

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

山口太一¹, 石井好二郎²

¹酪農学園大学 食・健康スポーツ科学

²同志社大学 スポーツ健康科学部/大学院スポーツ健康科学研究科 運動処方研究室

■ はじめに

我々は本誌 2007 年 10 月号において同様の内容で総説⁴⁸⁾を発表した。その結論において、1)スタティックストレッチングによる筋機能および瞬発的なパフォーマンスの低下が確認されているものの、ストレッチングの時間やプロトコルを現実的な(スポーツ現場に照らし合わせた)方法を用いて検討することでパフォーマンスを低下させない、あるいは向上させる可能性が示されていること、2)バリスティックストレッチングならびに proprioceptive neuromuscular facilitation(PNF:徒手抵抗)を用いたストレッチングについてはパフォーマンスを低下させる、あるいは正負の影響を及ぼさないことが示されているが、研究結果自体が少ないため、パフォーマンスに及ぼす影響を明言できないこと、3)ダイナミックストレッチングがパワーや瞬

発的なパフォーマンスを高めることが示唆されていること、4)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うプロトコルはダイナミックストレッチングのみを行う場合とパフォーマンスに及ぼす影響に相違がないか、あるい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する可能性があることについて述べた。

その後、2 年余りを経過したに過ぎないが、この間も運動前の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検討され(我々が知るだけでも 45 編の研究論文がある)、多くの知見が蓄積されてきている。そこで本稿では 2007 年以降現時点までに明らかにされた運動前のストレッチングがパフォーマンスに及ぼす急性の影響に関する知見について再度総論するとともに、現段階で提言可能なより良いパフォーマンス発揮のための適切な運

動前のストレッチングの方法について紹介したい。

■ 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

①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

スタティックストレッチングについては、前報⁴⁸⁾同様、筋力や筋パワーなどの筋機能ならびに垂直跳び跳躍高、立ち幅跳び跳躍距離、スプリント走タイム、アジリティテストタイム、メディシンボール投てき距離などの瞬発的なパフォーマンスに及ぼす影響が検討されているが、パフォーマンス発揮に正負の影響を及ぼさない、あるいはパフォーマンスを低下させることが示されており、向上させることを示した研

究はない(表 1)。

また、前報⁴⁸⁾においても指摘した通り、スポーツ現場に即したひとつの筋群に対するストレッチングの伸張時間を採用した研究では、パフォーマンスの低下が認められないことを示した研究が多い。例えば、Siatrasら³⁷⁾は膝関節伸筋群に対して30および60秒のスタティックストレッチングを行った場合では等尺性膝関節伸展トルクおよび等速性(角速度60および180度/秒)の短縮性膝関節伸展トルクに低下がみられたのに対し、スタティックストレッチングを行わなかった場合、あるいは10および20秒のスタティックストレッチングを行った場合では、トルクに変化がみられなかったことを報告している。また、Winchesterら⁴⁵⁾は膝関節屈筋群に対する30秒のスタティックストレッチングを1セット実施しただけでも膝関節屈曲における最大挙上重量(one repetition maximum: 1RM)が低下し、スタティックストレッチングを2~6セットとセット数を増やすことで筋力が漸減したことを示している。一方、Robbins & Scheuermann³²⁾は膝関節伸筋群および屈筋群、足関節底屈筋群に対する15秒のスタティックストレッチングを2セットあるいは4セット行った場合では垂直跳び跳躍高を減少させないものの、6セット行うことで減少させたことを明らかにしている。

これらの他にもストレッチングの伸張時間ないしセット数について条件を設定し、パフォーマンスに及ぼす影響について検討した研究があるが、それらを総括して現

段階におけるスタティックストレッチングがパフォーマンスを低下させるストレッチングの伸張時間の閾値を考えるならば、「30秒」と言えるのかもしれない。すなわち、30秒未満のスタティックストレッチングではパフォーマンスは低下させないものの、30秒以上では低下させることが示唆されている。

一方、最近ではスタティックストレッチングが持続的なパフォーマンスに及ぼす急性の効果についても検討され始めた。前報⁴⁸⁾においては、横断的な調査によって長座体前屈などの柔軟性の高い者ほど、一定ペースのランニング動作におけるエネルギー消費量が高い、すなわち、無駄にエネルギーを消費する傾向を示すことから、持続的な運動前のウォームアップにおけるスタティックストレッチングの利用を疑問視する見解を示した。しかしながら、実際にウォームアップをシミュレートして持続的なパフォーマンスの発揮前にスタティックストレッチングを実施し、パフォーマンスに及ぼす影響を検討した2つの研究¹²⁰⁾では、スタティックストレッチングを実施しても、一定のペースのランニングにおけるエネルギー消費量を変化させなかったことが示されている。一方で、ただひとつの研究⁴³⁾だけがスタティックストレッチングの実施によって無駄にエネルギーを消費したこと、そして自己ペース走における総走行距離を減少させたこと、つまり、持続的なパフォーマンスを低下させたことを報告している。しかしながら、未だ研究数が3つと限られていることに加え、これ

らの研究におけるランニングのペースが最大酸素摂取量の65~75%の強度であり、実際に持続的な能力が必要とされる陸上競技における中長距離のような種目の運動強度に比べればその強度は低く、これらの結果を直接スポーツ現場へと反映させることは難しいように思える。

加えて、スタティックストレッチングがバランス能力に及ぼす効果についても僅かであるが検討されるようになってきており、スタティックストレッチングの実施によって、動的バランス能力が改善したことが明らかとなっている^{10,19)}。

以上のように、前報⁴⁸⁾以降も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について検討が行われているものの、ウォームアップにおけるストレッチングの効果として要求されるパフォーマンスの向上効果が得られたとする知見はバランス能力への効果を除けば依然みられない。よって、より良いパフォーマンス発揮のためのウォームアップにおけるストレッチングとして、スタティックストレッチングを推奨することはやはり難しい。

②バリスティックおよび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

バリスティックストレッチングおよび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も前報⁴⁸⁾同様、研究数は限られているものの、数編ずつ報告がなされている。しかしながら、スタティ

表1 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について検討した研究

著者(年)	条件(ストレッチング合計時間)	伸張された筋群	パフォーマンスの指標	結果
1) Hayes & Walker (2007)	1) 30秒SS×2 (?) 2) 段階的な30秒SS×2 (?) 3) NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈 膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	約75%VO ₂ maxの強度における走経済性	1) = 2) = 3)
2) Winchester et al. (2008)	1) W-up + 30秒SS×3 (10分) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 足底屈	40m走タイム	1) < 2); -1.8%
3) Siatras et al. (2008)	1) W-up + 10秒SS×? (?) 2) W-up + 20秒SS×? (?) 3) W-up + 30秒SS×? (?) 4) W-up + 60秒SS×? (?) 5) W-up + NS	膝伸 膝伸 膝伸 膝伸	等尺性膝関節伸屈トルク 等速性短縮性膝関節伸屈トルク (60,180度/秒)	3), 4); post < pre; 3); -8.5%; 4); -16.0% それ以外には差なし 3), 4); post < pre; 60度/秒; 3); -5.5%; 4); -11.6%; 180度/秒; 3); -5.8%; 4); -10.0% それ以外には差なし
4) Holt & Lambourne (2008)	1) W-up + 5秒SS×3 (?) 2) W-up	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	垂直跳び高	1) < 2)
5) McHugh & Nesse (2008)	90秒SS×6 (約9分)	膝屈	等尺性膝関節屈曲トルク (80,65,50,35,20,5度) 等速性伸張性膝関節屈曲トルク(60度/秒) 等速性短縮性膝関節屈曲トルク(60度/秒)	post < pre; 80度: -17%; 65度: -11%; 50度: -5%; 35度: -7%; 20度: -8%; 5度: -6% pre = post pre = post
6) Robbins & Scheuermann (2008)	1) W-up + 15秒SS×2 (3.75分?) 2) W-up + 15秒SS×4 (8.75分?) 3) W-up + 15秒SS×6 (13.75分?) 4) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 足底屈 膝伸, 膝屈, 足底屈 膝伸, 膝屈, 足底屈	垂直跳び高	3); post < pre: -3.3% それ以外には差なし
7) Wallmann et al. (2008)	1) W-up + 30秒SS×3 (3分) 2) W-up	足底屈	垂直跳び高	1) = 2)
8) Cè et al. (2008)	1) 30秒SS×4 (8分) 2) active W-up 3) passive W-up 4) active W-up + 30秒SS×4 (8分) 5) passive W-up + 30秒SS×4 (8分) 6) NS	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	スクワットジャンプ滞空時間 スクワットジャンプピーク張力 スクワットジャンプ最大パワー 垂直跳び滞空時間 垂直跳びピーク張力 垂直跳び最大パワー	2)が他よりも大きい 2) > 3), 5); それ以外には差なし 2) > 3), 5); それ以外には差なし 2) > 3), 5); それ以外には差なし 1), 2), 4), 6) > 3), 5) 2) > 3), 5); それ以外には差なし
9) Herda et al. (2008)	30秒SS×4 (9.2分)	膝屈	等尺性膝関節屈曲トルク (101,81,61,41度)	post < pre; 101度: -15.9%; 81度: -7.2% pre = post; 61, 41度
10) Torres et al. (2008)	1) W-up + 15秒SS×2 (7分?) 2) W-up + NS	肩伸, 肩屈, 肩挙上, 肘曲, 肘伸, 手屈, 体幹	30%1RMベンチプレススロー (最大パワー, 最大張力, 最大加速度, 最大速度, 最大距離) メディシンボールオーバーヘッドスロー (最大速度, 最大距離) メディシンボールラテラルスロー (最大速度, 最大距離)	1) = 2) 1) = 2) 1) = 2)
11) Ryan et al. (2008)	1) 30秒SS×4 (3分) 2) 30秒SS×8 (6分) 3) 30秒SS×16 (12分) 4) NS	足底屈 足底屈 足底屈	等尺性足関節屈曲トルク	1) = 2) = 3) = 4) post < pre; 1); -2.0%; 2); -5.0%; 3); -7.0%; 4); -3.0%
12) Sayers et al. (2008)	1) W-up + 30秒SS×3 (12-15分) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 足底屈	30m走タイム	1) < 2); -2.1%
13) Samuel et al. (2008)	1) W-up + 30秒SS×3 (6分?) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈	垂直跳び高 垂直跳びパワー 等速性短縮性膝関節伸屈トルク (60度/秒) 等速性短縮性膝関節屈曲トルク (60度/秒)	1) = 2) 1) < 2); -3.4% 1) = 2) 1) = 2)
14) Manoel et al. (2008)	1) W-up + 30秒SS×3 (4.3分?) 2) W-up + NS	膝伸	等速性短縮性膝関節伸屈トルク (60, 180度/秒)	1) = 2)
15) Beedle et al. (2008)	1) W-up + 15秒SS×3 (6.5分?) 2) W-up + NS	肩伸, 肘伸, 膝伸, 膝屈	ベンチプレス1RM レッグプレス1RM	1) = 2) 1) = 2)
16) Arabaci (2008)	1) W-up + 20秒SS×3 (約15分) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転, 足底屈	垂直跳び高 30m走タイム 反応時間	1); post < pre: -3.0%; 2); pre = post 1); 2); post < pre; 1); -1.8%; 2); -0.8% 1); post < pre: -16.3%; 2); pre = post
17) Allison et al. (2008)	1) 40秒SS×3 (38分) 2) NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転, 足底屈	約70%VO ₂ maxの強度における走経済性 等尺性膝関節伸屈張力 垂直跳び高	1), 2); pre = post 1); post < pre: -5.6% 1); post < pre: -5.5%
18) Pearce et al. (2009)	1) 30秒SS×2 (12-15分) + W-up 2) NS + W-up	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	垂直跳び高	1) < 2); -12.5%
19) Costa et al. (2009a)	30秒SS×4 (18.7分)	膝屈	等速性短縮性膝関節屈曲トルク (60, 180, 300度/秒) 等速性短縮性膝関節伸屈トルク (60, 180, 300度/秒)	post < pre; 60度/秒: -9.2%; 180度/秒: -2.7%; 300度/秒: -8.8% pre = post
20) Costa et al. (2009b)	1) W-up + 15秒SS×3 (10分?) 2) W-up + 45秒SS×3 (22分?) 3) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 足底屈 膝伸, 膝屈, 足底屈	動的バランス指標	1); post > pre: +18.0% 2), 3); pre = post
21) Bacurau et al. (2009)	1) W-up + 30秒SS×3 (20分) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈	レッグプレス1RM	1) < 2); -13.4%
22) Beckett et al. (2009)	1) W-up + 20秒SS×1 (4分) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股屈, 股内転, 足底屈	間欠的20m走タイム (6本×3セット) 間欠的20m方向転換走タイム (6本×3セット)	1) < 2); 2セット目のみ: -1.4% それ以外のセットには差なし 1) = 2)

表1 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について検討した研究(つづき)

著者(年)	条件(ストレッチング合計時間)	伸張された筋群	パフォーマンスの指標	結果
23) González-Ravé et al. (2009)	W-up + 15秒SS×3 (3.75分?)	膝伸, 膝屈, 足底屈	スクワットジャンプ高 垂直跳び高	pre = post pre = post
24) Hough et al. (2009)	1) W-up + 30秒SS×1 (7分) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	垂直跳び高	1) < 2); -4.2%
25) Favero et al. (2009)	1) W-up + 45秒SS×2 (12分) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 足底屈	40m走タイム	1) = 2)
26) Winchester et al. (2009)	1) 30秒SS×1 (30秒) 2) 30秒SS×2 (1.25分) 3) 30秒SS×3 (2分) 4) 30秒SS×4 (2.75分) 5) 30秒SS×5 (3.5分) 6) 30秒SS×6 (4.25分) 7) NS	膝屈 膝屈 膝屈 膝屈 膝屈 膝屈	膝関節屈曲1RM	1), 2), 3), 4), 5), 6) < 7) 1): -6.3%; 2): -5.7%; 3): -7.9%; 4): -10.2%; 5): -11.1%; 6): -12.1% 4), 5), 6) < 1), 2) 5, 6) < 3)
27) Curry et al. (2009)	W-up + 12秒SS×3 (10分)	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	垂直跳び高	pre = post
28) Gurjão et al. (2009)	1) 30秒SS×3 (20.5分?) 2) NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転	等尺性レッグプレス張力	1) < 2); -7.6%
29) Dalrymple et al. (2010)	1) W-up + 15秒SS×3 (8分) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 足底屈	垂直跳び高	1) = 2)
30) Sekir et al. (in press)	1) W-up + 20秒SS×2 (6分) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈	等速性短縮性膝関節伸屈トルク (60, 180度/秒) 等速性伸張性膝関節伸屈トルク (60, 180度/秒) 等速性短縮性膝関節屈曲トルク (60, 180度/秒) 等速性伸張性膝関節屈曲トルク (60, 180度/秒)	1); post < pre; 60度/秒: -7.7%; 180度/秒: -9.0%; 2); pre = post 1); post < pre; 60度/秒: -9.9%; 180度/秒: -9.9%; 2); pre = post 1); post < pre; 60度/秒: -8.0%; 180度/秒: -8.0%; 2); pre = post 1); post < pre; 60度/秒: -11.9%; 180度/秒: -13.9%; 2); pre = post
31) Babault et al. (2009)	30秒SS×20 (15分)	足底屈	等尺性足関節屈曲トルク	post < pre; -10.1%
32) Handrakis et al. (2009)	1) 30秒SS×3 (10分) 2) NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 足底屈, 体幹	動的バランス指標 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 立ち幅跳び距離	1) > 2); +18.6% 1) = 2) 1) = 2) 1) = 2) 1) = 2)
33) Chaouachi et al. (in press)	1) W-up + 30秒SS×2 (10分) 2) W-up + 30秒SS (90%ROM)×2 (10分) 3) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈 膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈	30m走タイム アジリティテストタイム 立ち5段跳び距離 垂直跳び高	1) = 2) = 3) 1) = 2) = 3) 1) = 2) = 3) 1) = 2) = 3)
34) Wilson et al. (in press)	1) 30秒SS×4 (16分) 2) NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈	約65%VO ₂ maxの強度における走経済性 自己ペース走距離	1) < 2); -4.9% 1) < 2); -3.4%
35) Winke et al. (in press)	1) W-up + 30秒SS×3 (6分) 2) W-up + NS	膝屈	等速性短縮性膝関節屈曲トルク (60, 210度/秒) 等速性伸張性膝関節屈曲トルク (60, 210度/秒)	1) = 2) 1) = 2)
36) Molacek et al. (in press)	1) W-up + 20秒SS×2 (?) + W-up 2) W-up + 30秒SS×5 (?) + W-up 3) W-up + NS + W-up	肩伸, 肘伸 肩伸, 肘伸	ベンチプレス1RM	1) = 2) = 3)
37) La Torre et al. (in press)	1) W-up + 30秒SS×4 (10分) 2) W-up + NS	膝伸, 足底屈	スクワットジャンプ高 (膝関節角度50, 70, 90, 110度) スクワットジャンプピーク張力 (膝関節角度50, 70, 90, 110度) スクワットジャンプ最大加速度 (膝屈曲角度50, 70, 90, 110度) スクワットジャンプ最大速度 (膝屈曲角度50, 70, 90, 110度) スクワットジャンプ最大パワー (膝屈曲角度50, 70, 90, 110度)	1) < 2); 50度: -20.8%, それ以外には差なし 1) < 2); 50度: -9.4%, 90度: -5.8%, それ以外には差なし 1) < 2); 50度: -15.5%, それ以外には差なし 1) < 2); 50度, 70度, それ以外には差なし 1) < 2); 50度, それ以外には差なし
38) Khorasani et al. (in press)	1) W-up + 30秒SS×1 (?) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 股外転, 足底屈	イリノイアジリティテストタイム	1) < 2); -5.1%

ックストレッチングの知見同様、パフォーマンスに正負の影響を及ぼさない、あるいはパフォーマンスを低下させることが明らかにされているものの、より良いパフ

ーマンス発揮に繋がることは示されていない(表2および3)。したがって、これらの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同様、ウォームアップにおける

パフォーマンス向上のためのストレッチングとして勧めることはできないだろう。

表2 パリス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について検討した研究

著者(年)	条件(ストレッチング合計時間)	伸張された筋群	パフォーマンスの指標	結果
1) Samuel et al. (2008)	1) W-up + 30秒BS × 3 (6分?) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈	垂直跳び高 垂直跳びパワー 等速性短縮性膝関節伸展トルク (60度/秒) 等速性短縮性膝関節屈曲トルク (60度/秒)	1) = 2) 1) < 2); -2.4% 1) = 2) 1) = 2)
2) Jagers et al. (2008)	1) W-up + 30秒BS × 2 (?) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転	垂直跳び高 垂直跳び張力 垂直跳びパワー	1) = 2) 1) = 2) 1) = 2)
3) Bacurau et al. (2009)	1) W-up + 30秒BS × 3 (20分) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈	レッグプレス1RM	1) = 2)

表3 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

著者(年)	条件(PNF手法; ストレッチング合計時間)	伸張された筋群	パフォーマンスの指標	結果
1) Manoel et al. (2008)	1) W-up + PS × 3 (HR: 5秒収縮-15秒弛緩; 3.3分?) 2) W-up + NS	膝伸	等速性短縮性膝関節伸展パワー (60, 180度/秒)	1) = 2)
2) Christensen & Nordstrom (2008)	1) W-up + PS × 3 (HR: 2秒収縮-5秒弛緩; ?) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股内転, 足底屈	垂直跳び高	1) = 2)
3) Babault et al. (in press)	30秒PS × 20 (HR: 6秒収縮-24秒弛緩; 15分)	足底屈	等尺性足関節底屈トルク	post < pre; -6.7%
4) Molacek et al. (in press)	1) W-up + PS × 2 (HR: 5秒収縮-10秒弛緩; ?) + W-up 2) W-up + PS × 5 (HR: 5秒収縮-10秒弛緩; ?) + W-up 3) W-up + NS + W-up	肩伸, 肘伸 肩伸, 肘伸	ベンチプレス1RM	1) = 2) = 3)

③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

他方, ダイナミックストレッチングについては前報⁴⁸⁾同様, パワー, 垂直跳び跳躍高, スプリント走タイムなどのパフォーマンスの向上効果が明らかとなっている(表4).

また, 最新の研究¹⁶⁾では下肢筋群における50回/分の低速なダイナミックストレッチングと100回/分の高速なダイナミックストレッチングを用いて, 垂直跳び, ドロップジャンプ(30cmの踏み台から飛び降り, 接地後できるだけ高くジャンプする方法), スクワットジャンプ(スクワットの姿勢からできるだけ高くジャンプする方法)の跳躍高に及ぼす影響について検討し, 高速なダイナミックストレッチングがすべての跳躍高の改善に最も有効であったという興

味深い知見も出されるなど, ダイナミックストレッチングの方法についての詳細な検討も始まっている.

一方で, ダイナミックストレッチングが筋力を向上させることも明らかにされた. Sekirら³⁶⁾は膝関節伸筋群および屈筋群におけるダイナミックストレッチングによって, 等速性(60および180度/秒)における短縮性および伸張性膝関節伸展ならびに屈曲トルクが増大したことを確認している. しかしながら, 筋力についてはダイナミックストレッチングによる改善効果がみられないとする研究⁶²⁾²⁴⁾もあり, 統一した見解は得られていない.

加えて, ダイナミックストレッチングが持久的なパフォーマンスに及ぼす影響についてもただひとつだけ検討が行われているが, ダイナミックストレッチングは走経済性に正負の影響を及ぼさないことが示さ

れている²⁰⁾.

前報⁴⁸⁾も含め総括すると, ダイナミックストレッチングについてはパワーや瞬発的なパフォーマンスを向上させることが多くの研究で明らかにされている. 加えて, パフォーマンスへの有効性が認められなかったとした研究はあるものの, パフォーマンスを低下させたことを明らかにした研究は未だにない. よって, これまでのところ瞬発的なパフォーマンスの発揮が必要とされる運動前のウォームアップとしてダイナミックストレッチングの実施が有効であると言えるだろう. 一方で, その他のパフォーマンス発揮(大きな筋力発揮あるいは持久的な能力発揮など)が必要とされる運動へのダイナミックストレッチングの有効性については, 今後更なる研究によって多くの知見を蓄積させ, 明らかにしていく必要があると思われる.

表4 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

著者(年)	条件(ストレッチング合計時間)	伸張された筋群	パフォーマンスの指標	結果
1) Hayes & Walker (2007)	1) 30秒DS×2 (?) 2) NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	約75%VO ₂ maxの強度における走経済性	1) = 2)
2) Holt & Lambourne (2008)	1) W-up + DS (6種目×10 reps: ?) 2) W-up + DS (柔軟性重視8種目×10 reps: ?) 3) W-up	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈 膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	垂直跳び高	1) = 2) = 3)
3) Herda et al. (2008)	30秒DS×4 (3種目×12-15 reps: 9.1分)	膝屈	等尺性膝関節屈曲トルク (101.81, 61.41度)	pre = post
4) Torres et al. (2008)	1) W-up + DS×1 (7種目×30 reps: ?) 2) W-up + NS	肩伸, 肩屈, 肩挙上, 肘曲, 肘伸, 手屈, 体幹	30%1RMベンチプレススロー (最大パワー, 最大張力, 最大加速度, 最大速度, 最大距離) メディシンボールオーバーヘッドスロー (最大速度, 最大距離) メディシンボールラテラルスロー (最大速度, 最大距離)	1) > 2) 1) = 2) 1) = 2)
5) Manoel et al. (2008)	1) W-up + 30秒DS×3 (1種目: 2.2分?) 2) W-up + NS	膝伸	等速性短縮性膝関節伸展パワー (60度/秒) (180度/秒)	1) > 2); 1): +8.9%; 2): +2.1% 1) > 2); 1): +6.3%; 2): -1.8%
6) Christensen & Nordstrom (2008)	1) W-up + DS×3 (8種目×8 reps: ?) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股内転, 足底屈	垂直跳び高	1) = 2)
7) Beedle et al. (2008)	1) W-up + 30秒DS×3 (2種目: 7.3分?) 2) W-up + NS	肩伸, 肘伸, 膝伸, 膝屈	ベンチプレス1RM レッグプレス1RM	1) = 2) 1) = 2)
8) Jagers et al. (2008)	1) W-up + DS×2 (5種目×15 reps: ?) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転	垂直跳び高 垂直跳び張力 垂直跳びパワー	1) = 2) 1) = 2) 1) > 2); +4.0%
9) Pearce et al. (2009)	1) DS×1-2 (7種目×10 reps: 12-15分) + W-up 2) NS + W-up	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	垂直跳び高	1) = 2) 1): post > pre; +7.2%
10) Hough et al. (2009)	1) W-up + DS×1 (5種目×15 reps: 7分) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	垂直跳び高	1) > 2); +4.9%
11) Curry et al. (2009)	W-up + DS×2 (9種目×10 reps: 10分)	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 足底屈	垂直跳び高	1) = 2)
12) Taylor et al. (2009)	1) W-up + DS (16種目: 15分) 2) W-up + 30秒SS×1-2 (15分)	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転, 足底屈, 体幹, 肩 膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転, 足底屈, 体幹	垂直跳び高 20m走タイム	1) > 2); +4.4% 1) > 2); +1.4%
13) Needham et al. (2009)	1) W-up + DS×2 (11種目: 10分) 2) W-up + 15秒SS×2 (10分)	膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転, 足底屈 膝伸, 膝屈, 股伸, 股屈, 股内転, 足底屈	垂直跳び高 10m走タイム 20m走タイム	1) > 2); +4.7% 1) > 2); +2.2% 1) > 2); +1.0%
14) Dalrymple et al. (2010)	1) W-up + DS×2 (4種目: 8分) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 足底屈	垂直跳び高	1) = 2)
15) Sekir et al. (in press)	1) W-up + DS×2 (4種目×15 reps: 6分) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈	等速性短縮性膝関節伸展トルク (60, 180度/秒) 等速性伸張性膝関節伸展トルク (60, 180度/秒) 等速性短縮性膝関節屈曲トルク (60, 180度/秒) 等速性伸張性膝関節屈曲トルク (60, 180度/秒)	1); post > pre; 60度/秒: +8.4%; 180度/秒: +11.8%; 2); pre = post 1); post > pre; 60度/秒: +14.5%; 180度/秒: +15.0%; 2); pre = post 1); post > pre; 60度/秒: +6.8%; pre = post; 180度/秒; 2); pre = post 1); post > pre; 60度/秒: +14.1%; 180度/秒: +14.5%; 2); pre = post
16) Chaouachi et al. (in press)	1) W-up + 30秒DS×2 (10分) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈	30m走タイム アジリティテストタイム 立ち5段跳び距離 垂直跳び高	1) = 2) 1) = 2) 1) = 2) 1) = 2)
17) Fletcher (in press)	1) W-up + slow DS×2 (5種目×10 reps: ?) 2) W-up + fast DS×2 (5種目×10 reps: ?) 3) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈 膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈	垂直跳び高 ドロップジャンプ高 スクワットジャンプ高	2) > 1) > 3); 2) vs. 1): +4.1%; 2) vs. 3): +4.9% 2) > 1) > 3); 2) vs. 1): +5.6%; 2) vs. 3): +9.4%; 1) vs. 3): +3.6% 2) > 1) > 3); 2) vs. 1): +1.9%; 2) vs. 3): +5.6%; 1) vs. 3): +3.6%
18) Khorasani et al. (in press)	1) W-up + 30秒DS×1 (5種目: ?) 2) W-up + NS	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 股外転, 足底屈	イリノイアジリティテストタイム	1) = 2)

④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プロトコルがパフォーマンスに及ぼす影響

前報⁴⁸⁾ではスポーツ現場において頻用されている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うプロトコルを用いてパフォーマンスに及ぼす影響を検討した2編の研究論文を紹介したが、

その後も引き続き、このような研究が行われている(表5)。Torresら⁴⁰⁾は上肢筋群に対する30秒の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とダイナミックストレッチングのみを行っ

た場合とでは、30%1RM の負荷重量におけるベンチプレススロー、等尺性ベンチプレス筋力、オーバーヘッドメディシンボールスローおよびラテラルメディシンボールスローのパフォーマンスに相違がなかったことを示している。また、内海ら⁴¹⁾も膝関節伸筋群および屈筋群における30秒の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とダイナミックストレッチングのみを行った場合とで等尺性膝関節伸展における最大筋力の30%(30%MVC)の負荷重量における膝関節伸展パワーに相違がなかったことを明らかにしている。前報⁴⁰⁾においても、66秒の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ではダイナミックストレッチングのみによるパフォーマンス向上効果を減じる知見がある一方で、30秒の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ではダイナミックストレッチングのみのパフォーマンス向上効果を相殺しないことが示されていたことについて述べた。したがって、前述の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章同様、パフォーマンスを低下させる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の閾値(30秒)に設定した研究では、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スタティックストレッチングによって相殺しないと結論づけられるように思える。しかしながら一方で、最新の研究²⁵⁾において、膝関節伸筋群および屈筋群、股関節伸筋群、内転筋群およ

び外転筋群、足関節底屈筋群における30秒の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でダイナミックストレッチングのみを行った場合よりもイリノイアジリティテストのタイムが遅くなったことが明らかにされている。

また、前報⁴⁸⁾で示した2つの研究では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が行われるプロトコルのみが用いられていたが、最近の研究で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うプロトコルがパフォーマンスに及ぼす影響についても検討されている。前述の内海らの研究⁴¹⁾では膝関節伸筋群および屈筋群におけるダイナミックストレッチングのみを行った場合、30秒の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に加え、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でも30%MVCの負荷重量における膝関節伸展パワーに相違がなかったことを明らかにしている。一方で、Simら³⁸⁾は下肢筋群を対象としたダイナミックストレッチング後に40秒のスタティックストレッチングを行うことでダイナミックストレッチングのみを行う場合よりも6本×3セットの間欠的な20mスプリント走の3セット目の総タイムが遅くなることを示している。よって、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う場合についても、パフォーマンスへの影響はスタティックストレッチングがパフォーマンスを低下させるひとつの筋群における閾値と考えられる「30秒」

に左右されそうであるが、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同様、Chaouachiらの研究⁸⁾では、下肢筋群におけるダイナミックストレッチング後に30秒のスタティックストレッチング(最大可動域の90%)を行ったことで、ウォームアップのみを行った場合よりも30mスプリント走のタイムが遅延したことが示されている[ただし、ダイナミックストレッチングを行った場合や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などとは両条件とも相違はなく、加えて、アジリティテストタイム、立ち5段跳び跳躍距離および垂直跳び跳躍高についてはすべての条件で差はみられていない(表5)]

以上のことから、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プロトコルについても、スタティックストレッチングの伸張時間の閾値(30秒)が鍵を握っていることを推察させる結果もあるが、一方でスタティックストレッチングの伸張時間が30秒であっても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することが示されている。ただし、これらの研究では、ストレッチングの対象筋群、ストレッチングのメニュー、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の間の休息时间、ストレッチング後のパフォーマンス発揮までの休息时间、パフォーマンスの指標などに相違があるため、明確な見解を示すためには、さらに詳細な検討を行い、多くの知見を蓄積する必要があると思われる。

表5 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プロトコルがパフォーマンスに及ぼす影響について検討した研究

著者(年)	条件(ストレッチング合計時間)	伸張された筋群	パフォーマンスの指標	結果
1) Torres et al. (2008)	1) W-up + 15秒SS×2 (7分?) + DS×1 (7種目×30 reps: ?)	肩伸, 肩屈, 肩挙上, 肘曲, 肘伸, 手屈, 体幹	30%1RMベンチプレススロー (最大パワー, 最大張力, 最大加速度, 最大速度, 最大距離)	すべてに差なし
	2) W-up + 15秒SS×2 (7分?)	肩伸, 肩屈, 肩挙上, 肘曲, 肘伸, 手屈, 体幹	メディシンボールオーバーヘッドスロー (最大速度, 最大距離)	すべてに差なし
	3) W-up + DS×1 (7種目×30reps: ?)	肩伸, 肩屈, 肩挙上, 肘曲, 肘伸, 手屈, 体幹	メディシンボールラテラルスロー (最大速度, 最大距離)	1) > 2); 最大距離: +8.6% それ以外には差なし
	4) W-up + NS			
2) Sim et al. (2009)	1) W-up + 20秒SS×2 (?) + DS×2 (3種目: ?)	膝伸, 膝屈, 足底屈	間欠的20m走タイム (6本×3セット)	2) < 3); 3セット目: -1.5% それ以外には差なし
	2) W-up + DS×2 (3種目: ?) + 20秒SS×2 (?)	膝伸, 膝屈, 足底屈		
	3) W-up + DS×2 (3種目: ?)	膝伸, 膝屈, 足底屈		
3) Chaouachi et al. (in press)	1) W-up + 30秒SS×1 (5分) + 30秒DS×1 (5分)	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈	30m走タイム	4) < 3); -1.9% それ以外には差なし
	2) W-up + 30秒SS (90%ROM)×1 (5分) + 30秒DS×1 (5分)	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈		
	3) W-up + 30秒DS×1 (5分) + 30秒SS×1 (5分)	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈	アジリティテストタイム	すべてに差なし
	4) W-up + 30秒DS×1 (5分) + 30秒SS (90%ROM)×1 (5分)	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈	立ち5段跳び距離	すべてに差なし
	5) W-up + 30秒SS×2 (10分)	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈	垂直跳び高	すべてに差なし
	6) W-up + 30秒SS (90%ROM)×2 (10分)	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈		
	7) W-up + 30秒DS×2	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 足底屈		
	8) W-up + NS			
4) Khorasani et al. (in press)	1) W-up + 30秒SS×1 (?) + 30秒DS×1 (5種目: ?)	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 股外転, 足底屈	イリノイアジリティテストタイム	1) < 3); -3.9% 3) > 2); +6.3% 4) > 2); +4.8% それ以外には差なし
	2) W-up + 30秒SS×1 (?)	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 股外転, 足底屈		
	3) W-up + 30秒DS×1 (5種目: ?)	膝伸, 膝屈, 股伸, 股内転, 股外転, 足底屈		
	4) W-up + NS			
5) 内海ら (印刷中)	1) W-up + 30秒SS×1 (1.3分) + DS×1 (2種目×20 reps: 1.2分)	膝伸, 膝屈	30%MVC膝関節伸張パワー	すべてに差なし
	2) W-up + DS×1 (2種目×20 reps: 1.2分) + 30秒SS×1 (1.3分)	膝伸, 膝屈		
	3) W-up + DS×1 (2種目×20 reps: 1.2分)	膝伸, 膝屈		

■ 研究結果を基にしたより良いパフォーマンス発揮のための運動前のストレッチングの方法(おわりにかえて)

以上をもとに、現段階で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に有効なストレッチングの方法を挙げるとするならば、瞬発的なパフォーマンス発揮が必要とされる運動前については、ダイナミックストレッチングの利用が推奨されよう。我が国の調査ではないが、実際にスポーツの現場では、ウォームアップにおけるダイナミックストレッチングの利用が促進してきている(2007年のDuehringらの調査¹⁴⁾、スタティックストレッチング: 65%, バリスティックストレッチング: 8%, PNFを用いたストレッチング: 27%, ダイナ

ミックストレッチング 95%)。

一方、我々はこれまでにダイナミックストレッチング前後のスタティックストレッチングの利用については、30秒未満(以内)であれば問題ないとしてきた⁴⁷⁾。しかしながら、最新の研究結果にもとづけば、30秒のスタティックストレッチングであっても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する可能性が示されていることから、スタティックストレッチングの伸張時間についてはもう少し慎重に考えなければならない。ところが、実際のスポーツ現場で用いられているスタティックストレッチングの伸張時間について調査した研究結果によれば、20秒以下の伸張時間を用いる割合が73%、20秒以上が27%であり、なかでも10~15秒を用いる割合が33%と最も高かったことが示されて

いる¹⁴⁾。また、ウォームアップにおけるスタティックストレッチングの利用の目的とされる柔軟性の向上効果を求める、あるいは筋や腱などのコンディションチェックをするといった場合には、15秒の伸張時間であっても十分効果があると考えられる。よって、瞬発的なパフォーマンス発揮が必要とされる運動前については、ダイナミックストレッチングを基本に、必要であれば15秒程度のスタティックストレッチングをダイナミックストレッチングの前後に含めるかたちでプロトコルを組むことを提言したい。

他方、瞬発的なパフォーマンス発揮が必要とされる運動以外のウォームアップにおける適切なストレッチングの方法については未だ明言することは難しい。例えば、低速で大きな筋力発揮が必要とされる運

動, 筋力を持続的に発揮するような運動, 間欠的に瞬発的なパフォーマンスを繰り返し発揮するような運動, 持久的な能力が

必要とされる運動(先行研究よりも運動強度を高め設定して検討する必要がある)などについては今後知見が蓄積され

ることにより, 各々のウォームアップに適したストレッチングの方法が提言されることが望まれる。

■ 参考文献

- 1) Allison SJ, Bailey DM, Folland JP. Prolonged static stretching does not influence running economy despite changes in neuromuscular function. *J Sports Sci.* 26:1489-1495, 2008.
- 2) 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.
- 3) Babault N, Kouassi BY, Desbrosses K. Acute effects of 15min static or contract-relax stretching modalities on plantar flexors neuromuscular properties. *J Sci Med Sport.* in press.
- 4) Bacurau RF, Monteiro GA, Ugrinowitsch C, Tricoli V, Cabral LF, Aoki MS. Acute effect of a ballistic and a static stretching exercise bout on flexibility and maximal strength. *J Strength Cond Res.* 23:304-308, 2009.
- 5) Beckett JR, Schneiker KT, Wallman KE, Dawson BT, Guelfi KJ. Effects of static stretching on repeated sprint and change of direction performance. *Med Sci Sports Exerc.* 41:444-450, 2009.
- 6) Beedle B, Rytter SJ, Healy RC, Ward TR. Pretesting static and dynamic stretching does not affect maximal strength. *J Strength Cond Res.* 22:1838-1843, 2008.
- 7) Cè E, Margonato V, Casasco M, Veicsteinas A. Effects of stretching on maximal anaerobic power: the roles of active and passive warm-ups. *J Strength Cond Res.* 22:794-800, 2008.
- 8) Chaouachi A, Castagna C, Chtara M, Brughelli M, Turki O, Galy O, Chamari K, Behm DG. Effect of warm-ups involving static or dynamic stretching on agility, sprinting, and jumping performance in trained individuals. *J Strength Cond Res.* in press.
- 9) Christensen BK, Nordstrom BJ. The effects of proprioceptive neuromuscular facilitation and dynamic stretching techniques on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 22:1826-1831, 2008.
- 10) Costa PB, Ryan ED, Herda TJ, DeFreitas JM, Beck TW, Cramer JT. Effects of stretching on peak torque and the H:Q ratio. *Int J Sports Med.* 30:60-65, 2009a.
- 11) Costa PB, Graves BS, Whitehurst M, Jacobs PL. The acute effects of different durations of static stretching on dynamic balance performance. *J Strength Cond Res.* 2009 23:141-147, 2009b.
- 12) Curry BS, Chengkalath D, Crouch GJ, Romance M, Manns PJ. Acute effects of dynamic stretching, static stretching, and light aerobic activity on muscular performance in women. *J Strength Cond Res.* 23:1811-1819, 2009.
- 13) Dalrymple KJ, Davis SE, Dwyer GB, Moir GL. Effect of static and dynamic stretching on vertical jump performance in collegiate women volleyball players. *J Strength Cond Res.* 24:149-155, 2010.
- 14) Duehring MD, Feldmann CR, Ebben WP. Strength and conditioning practices of United States high school strength and conditioning coaches. *J Strength Cond Res.* 23:2188-2203, 2009.
- 15) Favero JP, Midgley AW, Bentley DJ. Effects of an acute bout of static stretching on 40 m sprint performance: influence of baseline flexibility. *Res Sports Med.* 17:50-60, 2009.
- 16) Fletcher IM. The effect of different dynamic stretch velocities on jump performance. *Eur J Appl Physiol.* in press.
- 17) González-Ravé JM, Machado L, Navarro-Valdivielso F, Vilas-Boas JP. 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.
- 18) Gurjão AL, Gonçalves R, de Moura RF, Gobbi S. 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.
- 19) Handrakis JP, Southard VN, Abreu JM, Aloisa M, Doyen MR, Echevarria LM, Hwang H, Samuels C, Venegas SA, Douris PC. Static Stretching Does Not Impair Performance in Active Middle-Aged Adults. *J Strength Cond Res.* in press.
- 20) Hayes PR, Walker A. Pre-exercise stretching does not impact upon running economy. *J Strength Cond Res.* 21:1227-1232, 2007.
- 21) Herda TJ, Cramer JT, Ryan ED, McHugh MP, Stout JR. 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.
- 22) Holt BW, Lambourne K. The impact of different warm-up protocols on vertical jump performance in male collegiate athletes. *J*

- Strength Cond Res. 22:226–229, 2008.
- 23) Hough PA, Ross EZ, Howatson G. Effects of dynamic and static stretching on vertical jump performance and electromyographic activity. *J Strength Cond Res.* 23:507–512, 2009.
- 24) Jagers JR, Swank AM, Frost KL, Lee CD. The acute effects of dynamic and ballistic stretching on vertical jump height, force, and power. *J Strength Cond Res.* 22:1844–1849, 2008.
- 25) Khorasani MA, Sahebozamani M, Tabrizi KG, Yusof AB. Acute effect of different stretching methods on illinois agility test in soccer players. *J Strength Cond Res.* in press.
- 26) La Torre A, Castagna C, Gervasoni E, Cè E, Rampichini S, Ferrarin M, Merati G. Acute effects of static stretching on squat jump performance at different knee starting angles. *J Strength Cond Res.* in press.
- 27) Manoel ME, Harris–Love MO, Danoff JV, Miller TA. Acute effects of static, dynamic, and proprioceptive neuromuscular facilitation stretching on muscle power in women. *J Strength Cond Res.* 22:1528–1534, 2008.
- 28) McHugh MP, Nesse M. Effect of stretching on strength loss and pain after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 40:566–573, 2008.
- 29) Molacek ZD, Conley DS, Evetovich TK, Hinnerichs KR. Effects of low- and high-volume stretching on bench press performance in collegiate football players. *J Strength Cond Res.* in press.
- 30) Needham RA, Morse CI, Degens H. The acute effect of different warm-up protocols on anaerobic performance in elite youth soccer players. *J Strength Cond Res.* 23:2614–2620, 2009.
- 31) Pearce AJ, Kidgell DJ, Zois J, Carlson JS. Effects of secondary warm up following stretching. *Eur J Appl Physiol.* 105:175–183, 2009.
- 32) Robbins JW, Scheuermann BW. Varying amounts of acute static stretching and its effect on vertical jump performance. *J Strength Cond Res.* 22:781–786, 2008.
- 33) Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, Hull HR, Hartman MJ, Stout JR, Cramer JT. Do practical durations of stretching alter muscle strength? A dose–response study. *Med Sci Sports Exerc.* 40:1529–1537, 2008.
- 34) Samuel MN, Holcomb WR, Guadagnoli MA, Rubley MD, Wallmann H. Acute effects of static and ballistic stretching on measures of strength and power. *J Strength Cond Res.* 22:1422–1428, 2008.
- 35) Sayers AL, Farley RS, Fuller DK, Jubenville CB, Caputo JL. The effect of static stretching on phases of sprint performance in elite soccer players. *J Strength Cond Res.* 22:1416–1421, 2008.
- 36) Sekir U, Arabaci R, Akova B, Kadagan SM. Acute effects of static and dynamic stretching on leg flexor and extensor isokinetic strength in elite women athletes. *Scand J Med Sci Sports.* in press.
- 37) Siatras TA, Mittas VP, Mameletzi DN, Vamvakoudis EA. The duration of the inhibitory effects with static stretching on quadriceps peak torque production. *J Strength Cond Res.* 22:40–46, 2008.
- 38) Sim AY, Dawson BT, Guelfi KJ, Wallman KE, Young WB. Effects of static stretching in warm-up on repeated sprint performance. *J Strength Cond Res.* 23:2155–2162, 2009.
- 39) Taylor KL, Sheppard JM, Lee H, Plummer N. Negative effect of static stretching restored when combined with a sport specific warm-up component. *J Sci Med Sport.* 12:657–661, 2009.
- 40) Torres EM, Kraemer WJ, Vingren JL, Volek JS, Hatfield DL, Spiering BA, Ho JY, Fragala MS, Thomas GA, Anderson JM, Häkkinen K, Maresh CM. Effects of stretching on upper-body muscular performance. *J Strength Cond Res.* 22:1279–1285, 2008.
- 41) 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. 印刷中.
- 42) Wallmann HW, Mercer JA, Landers MR. 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.
- 43) Wilson JM, Hornbuckle LM, Kim JS, Ugrinowitch C, Lee SR, Zoundos MC, Sommer B, Panton LB. Effects of static stretching on energy cost and running endurance performance. *J Strength Cond Res.* in press.
- 44) Winchester JB, Nelson AG, Landin D, Young MA, Schexnayder IC. Static stretching impairs sprint performance in collegiate track and field athletes. *J Strength Cond Res.* 22:13–18, 2008.
- 45) Winchester JB, Nelson AG, Kokkonen J. A single 30-s stretch is sufficient to inhibit maximal voluntary strength. *Res Q Exerc Sport.* 80:257–261, 2009.
- 46) Winke MR, Jones NB, Berger CG, Yates JW. Moderate Static Stretching and Torque Production of the Knee Flexors. *J Strength Cond Res.* in press.
- 47) 山口太一, 石井好二郎. 陸上競技のサイエンスパフォーマンス向上のための競技前のストレッチング方法を再考する. 月刊陸上競技. 43(11):248–250, 2009.
- 48) 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.