	Bradley et al.	W-up+PS	膝伸, 膝屈, 足底屈	5秒収縮-25秒弛緩×4(10分)	SQJ高 VJ高	平均5.1%↓
2008	Manoel et al.	W-up+PS	膝伸	5秒収縮-15秒弛緩×2(3.3分?)	等速性短縮性膝伸展パワー(60,180度/秒)	変化なし
	Christensen & Nordstrom	W-up+PS	膝伸, 股内転, 膝屈, 足底屈	2秒収縮-5秒弛緩×?(?分)	VJ高	変化なし
2010	Babault et al.	W-up+PS	足底屈	6秒収縮-24秒弛緩×20(15分)	等尺性足底屈トルク	6.7%↓
	Molacek et al.	W-up+2PS W-up+5PS	上肢	5秒収縮-10秒弛緩×2(?分) 5秒収縮-10秒弛緩×5(?分)	ベンチプレス1RM	変化なし
	Nogueira et al.	W-up+PS	膝伸, 膝屈, 足底屈	5秒収縮-30秒弛緩×4(10分)	VJ高	4.6%↓
2011	Gomes et al.	W-up+PS	上肢, 膝伸	6秒収縮-30秒弛緩×3(?分)	ベンチプレス回復回数 膝伸展回復回数(ともに40,60,80%1RM)	40%: 変化なし 60%: 20.5%↓ 80%: 28.6%↓ 40%: 20.1%↓ 60%: 27.2%↓ 80%: 35.7%↓

D. ダイナミック（動的）ストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響

ダイナミックストレッチングはターゲットとなる筋群の拮抗筋群を意識的に収縮させ、関節の伸展および屈曲、あるいは回旋等を行うことでターゲットとなる筋群において相反性抑制を生じさせ、筋および腱を伸張させる方法である。また、実際のスポーツや身体活動に含まれる動作をシミュレートして意識的に行うことでその動作に関わる動的な柔軟性（動きの滑らかさあるいは素早さ）を改善させる方法でもある。このダイナミックストレッチングについても筋機能、瞬発的な能力および持久的な能力に及ぼす影響が検討されているが、今までの3つの手法とは異なり、ダイナミックストレッチングによる筋機能（主にパワー）、跳躍能力、走タイムおよび投擲距離などの各種瞬発的な能力の向上が確認されている（表6）。さらに特筆すべきは、ダイナミックストレッチングによるパフォーマンス改善効果が認められなかったという報告はあるものの、他のストレッチングの影響で確認されたようなパフォーマンスの低下を示した研究が皆無なことである。一方、ダイナミックストレッチングが筋力に及ぼす影響については、5編^{11, 51, 62, 97, 107}中2編^{97, 107}が筋力を向上させたことを示したのみで上記の瞬発的な能力に比べれば向上効果を報告した研究の割合は低い。また、持久的な能力に対するダイナミックストレッチングの効果についてはただひとつの研究⁶¹において検討されているのみで、下肢筋群に対するダイナミックストレッチングを実施しても約75% $\dot{V}O_{2max}$ の強度における走経済性は改善しなかったことが示されている。したがって、ダイナミックストレッチングが筋力あるいは持久的な能力に及ぼす影響については現在のところ検討数が少ないこともあり、結論を出すのは時期尚早であろう。以上のことから、瞬発的な能力が必要とされるスポーツや身体活動前のウォームアップにおいては、ダイナミックストレッチングがより良いパフォーマンス発揮のために有効であると言える。

また、最近ではダイナミックストレッチングにおける適切な方法についての検討も行われるようになってきた。Fletcher⁴⁷は下肢筋群における50回/分の低速および100回/分の高速のダイナミックストレッチングを用いて垂直跳び高に及ぼす影響を比較し、高速なダイナミックストレッチングがよりパフォーマンス向上に有効

であったことを明らかにしている。また、股関節屈筋群を対象に10回から50回まで10回刻みでダイナミックストレッチングを実施した後に300度/秒における等速性短縮性股関節屈曲トルクを測定し、20回実施した場合でトルクがもっとも高値を示したことを明らかにした報告もある⁹⁴。加えて、最新の研究¹¹⁵では、ダイナミックストレッチング後における垂直跳びのピークパフォーマンスはダイナミックストレッチング後5.3分に出現したことも明らかにされており、本運動前にダイナミックストレッチングを実施すべきタイミングも示唆できるようになってきた。

一方、ダイナミックストレッチングがパフォーマンスを向上させるメカニズムについては明確になっているとは言いが、身体を動かしながら実施するため体温を上昇させることや予め実際の運動で利用される筋群を活動させることから当該筋群の活動水準を高める、いわゆる活動後増強（postactivation potentiation：PAP）が生じることの他、動的な柔軟性が高まることなどが関与すると推察されている。体温については、Fletcher and Monte-Colombo⁵¹がダイナミックストレッチングの実施により鼓膜温が0.23度上昇し、ウォームアップのみを実施した場合の上昇量よりも0.18度高かったことを報告している。また、筋の活動水準については、ダイナミックストレッチングを実施した筋群におけるパフォーマンス発揮時の筋電図活動水準の亢進が確認されている^{47, 51, 62, 64, 107}。さらに、動的な柔軟性に関しては、ダイナミックストレッチング後にキック動作における角速度が向上したことが報告されている³。

E. スタティックストレッチングとダイナミックストレッチングを組み合わせた手順の効果

スポーツ現場ではスタティックストレッチングとダイナミックストレッチングを併用することも多い。これはスタティックストレッチングに基本的な柔軟性の獲得やコンディションチェックの目的があるからである。実際に、幾つかの研究においてスタティックストレッチングとダイナミックストレッチングを組み合わせた手順がパフォーマンスに及ぼす影響について検討されている（表7）。ただし、スタティックストレッチング後にダイナミックストレッチングを行った場合の影響についても、スタティックストレッチングのひとつの筋群への伸張時

表6

ダイナミックストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響について検討した研究。VJ=垂直跳び、MB=メ
ディシンボール、DJ=ドロップジャンプ、SQJ=スクワットジャンプ、PK=ペナルティキック。

出版年	著者	条件	筋群	伸張時間(計)	指標	結果
2003	Siatras et al.	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 足底屈, 足背屈	? 秒×? (4分?)	20m 走速度	変化なし
2004	Fletcher & Jones	W-up+SDS① W-up+ADS②	膝伸, 膝屈, 股内転, 股伸, 股屈, 足底屈	その場で20回×? (?分) 動いて20回×? (?分)	20m 走タイム	①: 変化なし ②: 1.9%↑
2005	Faigenbaum et al.	DS① DS+3DJ② SS③	膝伸, 膝屈, 股内転, 股伸, 股屈, 足底屈	13m区間×2 (10分) 13m区間×2 (10分) 15秒×1-2 (5分)	VJ 高 立ち幅跳び距離 シャトルランタイム	①=②>③, ①:5.8%↑, ②:6.5%↑ ②>③, ②:1.9% ①=②>③, ①:1.8%↑, ②:2.7%↑
	Yamaguchi & Ishii	DS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	30 秒 (15回) ×1 (8.3分)	等負荷性レッグプレス パワー (自体重負荷)	13.3%↑
	Papadopouloset al.	W-up+DS	膝伸, 膝屈	15 秒 (15回) ×6 (4.5分)	等速性短縮性膝伸屈トルク 等速性短縮性膝屈曲トルク (ともに 60,180 度/秒)	変化なし
2006	Faigenbaum et al.	W-up+DS W-up+SS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股外転, 足底屈, 体幹, 上肢	10yd区間×2 (10分) 30秒×1-2 (10分)	VJ 高 10 ヤード走タイム シャトルランタイム MB トス投擲距離	DS>SS: 3.6%↑ DS>SS: 2.5%↑ 差なし DS>SS: 2.3%↑
	Little & Williams	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈	30秒×1 (6.3分)	VJ 高 10m 走タイム 20m 走タイム 転換走タイム	変化なし 2.1%↑ 1.7%↑ 1.2%↑
	McMillian et al.	DS W-up	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈, 上肢, 体幹	10 回 or 20-25m区間×1 (10分)	5 段跳び距離 T 字走タイム MB 投擲距離	5.8%↑ 2.2%↑ 3.4%↑
	Duncan & Woodfield	DS W-up	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈,	12m区間×2 (10分)	VJ 高	2.9%↑
2007	Vetter	W-up+DS W-up+DS+W-up	膝伸, 膝屈, 足底屈	8回×? (6.4分?) 8回×? (6.4分?)	VJ 高 30m 走タイム	変化なし
	Yamaguchi et al.	DS	膝伸, 膝屈	30 秒 (15回) ×2 (8分)	等負荷性膝伸屈パワー (5,30,60%MVC 負荷)	5%: 8.9%↑, 30%: 6.0%↑, 60%: 8.1%↑
	Hayes & Walker	DS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	30秒×2 (?分)	約 75%VO _{2max} 強度の 走経済性	変化なし
2008	Holt & Lambourne	W-up+DS W-up+柔軟性 DS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	10 回 or 10yd×? (?分) 10回×? (?分)	VJ 高	変化なし
	Herda et al.	DS	膝屈	30 秒 (12-15回) ×4 (9.1 分)	等尺性膝関節屈曲トルク (41,61,81,101 度)	変化なし
	Torres et al.	W-up+DS	上肢, 体幹	30回×2 (?分)	30%1RM ベンチプレススロー MB 投擲距離	変化なし
	Manoel et al.	W-up+DS	膝伸	30秒×3 (?分)	等速性短縮性膝伸屈パワー (60,180 度/秒)	60 度/秒: 8.9%↑ 180 度/秒: 6.3%↑
	Christensen & Nordstrom	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 股内転, 足底屈	5回×3 (?分)	VJ 高	変化なし
	Beedle et al.	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 上肢	30 秒(15回)×3(7.3 分?)	ベンチプレス 1RM レッグプレス 1RM	変化なし
	Jaggers et al.	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転	15回×2 (?分)	VJ 高・張力・パワー	パワー: 4.0%↑, その他は変化なし
2009	Pearce et al.	DS+W-up	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	10 回 or 10m区間×1-2 (12-15 分)	VJ 高	7.2%↑
	Hough et al.	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	30 秒 (15回) ×1 (7分)	VJ 高	4.9%↑
	Curry et al.	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	10回×2 (10分)	VJ 高	変化なし
	Taylor et al.	W-up+DS W-up+SS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転, 足底屈, 上肢, 体幹	? 秒×1-4 (約 15分) 30秒×1-2 (15分)	VJ 高 20m 走タイム	DS>SS: 4.4%↑ DS>SS: 1.4%↑
	Needham et al.	W-up+DS W-up+SS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転, 足底屈	20yd区間×2 (10分) 15秒×2 (10分)	VJ 高 10m 走タイム 20m 走タイム	DS>SS: 4.7%↑ DS>SS: 2.2%↑ DS>SS: 1.0%↑
2010	Dairymple et al.	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 股伸, 足底屈	18m区間×2 (8分)	VJ 高	変化なし
	Fletcher	W-up+遅 DS① W-up+速 DS②	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈	10 回 (50 回/分) ×2 (?分) 10 回 (100 回/分) ×2 (?分)	VJ 高 DJ 高 SQJ 高	②:4.9%↑, ①:なし ②:9.4%↑, ①:3.6%↑ ②:5.6%↑, ①:3.6%↑ すべてで②>①
	Fletcher & Monte -Colombo	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転, 股外転, 足底屈	12回×2 (6分)	VJ 高 DJ 高 等速性短縮性膝伸屈トルク 等速性短縮性膝屈曲トルク (30,300 度/秒)	4.0%↑ 変化なし 変化なし 30 度/秒: 5.0%↑ 300 度/秒: 10.8%↑
	Sekir et al.	W-up+DS	膝伸, 膝屈	30 秒 (15回) ×2 (6分)	等速性短縮性膝伸屈トルク 等速性伸張性膝伸屈トルク 等速性短縮性膝屈曲トルク 等速性伸張性膝屈曲トルク (すべてで 60,180 度/秒)	60 度/秒: 8.4%↑, 180 度/秒: 11.8%↑ 60 度/秒: 14.5%↑, 180 度/秒: 15.0%↑ 60 度/秒: 6.8%↑, 180 度/秒: 変化なし 60 度/秒: 14.1%↑, 180 度/秒: 14.5%↑

出版年	著者	条件	筋群	伸張時間(計)	指標	結果
2010	Gelen	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 股伸, 上肢, 体幹	15m 区間×2 (10分)	30m 走タイム 30m ドリブルタイム PK ボール速度	4.1%↑ 5.1%↑ 3.4%↑
	Amiri -Khorasani et al.	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 股内転, 股伸, 股外転, 足底屈	30 秒×1 (?分)	アジリティテストタイム	変化なし
	Chaouachi et al.	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 股外転, 足底屈	30 秒×2 (10分)	30m 走タイム アジリティテストタイム 5 段跳び距離 VJ 高	変化なし
	Fletcher &Monte -Colombo	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 股内転, 股外転, 股伸, 股屈, 足底屈	12 回×2 (6分)	VJ 高 20m 走タイム アジリティタイム	変化なし 3.0%↑ 2.5%↑
	Murphy et al.	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	20 秒 (10回) ×1 (12分)	VJ 高	変化なし
2011	Perrier et al.	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 上肢, 体幹	18.3m 区間×2 (13.8 分)	VJ 高 反応時間	3.9%↑ 変化なし
印刷中	Turki et al.	W-up+DS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈	20m 区間 (約 14回) ×4 (10分)	VJ 高	2.9%↑

表7

スタティックストレッチングとダイナミックストレッチングを組み合わせた手順がパフォーマンスに及ぼす影響について検討した研究. VJ=垂直跳び, MB=メディシンボール, PK=ペナルティキック.

出版年	著者	条件	筋群	伸張時間(計)	指標	結果
2006	Faigenbaum et al.	W-up+SS+DS① W-up+DS② W-up+SS③	膝伸, 膝屈, 股内転, 股伸, 股外転, 上肢, 足底屈, 体幹	30 秒×1 (5 分) +10yd 区間×1 (5 分) 10yd 区間×12 (10分) 30 秒×2 (10 分)	VJ 高 10yd 走タイム シャトルランタイム MB 投擲距離	シャトルラン以外 ①=②>③ 以下③に比べて ①:3.0%↑,②:3.6%↑ ①:2.0%↑,②:2.5%↑ 差なし ①:1.9%↑,②:2.3%↑
2007	Fletcher & Anness	W-up+SS+ADS① W-up+ADS② W-up+SDS+ADS③	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	22 秒×3 (7.2 分) +20m 区間×2 (?分) 20m 区間×2 (?分) その場で8 回×2(?分)+20m 区間×2 (?分)	50m 走タイム	男女ともに ②=③>① 以下①に比べて 男②:1.4%↑ ③:1.2%↑ 女②:2.5%↑ ③:1.7%↑ 差なし
2008	Torres et al.	W-up+SS+DS① W-up+DS② W-up+SS③	上肢	15 秒× (7 分?) +30 回×2 (?分) 30 回×2 (?分) 15 秒×2 (7 分?)	30%1RM ベンチプレスロー MB オーバーヘッド スロー投擲距離 MB ラテラルスロー 投擲距離	差なし ①>③:8.6% それ以外差なし
2009	Sim et al.	W-up+SS+DS① W-up+DS+SS② W-up+DS③	膝伸, 膝屈, 足底屈	20 秒×1-2 (?分) +15m 区間×2 (?分) 15m 区間×2 (?分) +20 秒×1-2 (?分) 15m 区間×2 (?分)	間欠的 20m 走 タイム (6 本×3)	3 セット目:③>①: 1.5%,それ以外差なし
2010	Gelen	W-up+SS+DS① W-up+DS② W-up+SS③	膝伸, 股内転, 膝屈, 股回旋, 足底屈	20 秒×2 (10 分) +15m 区間×2 (10 分) 15m 区間×2 (10 分) 20 秒×2 (10 分)	30m 走タイム 30m ドリブルタイム PK ボール速度	①変化なし ②すべて↑ (表 6 参照) ③すべて↓ (表 2 参照)
	内海ら	W-up+SS+DS W-up+DS+SS W-up+DS	膝伸, 膝屈	30 秒×1 (1.3 分)+30 秒 (20 回)×1 (1.2 分) 30 秒 (20 回)×1 (1.2 分)+30 秒×1 (1.3 分) 30 秒 (20 回)×1 (1.2 分)	30%MVC 負荷 膝伸展パワー	差なし
	Chaouachi et al.	W-up+SS+DS① W-up+90%SS+DS② W-up+DS+SS③ W-up+DS+90%SS④ W-up+DS⑤ W-up+SS⑥ W-up+90%SS⑦	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈	30 秒×1 (5 分) +30 秒×1 (5 分) 30 秒×1 (5 分) +30 秒×1 (5 分) 30 秒×1 (5 分) +30 秒×1 (5 分) 30 秒×1 (5 分) +30 秒×1 (5 分) 30 秒×2 (10 分) 30 秒×2 (10 分) 30 秒×2 (10 分)	30m 走タイム アジリティタイム 5 段跳び距離 VJ 高	④:1.9%↓ それ以外差なし 差なし 差なし 差なし
	Amiri -Khorasani et al.	W-up+SS+DS① W-up+DS② W-up+SS③	膝伸, 股内転, 股伸, 股外転, 膝屈, 足底屈	30 秒×1 (?分)+30 秒 (15 回)×1 (?分) 30 秒 (15 回) ×1 (?分) 30 秒×1 (?分)	アジリティタイム	①変化なし ②↑ (表 6 参照) ③↓ (表 2 参照) ②>①>③
2011	Wong et al.	W-up+10 秒 SS+DS W-up+20 秒 SS+DS W-up+30 秒 SS+DS	膝伸, 膝屈, 足底屈	10 秒× (1 分)+30 秒 (15m 区間)×3 (1.5 分) 20 秒× (2 分)+30 秒 (15m 区間)×3 (1.5 分) 30 秒× (3 分)+30 秒 (15m 区間)×3 (1.5 分)	20m 走タイム 方向転換走タイム (ともに 6 本)	差なし

間がパフォーマンスへの影響を左右するようで、30秒よりも長いものではダイナミックストレッチングによるパフォーマンス改善効果をスタティックストレッチングが相殺してしまう傾向にある^{48, 54, 110)}。一方で、30秒のスタティックストレッチングを用いた研究では、ダイナミックストレッチングによるパフォーマンス向上効果を

相殺しなかった知見が多数を占めるものの^{22, 45, 112, 117, 126)}、唯一、Amiri-Khorasani et al.⁴⁾が相殺した結果を示している。同様のことはダイナミックストレッチング後にスタティックストレッチングを行った場合についても言え、ダイナミックストレッチングによるパフォーマンス向上効果をスタティックストレッチングによって相殺し

た研究²²⁾としなつた研究¹¹⁷⁾が存在する。現状、研究の数に限りがあるため、明確な示唆はできないが、やはりスタティックストレッチングとダイナミックストレッチングを併用する場合についてもスタティックストレッチングのひとつの筋群に対する伸張時間は30秒を越えないように実施すべきなのかもしれない。

Ⅲ. まとめ

以上、各種ストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響について論じてきたが、現時点においてウォームアップにおけるより良いパフォーマンス発揮のために有効なストレッチングの手法を挙げるとするならば、瞬発的な能力が必要とされる運動前においてダイナミックストレッチングの利用が有効であると提言できるだろう。しかしながら、ダイナミックストレッチングによって瞬発的な能力が高まったことが現象論として示されているに過ぎず、ダイナミックストレッチングの適切な方法が明確になっているわけではない。したがって、瞬発的な能力の種類別あるいは身体部位別の適切なダイナミックストレッチングの方法〔速度、頻度、回数(時間)、効果の持続時間など〕を明らかにしなければならない。また、上述の通り、筋力あるいは持久的な能力に対するダイナミックストレッチングの効果については検討の余地が残っている。その他、筋持久力あるいは瞬発的な能力を間欠的に発揮し続けるような能力についてもさらに検証しなければならない。また、スポーツ現場で汎用されるスタティックストレッチングとダイナミックストレッチングを併用した手順については、さらに知見を蓄積させるとともにスタティックストレッチングのひとつの筋群に対する伸張時間を考慮して検討を行うなど課題は多い。よって、これらを解決するような検討が行われることによってウォームアップにおけるより良いパフォーマンス発揮のためのストレッチングの更なる提言が可能になるであろう。

参考文献

- 1) Allison, S. J., D. M. Bailey, J. P. Folland: Prolonged static stretching does not influence running economy despite changes in neuromuscular function, *J. Sports Sci.*, 26: 1489-1495, 2008.
- 2) Alpkaya, U., D. Kocejca: The effects of acute static stretching on reaction time and force, *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 47: 147-150, 2007.
- 3) Amiri-Khorasani, M., N. A. Abu Osman, A. Yusof: Acute effect of static and dynamic stretching on hip dynamic range of motion during instep kicking in professional soccer players, *J. Strength Cond. Res.*, 25:1647-1652, 2011.
- 4) Amiri-Khorasani, M., M. Sahebozamani, K. G. Tabrizi, A. B. Yusof: Acute effect of different stretching methods on illinois agility test in soccer players, *J. Strength Cond. Res.*, 24: 2698-2704, 2010.
- 5) Arabaci, R.: Acute effects of pre-event lower limb massage on explosive and high speed motor capacities and flexibility, *J. Sports Sci. Med.*, 7: 549-555, 2008.
- 6) Avela, J., H. Kyrolainen, P. V. Komi: Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching, *J. Appl. Physiol.*, 86, 1283-1291, 1999.
- 7) Babault, N., B. Y. Kouassi, K. Desbrosses: Acute effects of 15min static or contract-relax stretching modalities on plantar flexors neuromuscular properties, *J. Sci. Med. Sport*, 13: 247-252, 2010.
- 8) Bacurau, R. F., G. A. Monteiro, C. Ugrinowitsch, V. Tricoli, L. F. Cabral, M. S. Aoki: Acute effect of a ballistic and a static stretching exercise bout on flexibility and maximal strength, *J. Strength Cond. Res.*, 23: 304-308, 2009.
- 9) Bazett-Jones, D. M., J. B. Winchester, J. M. McBride: Effect of potentiation and stretching on maximal force, rate of development, and range of motion, *J. Strength Cond. Res.*, 19: 421-426, 2005.
- 10) Beckett, J. R., K. T. Schneiker, K. E. Wallman, B. T. Dawson, K. J. Guelfi: Effects of static stretching on repeated sprint and change of direction performance, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 41: 444-450, 2009.
- 11) Beedle, B., S. J. Rytter, R. C. Healy, T. R. Ward: Pretesting static and dynamic stretching does not affect maximal strength, *J. Strength Cond. Res.*, 22: 1838-1843, 2008.
- 12) Behm, D. G., A. Bambury, F. Cahill, K. Power: Effect of acute static stretching on force, balance, reaction time, and movement time, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36: 1397-1402, 2004.
- 13) Behm, D. G., E. E. Bradbury, A. T. Haynes, J. N. Hodder, A. M. Leonard, N. R. Paddock: Flexibility in not related to stretch-induced deficits in force or power, *J. Sports Sci. Med.*, 5: 33-42, 2006.
- 14) Behm, D. G., D. C. Button, J. C. Butt: Factors affecting force loss with prolonged stretching, *Can. J. Appl. Physiol.*, 26: 261-272, 2001.
- 15) Behm, D. G., A. Chaouachi: A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance, *Eur. J. Appl. Physiol.*, in press.
- 16) Behm, D. G., A. Kibele: Effects of differing intensities of static stretching on jump performance, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 101: 587-594, 2007.
- 17) Bradley, P. S., P. D. Olsen, M. D. Portas: The effect of static, ballistic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on vertical jump performance, *J.*

- Strength Cond. Res., 21: 223-226, 2007.
- 18) Brandenburg, J. P.: Duration of stretch does not influence the degree of force loss following static stretching, *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 46: 526-534, 2006.
 - 19) Brandenburg, J., W. A. Pitney, P. E. Luebbbers, A. Veera, A. Czajka: Time course of changes in vertical-jumping ability after static stretching, *J. Sports Physiol. Performance*, 2: 170-181, 2007.
 - 20) Burkett, L. N., W. T. Phillips, J. Ziuraitis: The best warm-up for the vertical jump in college-age athletic men, *J. Strength Cond. Res.*, 19: 673-676, 2005.
 - 21) Cè, E., V. Margonato, M. Casasco, A. Veicsteinas: Effects of stretching on maximal anaerobic power: the roles of active and passive warm-ups, *J. Strength Cond. Res.*, 22: 794-800, 2008.
 - 22) Chaouachi, A., C. Castagna, M. Chtara, M. Brughelli, O. Turki, O. Galy, K. Chamari, D. G. Behm: Effect of warm-ups involving static or dynamic stretching on agility, sprinting, and jumping performance in trained individuals, *J. Strength Cond. Res.*, 24: 2001-2011, 2010.
 - 23) Christensen, B. K., B. J. Nordstrom: The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation and dynamic stretching techniques on vertical jump performance, *J. Strength Cond. Res.*, 22: 1826-1831, 2008.
 - 24) Church, J. B., M. S. Wiggins, F. M. Moode, R. Crist: Effect of warm-up and flexibility treatments on vertical jump performance, *J. Strength Cond. Res.*, 15: 332-336, 2001.
 - 25) Cornwell, A., A. G. Nelson, G. D. Heise, B. Sidaway: Acute effects of passive muscle stretching on vertical jump performance, *J. Hum. Mov. Studies*, 40: 307-324, 2001.
 - 26) Cornwell, A., A. G. Nelson, B. Sidaway: Acute effects of stretching on the neuromechanical properties of the triceps surae muscle complex, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 86: 428-434, 2002.
 - 27) Costa, P. B., B. S. Graves, M. Whitehurst, P. L. Jacobs: The acute effects of different durations of static stretching on dynamic balance performance, *J. Strength Cond. Res.*, 23: 141-147, 2009.
 - 28) Costa, P. B., E. D. Ryan, T. J. Herda, J. M. DeFreitas, T. W. Beck, J. T. Cramer: Effects of stretching on peak torque and the H:Q ratio, *Int. J. Sports Med.*, 30: 60-65, 2009.
 - 29) Costa, P. B., E. D. Ryan, T. J. Herda, A. A. Walter, J. R. Defreitas, J. R. Stout, J. T. Cramer JT: Acute effects of static stretching on peak torque and the hamstrings-to-quadriceps conventional and functional ratios, *Scand. J. Med. Sci. Sports*, in press.
 - 30) Cramer, J. T., T. W. Beck, T. J. Housh, L. L. Massey, S. M. Marek, S. Danglemeier, S. Purkayastha, J. Y. Culbertson, K. A. Fitz, A. D. Egan: Acute effects of static stretching on characteristics of the isokinetic angle-torque relationship, surface electromyography, and mechanomyography, *J. Sports Sci.*, 25: 687-698, 2007.
 - 31) Cramer, J. T., T. J. Housh, J. W. Coburn, T. W. Beck, G. O. Johnson: Acute effects of static stretching on maximal eccentric torque production in women, *J. Strength Cond. Res.*, 20: 354-358, 2006.
 - 32) Cramer, J. T., T. J. Housh, G. O. Johnson, J. M. Miller, J. W. Coburn, T. W. Beck: Acute effects of static stretching on peak torque in women, *J. Strength Cond. Res.*, 18: 236-241, 2004.
 - 33) Cramer, J. T., T. J. Housh, G. O. Johnson, J. P. Weir, T. W. Beck, J. W. Coburn: An acute bout of static stretching does not affect maximal eccentric isokinetic peak torque, the joint angle at peak torque, mean power, electromyography, or mechanomyography, *J. Orthop. Sports Phys. Ther.*, 37: 130-139, 2007.
 - 34) Cramer, J. T., T. J. Housh, J. P. Weir, G. O. Johnson, J. W. Coburn, T. W. Beck: The acute effects of static stretching on peak torque, mean power output, electromyography, and mechanomyography, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 93: 530-539, 2005.
 - 35) Curry, B. S., D. Chengkalath, G. J. Crouch, M. Romance, P. J. Manns: Acute effects of dynamic stretching, static stretching, and light aerobic activity on muscular performance in women, *J. Strength Cond. Res.*, 23: 1811-1819, 2009.
 - 36) Dalrymple, K. J., S. E. Davis, G. B. Dwyer, G. L. Moir: Effect of static and dynamic stretching on vertical jump performance in collegiate women volleyball players, *J. Strength Cond. Res.*, 24: 149-155, 2010.
 - 37) Di Cagno, A., C. Baldari, C. Battaglia, M. C. Gallotta, M. Videira, M. Piazza, L. Guidetti: Preexercise static stretching effect on leaping performance in elite rhythmic gymnasts, *J. Strength Cond. Res.*, 24: 1995-2000, 2010.
 - 38) Duehring, M. D., C. R. Feldmann, W. P. Ebben: Strength and conditioning practices of United States high school strength and conditioning coaches, *J. Strength Cond. Res.*, 23: 2188-2203, 2009.
 - 39) Duncan, M. J., L. A. Woodfield: Acute effects of warm up protocol on flexibility and vertical jump in children, *J. Exerc. Physiol.*, 9: 9-16, 2006.
 - 40) Egan, A. D., J. T. Cramer, L. L. Massey, S. M. Marek: Acute effects of static stretching on peak torque and mean power output in National Collegiate Athletic Association Division I women's basketball players, *J. Strength Cond. Res.*, 20: 778-782, 2006.
 - 41) Esposito, F., E. Cè, E. Limonta: Cycling efficiency and time to exhaustion are reduced after acute passive stretching administration, *Scand. J. Med. Sci. Sports*, in press.
 - 42) Evetovich, T. K., R. M. Cain, K. R. Hinnerichs, B. J. Engebretsen, D. S. Conley: Interpreting normalized and nonnormalized data after acute static stretching in athletes and nonathletes, *J. Strength Cond. Res.*, 24: 1988-1994, 2010.
 - 43) Evetovich, T. K., N. J. Nauman, D. S. Conley, J. B. Todd: Effect of static stretching of the biceps brachii on torque, electromyography, and mechanomyography during concentric isokinetic muscle actions, *J. Strength Cond. Res.*, 17: 484-488, 2003.
 - 44) Faigenbaum, A. D., M. Bellucci, A. Bernieri, B. Bakker, K. Hoorens: Acute effects of different warm-up protocols on fitness performance in children, *J. Strength Cond. Res.*, 19: 376-381, 2005.

- 45) Faigenbaum, A. D., J. Kang, J. McFarland, J. M. Bloom, J. Magnatta, N. A. Ratamess, J. R. Hoffman: Acute effects of different warm-up protocols on anaerobic performance in teenage athletes, *Ped. Exerc. Sci.*, 17: 64-75, 2006.
- 46) Favero, J. P., A. W. Midgley, D. J. Bentley: Effects of an acute bout of static stretching on 40 m sprint performance: influence of baseline flexibility, *Res. Sports Med.*, 17: 50-60, 2009.
- 47) Fletcher, I. M.: The effect of different dynamic stretch velocities on jump performance, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 109: 491-498, 2010.
- 48) Fletcher, I. M., R. Anness: The acute effects of combined static and dynamic stretch protocols on fifty-meter sprint performance in track-and-field athletes, *J. Strength Cond. Res.*, 21: 784-787, 2007.
- 49) Fletcher, I. M., B. Jones: The effect of different warm-up stretch protocols on 20 meter sprint performance in trained rugby union players, *J. Strength Cond. Res.*, 18: 885-888, 2004.
- 50) Fletcher, I. M., M. M. Monte-Colombo: An investigation into the effects of different warm-up modalities on specific motor skills related to soccer performance, *J. Strength Cond. Res.*, 24: 2096-2101, 2010.
- 51) Fletcher, I. M., M. M. Monte-Colombo: An investigation into the possible physiological mechanisms associated with changes in performance related to acute responses to different preactivity stretch modalities, *Appl. Physiol. Nutr. Metab.*, 35: 27-34, 2010.
- 52) Fowles, J. R., D. G. Sale, J. D. MacDougall: Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors, *J. Appl. Physiol.*, 89: 1179-1188, 2000.
- 53) Galdino, L. A. S., C. Nogueira, E. C. S. Galdino, J. R. P. Lima, R. G. S. Vale, E. H. M. Dantas: Effects of different intensities of flexibility training on explosive force, *Hum. Movement*, 11: 162-166, 2010.
- 54) Gelen, E.: Acute effects of different warm-up methods on sprint, slalom dribbling, and penalty kick performance in soccer players, *J. Strength Cond. Res.*, 24: 950-956, 2010.
- 55) Gomes, T. M., R. Simão, M. C. Marques, P. B. Costa, J. da Silva Novaes: Acute effects of two different stretching methods on local muscular endurance performance, *J. Strength Cond. Res.*, 25: 745-752, 2011.
- 56) González-Ravé, J. M., L. Machado, F. Navarro-Valdivielso, J. P. Vilas-Boas: Acute effects of heavy-load exercises, stretching exercises, and heavy-load plus stretching exercises on squat jump and countermovement jump performance, *J. Strength Cond. Res.*, 23: 472-479, 2009.
- 57) Guissard, N., J. Duchateau, K. Hainaut: Muscle stretching and motoneuron excitability, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 58: 47-52, 1988.
- 58) Guissard, N., F. Reiles: Effects of static stretching and contract relax methods on the force production and jump performance, *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, Suppl 1: 127-128, 2005.
- 59) Gurjão, A. L., R. Gonçalves, R. F. de Moura, S. Gobbi: Acute effect of static stretching on rate of force development and maximal voluntary contraction in older women, *J. Strength Cond. Res.*, 23: 2149-2154, 2009.
- 60) Handrakis, J. P., V. N. Southard, J. M. Abreu, M. Aloisa, M. R. Doyen, L. M. Echevarria, H. Hwang, C. Samuels, S. A. Venegas, P. C. Douris: Static stretching does not impair performance in active middle-aged adults, *J. Strength Cond. Res.*, 24: 825-830, 2010.
- 61) Hayes, P. R., A. Walker: Pre-exercise stretching does not impact upon running economy, *J. Strength Cond. Res.*, 21: 1227-1232, 2007.
- 62) Herda, T. J., J. T. Cramer, E. D. Ryan, M. P. McHugh, J. R. Stout: Acute effects of static versus dynamic stretching on isometric peak torque, electromyography, and mechanomyography of the biceps femoris muscle, *J. Strength Cond. Res.*, 22: 809-817, 2008.
- 63) Holt, B. W., K. Lambourne: The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes, *J. Strength Cond. Res.*, 22: 226-229, 2008.
- 64) Hough, P. A., E. Z. Ross, G. Howatson: Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity, *J. Strength Cond. Res.*, 23: 507-512, 2009.
- 65) Jagers, J. R., A. M. Swank, K. L. Frost, C. D. Lee: The acute effects of dynamic and ballistic stretching on vertical jump height, force, and power, *J. Strength Cond. Res.*, 22: 1844-1849, 2008.
- 66) Kay, A. D., A. J. Blazevich: Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: A systematic review, *Med. Sci. Sports Exerc.*, in press.
- 67) Kistler, B. M., M. S. Walsh, T. S. Horn, R. H. Cox: The acute effects of static stretching on the sprint performance of collegiate men in the 60- and 100-m dash after a dynamic warm-up, *J. Strength Cond. Res.*, 24: 2280-2284, 2010.
- 68) Knudson, D., G. Noffal: Time course of stretch-induced isometric strength deficits. *Eur. J. Appl. Physiol.*, 94: 348-351, 2005.
- 69) Knudson, D., K. Bennett, R. Corn, D. Leick, C. Smith: Acute effects of stretching are not evident in the kinematics of the vertical jump, *J. Strength Cond. Res.*, 15: 98-101, 2001.
- 70) Koch, A. J., H. S. O'Bryant, M. E. Stone, K. Sanborn, C. Proulx, J. Hruby, E. Shannonhouse, R. Boros, M. H. Stone: Effect of warm-up on the standing broad jump in trained and untrained men and women, *J. Strength Cond. Res.*, 17: 710-714, 2003.
- 71) Kokkonen, J., A. G. Nelson, A. Cornwell: Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance, *Res. Q. Exerc. Sport*, 69: 411-415, 1998.
- 72) La Torre, A., C. Castagna, E. Gervasoni, E. Cè, S. Rampichini, M. Ferrarin, G. Merati: Acute effects of static stretching on squat jump performance at different knee starting angles, *J. Strength Cond. Res.*, 24: 687-694, 2010.
- 73) Little, T., A. G. Williams: Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players, *J. Strength Cond. Res.*, 20: 203-207, 2006.
- 74) Magnusson, S. P., P. Aagaard, J. J. Nielson: Passive energy return after repeated stretches of the hamstring

- muscle-tendon unit, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 32: 1160-1164, 2000.
- 75) Maisetti, O., J. Sastre, J. Lecompte, P. Portero: Differential effects of acute bout of passive stretching on maximal voluntary torque and the rate of torque development of calf muscle-tendon unit, *Isokinetics Exerc. Sci.*, 15: 11-17, 2007.
- 76) Manoel, M. E., M. O. Harris-Love, J. V. Danoff, T. A. Miller: Acute effects of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in women, *J. Strength Cond. Res.*, 22: 1528-1534, 2008.
- 77) Marek, S. M., J. T. Cramer, A. L. Fincher, L. L. Massey, S. M. Dangelmaier, S. Purkayastha, K. A. Fitz, J. Y. Culbertson: Acute Effects of static and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle strength and power output, *J. Athl. Train.* 40: 94-103, 2005.
- 78) Murphy, J. C., E. F. Nagle, R. J. Robertson J. L. McCrory: Effect of single set dynamic and static stretching exercise on jump height in college age recreational athletes, *Int. J. Exerc. Sci.*, 3: 214-224, 2010
- 79) McBride, J. M., R. Deane, S. Nimphius: Effect of stretching on agonist-antagonist muscle activity and muscle force output during single and multiple joint isometric contractions, *Scand. J. Med. Sci. Sports*, 17: 54-60, 2007.
- 80) McHugh, M. P., M. Nesse: Effect of stretching on strength loss and pain after eccentric exercise, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 40: 566-573, 2008.
- 81) McMillian, D. J., J. H. Moore, B. S. Hatler, D. C. Taylor: Dynamic vs. static-stretching warm up: the effect on power and agility performance, *J. Strength Cond. Res.*, 20: 492-499, 2006.
- 82) McNeal, J. R., W. A. Sands: Acute static stretching reduces lower extremity power in trained children, *Ped. Exerc. Sci.*, 15: 139-145, 2003.
- 83) Mojock, C. D., J. S. Kim, D. W. Eccles, L. B. Panton: The effects of static stretching on running economy and endurance performance in female distance runners during treadmill running, *J. Strength Cond. Res.*, 25: 2170-2176, 2011.
- 84) Molacek, Z. D., D. S. Conley, T. K. Evetovich, K. R. Hinnerichs: Effects of low- and high-volume stretching on bench press performance in collegiate football players, *J. Strength Cond. Res.*, 24: 711-716, 2010.
- 85) Needham, R. A., C. I. Morse, H. Degens: The acute effect of different warm-up protocols on anaerobic performance in elite youth soccer players, *J. Strength Cond. Res.*, 23: 2614-2620, 2009.
- 86) Nelson, A. G., J. D. Allen, A. Cornwell, J. Kokkonen: Inhibition of maximal voluntary isometric torque production by acute stretching is joint-angle specific, *Res. Q. Exerc. Sport*, 72: 68-70, 2001.
- 87) Nelson, A. G., N. M. Driscoll, D. K. Landin, M. A. Young, I. C. Schexnayder: Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance, *J. Sports Sci.*, 23: 449-454, 2005.
- 88) Nelson, A. G., I. K. Guillory, A. Cornwell, J. Kokkonen: Inhibition of maximal voluntary isokinetic torque production following stretching is velocity-specific, *J. Strength Cond. Res.*, 15: 241-246, 2001.
- 89) Nelson, A. G., J. Kokkonen: Acute ballistic muscle stretching inhibits maximal strength performance, *Res. Q. Exerc. Sport*, 72: 415-419, 2001.
- 90) Nelson, A. G., J. Kokkonen, D. A. Arnall: Acute muscle stretching inhibits muscle strength endurance performance, *J. Strength Cond. Res.*, 19: 338-343, 2005.
- 91) Nelson, A. G., J. Kokkonen, C. Eldredge: Strength inhibition following an acute stretch is not limited to novice stretchers, *Res. Q. Exerc. Sport*, 76: 500-506, 2005.
- 92) Nogueira, C. J., L. A. S. Galdino, R. G. S. Vale, D. B. Mello, E. H. M. Dantas: Acute effect of the proprioceptive neuromuscular facilitation method on vertical jump performance, *Biomedical Hum. Kinetics*, 2: 1-4, 2010.
- 93) O'Connor, D. M., M. J. Crowe, W. L. Spinks: Effects of static stretching on leg power during cycling, *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 46: 52-56, 2006.
- 94) 岡山裕美, 山内仁, 大工谷新一: ダイナミックストレッチング後にみられたピークトルクと表面筋電図の変化, *理学療法学*, 大会特別号2: 37, 2010.
- 95) Ogura, Y., Y. Miyahara, H. Naito, S. Katamoto, J. Aoki: Duration of static stretching influences muscle force production in hamstring muscles, *J. Strength Cond. Res.*, 21: 788-792, 2007.
- 96) Papadopoulos, C., V. I. Kalapotharakos, G. Noussios, K. Meliggas, E. Gantiraga: The effect of static stretching on maximal voluntary contraction and force-time curve characteristics, *J. Sport Rehabil.*, 15: 185-194, 2006.
- 97) Papadopoulos, G., T. Siatras, S. Kellis: The effect of static and dynamic stretching exercises on the maximal isokinetic strength of the knee extensors and flexors, *Isokinetics Exerc. Sci.*, 13: 285-291, 2005.
- 98) Pearce, A. J., D. J. Kidgell, J. Zois, J. S. Carlson: Effects of secondary warm up following stretching, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 105: 175-183, 2009.
- 99) Perrier, E. T., M. J. Pavol, M. A. Hoffman: The acute effects of a warm-up including static or dynamic stretching on countermovement jump height, reaction time, and flexibility, *J. Strength Cond. Res.*, 25: 1925-1931, 2011.
- 100) Power, K., D. Behm, F. Cahill, M. Carroll, W. Young: An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 36: 1389-1396, 2004.
- 101) Robbins, J. W., B. W. Scheuermann: Varying amounts of acute static stretching and its effect on vertical jump performance, *J. Strength Cond. Res.*, 22: 781-786, 2008.
- 102) Rossi, L. P., R. Pereira, R. Simão, M. Brandalize, A. R. S. Gomes: Influence of static stretching duration on quadriceps force development and eletromyographic activity, *Hum. Movement.*, 11: 137-143, 2010.
- 103) Ryan, E. D., T.W. Beck, T. J. Herda, H. R. Hull, M. J. Hartman, J. R. Stout, J. T. Cramer: Do practical durations of stretching alter muscle strength? A dose-response study, *Med. Sci. Sports Exerc.*, 40: 1529-1537, 2008.
- 104) Samuel, M. N., W. R. Holcomb, M. A. Guadagnoli, M. D.

- Rubley, H. Wallmann: Acute effects of static and ballistic stretching on measures of strength and power, *J. Strength Cond. Res.*, 22: 1422-1428, 2008.
- 105) Samogin Lopes, F. A., E. M. Menegon, E. Franchini, V. Tricoli, R. C. de M Bertuzzi: Is acute static stretching able to reduce the time to exhaustion at power output corresponding to maximal oxygen uptake?, *J. Strength Cond. Res.*, 24: 1650-1656, 2010.
- 106) Sayers, A. L., R. S. Farley, D. K. Fuller, C. B. Jubenville, J. L. Caputo: The effect of static stretching on phases of sprint performance in elite soccer players, *J. Strength Cond. Res.*, 22: 1416-1421, 2008.
- 107) Sekir, U., R. Arabaci, B. Akova, S. M. Kadagan: Acute effects of static and dynamic stretching on leg flexor and extensor isokinetic strength in elite women athletes. *Scand. J. Med. Sci. Sports.*, 20: 268-281, 2010.
- 108) Siatras, T., G. Papadopoulos, D. Mameletzi, V. Gerodimos, S. Kellis: Static and dynamic acute stretching effect on gymnasts' speed in vaulting, *Ped. Exerc. Sci.*, 15: 383-391, 2003.
- 109) Siatras, T. A., V. P. Mittas, D. N. Mameletzi, E. A. Vamvakoudis: The duration of the inhibitory effects with static stretching on quadriceps peak torque production, *J. Strength Cond. Res.*, 22: 40-46, 2008.
- 110) Sim, A. Y., B. T. Dawson, K. J. Guelfi, K. E. Wallman, W. B. Young: Effects of static stretching in warm-up on repeated sprint performance, *J. Strength Cond. Res.*, 23: 2155-2162, 2009.
- 111) Taylor, K. L., J. M. Sheppard, H. Lee, N. Plummer: Negative effect of static stretching restored when combined with a sport specific warm-up component, *J. Sci. Med. Sport*, 12: 657-661, 2009.
- 112) Torres, E. M., W. J. Kraemer, J. L. Vingren, J. S. Volek, D. L. Hatfield, B. A. Spiering, J. Y. Ho, M. S. Fragala, G. A. Thomas, J. M. Anderson, K. Häkinen, C. M. Maresh: Effects of stretching on upper-body muscular performance, *J. Strength Cond. Res.*, 22: 1279-1285, 2008.
- 113) Torres J. B., M. C. S. C. Conceição, A. O. Sampaio, E. H. M. Dantas: Acute effects of static stretching on muscle strength, *Biomedical Hum. Kinetics*, 1: 52-55, 2009.
- 114) Tsolakis, C., A. Douvis, G. Tsiganos, E. Zacharogiannis, A. Smirniotou: Acute effects of stretching on flexibility, power and sport specific performance in fencers, *J. Hum. Kinetics*, 26: 105-114, 2010.
- 115) Turki, O., A. Chaouach, E. J. Drinkwater, M. Chtara, K. Chamari, M. Amri, D. G. Behm: Ten Minutes of Dynamic Stretching Is Sufficient to Potentiate Vertical Jump Performance Characteristics, *J. Strength Cond. Res.*, in press.
- 116) Unick, J., H. S. Kieffer, W. Cheesman, A. Feeney: The acute effects of static and ballistic stretching on vertical jump performance in trained women, *J. Strength Cond. Res.*, 19: 206-212, 2005.
- 117) 内海景憲, 山口太一, 石井好二郎, 安田和則: ダイナミックストレッチングにスタティックストレッチングを組み合わせたプロトコルが膝関節伸展パワーに及ぼす急性の効果, *トレーニング科学*, 22 : 39-48, 2010.
- 118) Vetter, R. E.: Effects of six warm-up protocols on sprint and jump performance, *J. Strength Cond. Res.*, 21: 819-823, 2007.
- 119) Wallmann, H. W., J. A. Mercer, J. W. McWhorter: Surface electromyographic assessment of the effect of static stretching of the gastrocnemius on vertical jump performance, *J. Strength Cond. Res.*, 19: 684-688, 2005.
- 120) Wallmann, H. W., J. A. Mercer, M. R. Landers: Surface electromyographic assessment of the effect of dynamic activity and dynamic activity with static stretching of the gastrocnemius on vertical jump performance, *J. Strength Cond. Res.*, 22: 787-793, 2008.
- 121) Weir, D. E., J. Tingley, C. B. Elder: Acute passive stretching alters the mechanical properties of human plantar flexors and the optimal angle for maximal voluntary contraction, *Eur. J. Appl. Physiol.*, 93: 614-623, 2005.
- 122) Wilson, J. M., L. M. Hornbuckle, J. S. Kim, C. Ugrinowitch, S. R. Lee, M. C. Zoundos, B. Sommer, L. B. Panton: Effects of static stretching on energy cost and running endurance performance, *J. Strength Cond. Res.*, 24: 2274-2279, 2010.
- 123) Winchester, J. B., A. G. Nelson, J. Kokkonen: A single 30-s stretch is sufficient to inhibit maximal voluntary strength, *Res. Q. Exerc. Sport.*, 80: 257-261, 2009.
- 124) Winchester, J. B., A. G. Nelson, D. Landin, M. A. Young, I. C. Schexnayder: Static stretching impairs sprint performance in collegiate track and field athletes, *J. Strength Cond. Res.*, 22: 13-18, 2008.
- 125) Winke, M. R., N. B. Jones, C. G. Berger, J. W. Yates: Moderate Static Stretching and Torque Production of the Knee Flexors, *J. Strength Cond. Res.*, 24: 706-710, 2010.
- 126) Wong, D. P., A. Chaouachi, P. W. C. Lau, D. G. Behm: Short durations of static stretching when combined with dynamic stretching do not impair repeated sprints and agility, *J. Sports Sci. Med.*, 10: 408-416, 2011.
- 127) Woolstenhulme, M. T., C. M. Griffiths, E. M. Woolstenhulme, A. C. Parcell: Ballistic stretching increases flexibility and acute vertical jump height when combined with basketball activity, *J. Strength Cond. Res.*, 20: 799-803, 2006.
- 128) Yamaguchi, T., K. Ishii: Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power, *J. Strength Cond. Res.*, 19: 677-683, 2005.
- 129) Yamaguchi, T., K. Ishii, M. Yamanaka, K. Yasuda: Acute effect of static stretching on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension, *J. Strength Cond. Res.*, 20: 804-810, 2006.
- 130) Yamaguchi, T., K. Ishii, M. Yamanaka, K. Yasuda: Acute effects of dynamic stretching exercise on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension, *J. Strength Cond. Res.*, 21: 1238-1244, 2007.
- 131) 山口太一, 石井好二郎. 運動前のストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響について-近年のストレッチング研究の結果をもとに-, *CREATIVE STRETCHING*, 5 : 1-18, 2007.
- 132) 山口太一, 石井好二郎, 続報 運動前のストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響について, *CREATIVE*

- STRETCHING, 14 : 1-10, 2010.
- 133) Young, W., S. Elliott: Acute effects of static stretching, proprioceptive neuromuscular facilitation stretching, and maximum voluntary contractions on explosive force production and jumping performance, *Res. Q. Exerc. Sport*, 72, 273-279, 2001.
- 134) Young, W., G. Elias, J. Power: Effects of static stretching volume and intensity on plantar flexor explosive force production and range of motion, *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 46: 403-411, 2006.
- 135) Young, W. B., D. G. Behm: Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance, *J. Sports Med. Phys. Fitness*, 43: 21-27, 2003.
- 136) Zakas, A., G. Doganis, C. Galazoulas, E. Vamvakoudis: Effect of acute static stretching duration on isokinetic peak torque in pubescent soccer players, *Ped. Exerc. Sci.*, 18: 252-261, 2006.
- 137) Zakas, A., C. Galazoulas, G. Doganis, N. Zakas: Effect of two acute static stretching durations of rectus femoris muscle on quadriceps isokinetic peak torque in professional soccer players, *Isokinetics Exerc. Sci.*, 14: 357-362, 2006.