

アスリーの競技会前の理想的なウォーミングアップ

1) ウォーミングアップの目的

ウォーミングアップは練習や試合の前に体温を上昇させることが目的です。体温を上昇させることで障害予防やパフォーマンスの改善につながるが考えられています。なぜなら、ウォーミングアップによる体温の上昇が以下の効果をもたらすと考えられ、柔軟性、敏捷性、力発揮などに有効であることが考えられているためです¹⁾。

- ・筋や関節の硬さの低減(decreased stiffness)により身体の柔軟性の向上
- ・神経伝達速度の向上(increased nerve-conduction rate)により敏捷性の向上
- ・筋の力-速度関係を変化させ(altered force-velocity relationship)、力、パワーの向上
- ・エネルギー供給を増加させ(increased anaerobic energy provision)、持続時間を向上
- ・暑さの耐性を向上させ(increased thermoregulatory strain)、運動の持続時間を向上

体温の上昇による筋や関節の抵抗や硬さの軽減は筋の動きの速度を上げることを意味します。その結果、身体動作が円滑化されて無駄なエネルギー消費を無くすため、パフォーマンスの改善が期待されることとなります。この他にも関節動作の可動域が増すことにもつながり、競技種目によってはパフォーマンスの改善、障害予防にもつながります。さらに、体温の上昇は運動中のエネルギーの供給を増加させることがわかっています²⁾。特に、短時間での瞬発的な運動によるエネルギーの供給に効果的であることから、ウォーミングアップはパワー発揮も高めることが期待されています。呼吸循環機能では、ウォーミングアップによる体温の上昇によって安静時の酸素摂取量が向上します³⁾。このことは、練習もしくは試合での酸素摂取を増大させ、結果として運動継続時間の延長といった持続的な運動パフォーマンスの改善効果が期待されます。したがって、ウォーミングアップはその後実施する練習、試合でのスポーツパフォーマンスの改善に有益であることがわかります。ただし、ウォーミングアップの内容が重要です。ウォーミングアップの強度が高すぎて体温が上昇させすぎて疲労が蓄積されてはパフォーマンスの改善は期待できません。一方で、疲労を考えすぎてしまい、体温が上昇しないウォーミングアップを取り入れても、パフォーマンスの改善は望めません。それではどのようなウォーミングアップの内容が効果的なのでしょう？

2) ウォーミングアップの方法 (スタティックストレッチング)

ウォーミングアップの方法は様々あります。ここでは、多くのスポーツ選手が実施するストレッチングの効果に焦点を当てて、述べようと思います。ストレッチングには静的なスタティックストレッチングと動的なダイナミックストレッチングの2つがあります。ス

タティックストレッチングは反動や弾みを使用せずに最大可動域付近まで関節を可動させて保持することで関節周りの筋や腱を伸ばす方法です。一方でダイナミックストレッチングは自主的に関節を動かして、動作の中で関節周りの筋や腱を伸ばす方法です。まずは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効果を見てみましょう。スタティックストレッチング後では膝関節の曲げ伸ばしの力がそれぞれ 8.1%、7.3%低下することがわかっています⁴⁾。また、スタティックストレッチング後では膝関節を伸ばすパワーも低下することもわかっています⁵⁾。この他にも、スタティックストレッチングが膝関節の筋機能を低下させる報告が多く見受けられます⁶⁻¹⁰⁾。足関節の力においても、スタティックストレッチング後では 23.2%の低下¹¹⁾、28.0%の低下¹²⁾、9.0%の低下¹³⁾が報告されています。上肢の肘関節の力もスタティックストレッチング後では 4.6%低下することが報告されています¹⁴⁾。これらの研究結果を踏まえると、練習前もしくは試合前のウォーミングアップをスタティックストレッチングのみ実施した場合には筋機能が低下し、その後の練習もしくは試合のパフォーマンスも低下することが予想されます。

この様にまとめると、スタティックストレッチングは実施しない方が良い、と思われがちですが、そのやり方に工夫が必要なのかもしれません。スタティックストレッチングの時間の影響を考えてみましょう。筋や腱を伸ばす時間とパフォーマンスの変化率との関係を検討した研究では、一つの筋群に対するスタティックストレッチングの時間が 60 秒以上^{15,16)}、もしくは 45 秒以上¹⁷⁾でパフォーマンスが低下することが報告されています。また、スタティックストレッチングに加えて他の運動、競技に特化した専門的な運動を組み合わせることでパフォーマンスの低下を防ぐこと¹⁸⁾、もしくは改善したことの研究結果もあります¹⁹⁾。このような知見を踏まえると、スタティックストレッチングは短時間で、体温を上昇させる他の運動と組み合わせることで実施すれば良いかもしれません。

3) ウォーミングアップの方法 (ダイナミックストレッチング)

次に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効果を見てみましょう。ダイナミックストレッチング後に下肢が発揮するパワーが 13.3%向上すること²⁰⁾、膝を伸ばすパワーが向上すること²¹⁾が報告されています。また、ダイナミックストレッチングに加えて他の運動も実施した場合には、サッカー選手の短距離走タイムの短縮やボール速度が向上すること²²⁾、アジリティタイムが向上すること²³⁾も報告されています。これらの研究結果を踏まえると、ダイナミックストレッチングはその後の練習や試合のパフォーマンスを向上することが期待されます。その実施方法についても議論されており、ダイナミックストレッチングのみよりもジョギングを組み合わせることで、20m 走タイムが短縮したことがわかっています²⁴⁾。また、低速(50 回/分)もしくは高速(100 回/分)でダイナミックストレッチングを実施した結果、高速(100 回/分)のダイナミックストレッチングが垂直跳びの高さの向上により有効であったことがわかっています。²⁵⁾ これらのことを踏まえると、ジョギングのような移動運動を加えた動作速度の速いダイナミックストレッチングがパーフォー

ンスの向上に有効かもしれません。このようなことを考えると、ボールルームダンス選手の場合、演技開始前には自主的に身体を動かしながらダイナミックストレッチングを実施して、また速い動作を伴うボールルームダンス特有の運動を実施するなど、体温を上昇させるウォームアップが重要になるかもしれません。

参考文献

1. Bishop D. Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Med.* 2003;33:439-54.
2. Edwards RH, Harris RC, Hultman E, Kaijser L, Koh D, Nordesjö LO. Effect of temperature on muscle energy metabolism and endurance during successive isometric contractions, sustained to fatigue, of the quadriceps muscle in man. *J Physiol.* 1972;220:335-52.
3. Andzel WD, Gutin B. Prior exercise and endurance performance: a test of the mobilization hypothesis. *Res Q.* 1976;47:269-76.
4. Kokkonen J, Nelson AG, Cornwell A. Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Res Q Exerc Sport.* 1998;69:411-415.
5. Yamaguchi T, Ishii K, Yamanaka M, Yasuda K. Acute effect of static stretching on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension. *J Strength Cond Res.* 2006;20:804-10.
6. Nelson AG, Allen JD, Cornwell A, Kokkonen J. Inhibition of maximal voluntary isometric torque production by acute stretching is joint-angle specific. *Res Q Exerc Sport.* 2001;72:68-70.
7. Nelson AG, Guillory IK, Cornwell C, Kokkonen J. Inhibition of maximal voluntary isokinetic torque production following stretching is velocity-specific. *J Strength Cond Res.* 2001;15:241-6.
8. McHugh MP, Nesse M. Effect of stretching on strength loss and pain after eccentric exercise. *Med Sci Sports Exerc.* 2008;40:566-73.
9. 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.* 2008;22:809-17.
10. Evetovich TK, Cain RM, Hinnerichs KR, Engebretsen BJ, Conley DS. Interpreting normalized and nonnormalized data after acute static stretching in athletes and nonathletes. *J Strength Cond Res.* 2010;24:1988-94.
11. Avela J, Kyröläinen H, Komi PV. Altered reflex sensitivity after repeated and prolonged passive muscle stretching. *J Appl Physiol* (1985). 1999

Apr;86(4):1283-91.

12. Fowles JR, Sale DG, MacDougall JD. Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *J Appl Physiol.* 2000;89:1179-88.
13. Maisetti O, Sastre J, Lecompte J, Portero P. Differential effects of an acute bout of passive stretching on maximal voluntary torque and the rate of torque development of the calf muscle-tendon unit. *Isokinetics and Exercise Science.* 2007;15:11-17.
14. Evetovich TK, Nauman NJ, Conley DS, Todd JB. Effect of static stretching of the biceps brachii on torque, electromyography, and mechanomyography during concentric isokinetic muscle actions. *J Strength Cond Res.* 2003;17:484-8.
15. Behm DG, Blazevich AJ, Kay AD, McHugh M. Acute effects of muscle stretching on physical performance, range of motion, and injury incidence in healthy active individuals: a systematic review. *Appl Physiol Nutr Metab.* 2016;41:1-11.
16. Kay AD, Blazevich AJ. Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc.* 2012;44:154-64.
17. Simic L, Sarabon N, Markovic G. Does pre-exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta-analytical review. *Scand J Med Sci Sports.* 2013;23:131-48.
18. Young WB, Behm DG. Effects of running, static stretching and practice jumps on explosive force production and jumping performance. *J Sports Med Phys Fitness.* 2003;43:21-7
19. McMillian DJ, Moore JH, Hatler BS, Taylor DC. Dynamic vs. static-stretching warm up: the effect on power and agility performance. *J Strength Cond Res.* 2006;20:492-9.
20. Yamaguchi T, Ishii K. Effects of static stretching for 30 seconds and dynamic stretching on leg extension power. *J Strength Cond Res.* 2005;19:677-83.
21. Yamaguchi T, Ishii K, Yamanaka M, Yasuda K. Acute effects of dynamic stretching exercise on power output during concentric dynamic constant external resistance leg extension. *J Strength Cond Res.* 2007;21:1238-44.
22. Gelen E. Acute effects of different warm-up methods on sprint, slalom dribbling, and penalty kick performance in soccer players. *J Strength Cond Res.* 2010;24:950-6.
23. Fletcher IM, Monte-Colombo MM. An investigation into the effects of different warm-up modalities on specific motor skills related to soccer performance. *J Strength Cond Res.* 2010;24:2096-101.
24. Fletcher IM, Jones B. The effect of different warm-up stretch protocols on 20

meter sprint performance in trained rugby union players. J Strength Cond Res. 2004;18:885-8

25. Fletcher IM. The effect of different dynamic stretch velocities on jump performance. Eur J Appl Physiol. 2010;109:491-8.

アスリートの競技会前の理想的なウォーミングアップ

ウォーミングアップの目的は、体温を上昇させることで障害予防やパフォーマンスの改善につなげることにあります。

小 山 桂 史

桐蔭横浜大学 スポーツ健康政策学部
スポーツテクノロジー学科 准教授