

2015年度定例研究会報告

ストレッチング・サイエンス

～ストレッチング研究の成果を現場に生かすために～

水野 貴正

Stretching Science

– Utilize the findings of research for stretching –

Takamasa MIZUNO

1. ストレッチングと運動パフォーマンス

1. 1. 各種ストレッチングが筋力・パワーに及ぼす影響

「ウォーミングアップでは静的ストレッチングを行わない方がいい？」このような話を聞いたことがあるだろうか。静的ストレッチングとは、関節を他動的に一定の角度まで曲げ、その角度を数秒間保持することで筋・腱などを伸ばす、最も一般的なストレッチング法である。ウォーミングアップで静的ストレッチングを行わない方がいいと言われるようになったきっかけは、1998年に発表されたKokkonenらの論文であろう<sup>1)</sup>。彼らは膝伸筋群・屈筋群に対して5種類のストレッチングを15秒×3セット行った結果、膝屈曲筋力が7.3%、膝伸展筋力が8.1%低下したことを示した(図1)。その後、Kokkonenらと同様に静的ストレッチングが運動パフォーマンスを低下させるという論文が多数報告され、さらに、2009年に発行されたアメリカスポーツ医学会「運動処方指針」には、“筋力、筋のパワー、筋の持久力がパフォーマンスの重要な要素となるスポーツ種目では、運動前よりも、むしろ運動後にストレッチングを行うことが推奨される”と記載された<sup>2)</sup>。このアメリカスポーツ

医学会の指針が転機となり、ウォーミングアップでは静的ストレッチングを行わない方が良いと言われるようになったと考えられる。

では、本当に静的ストレッチングは運動パフォーマンスを低下させるのだろうか。静的ストレッチングが運動パフォーマンスにどのような影響を及ぼすのか検討したレビューによれば、筋力、パワー、ジャンプ高は、パフォーマンス向上や変化なしと報告した結果に比べ、パフォーマンス低下を示した結果が最も多い<sup>3)</sup>。また、Simicらのメタアナリシスによれば、筋力は-5.4% (61の研究: 962人)、筋パワーは-1.9% (12の研究: 195人) 低下すると示されている<sup>4)</sup> (図2)。同様に、瞬発的な能力として、力の立ち上がり速度が-4.5%、ジャンプ、スプリントが-1.6%低下する (57の研究: 1072人) と報告されている<sup>4)</sup>。このように、静的ストレッチングは筋力、パワー、瞬発的な能力に対してネガティブな影響を与える可能性が高い。

では、運動パフォーマンス低下を引き起こさないためにはどのようなことに注意すればよいのだろうか。これまでの先行研究の結果から、以下の点に注意することでパフォーマンス低下の可能性を最小限にできると考えられる。①等尺性収縮を行う前に静的ストレッチングを行わ

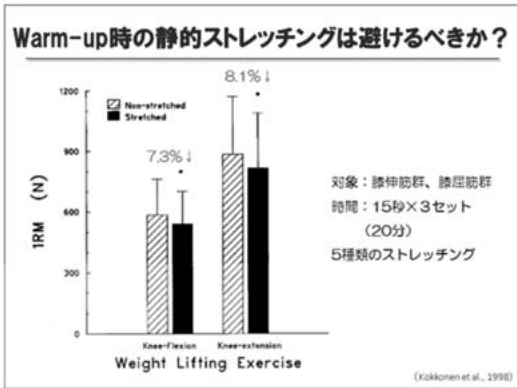


図 1

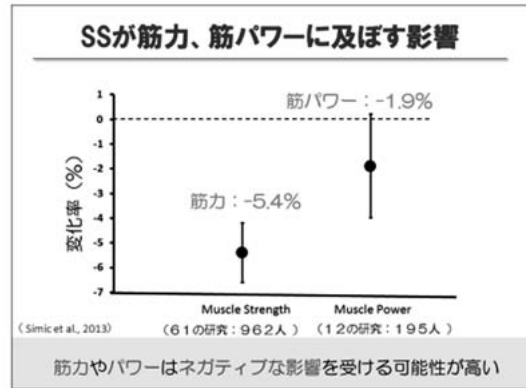


図 2

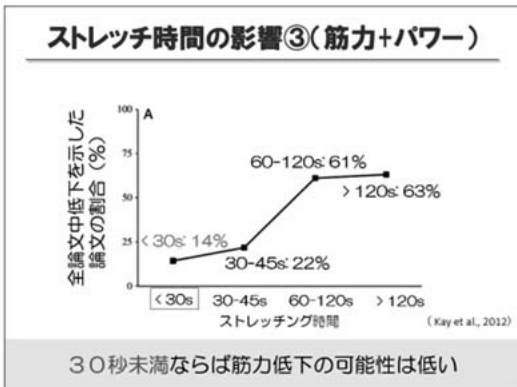


図 3

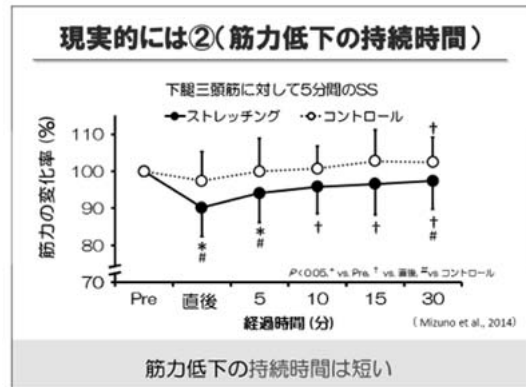


図 4

ないこと、②ストレッチング時間を30秒未満にすること(図3)、③痛みを我慢するような強度ではストレッチングを行わないこと<sup>4-6)</sup>。ただし、我々が一般的に行う静的ストレッチング時間の多くは20秒以下であり、また、静的ストレッチング後の筋力低下の持続時間は短いことが報告されている<sup>7,8)</sup>(図4)。これらのことを考慮すると、現場レベルにおいて、ウォーミングアップ時の静的ストレッチングによる運動パフォーマンス低下は、それほど気にしなくても良いのではないだろうか。

その他のストレッチング法として、バリスティックストレッチング、PNFストレッチングが運動パフォーマンスに及ぼす影響について検討した論文が散見させる。なお、バリスティックストレッチングとは反動や勢いを利用して、関節可動域内またはそれを越えるところ

まで筋及び腱を伸長させる方法である<sup>9)</sup>。PNFストレッチングとは、ストレッチングを行う筋に一度強い力発揮を行わせることでその後の脱力を促し、より脱力した状態で筋を伸ばす方法である<sup>10)</sup>。演者の知る限り、現在のところバリスティックストレッチング、PNFストレッチング後に運動パフォーマンス向上を示したデータはない<sup>9)</sup>。一方で、PNFストレッチング後に運動パフォーマンス低下を示した報告はいくつかあり、PNFストレッチングは運動パフォーマンスにネガティブな影響を及ぼす可能性がある<sup>9)</sup>。しかしながら、バリスティックストレッチング、PNFストレッチングに関して、運動パフォーマンスとの関係を検討した論文の数は、静的ストレッチングと比較してかなり少ないため、今後の更なる検討が必要である。

ダイナミックストレッチングは、運動パ

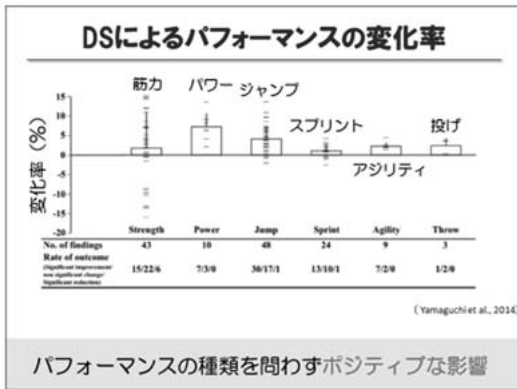


図 5

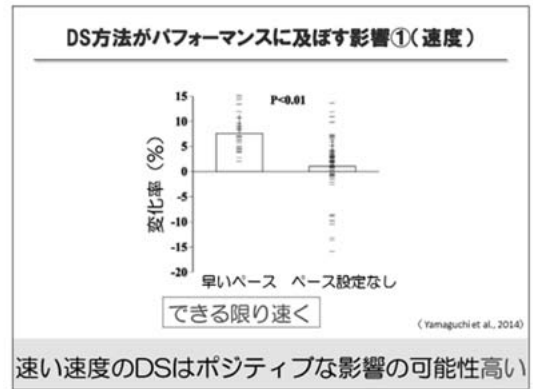


図 6

パフォーマンスを向上させる可能性が高い。先行研究では、筋力、パワー、ジャンプ、スプリント、アジリティ、投げの各能力でパフォーマンスの向上が報告されている<sup>11)</sup> (図5)。また、パフォーマンスを向上させるための適切なダイナミックストレッチング方法も検討されており、できる限り速い速度で、10～15回または10～20mを1～2セット行くとダイナミックストレッチングによるポジティブな影響を受ける可能性が高い<sup>11)</sup> (図6)。

静的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で行った場合の運動パフォーマンスへの影響は、一致した見解が得られていない。ただし、静的ストレッチングの時間が長くなると、ダイナミックストレッチングによるポジティブな影響が静的ストレッチングにより消失してしまうと考えられており、静的ストレッチングの時間を30秒以内にするとういと示唆されている<sup>9)</sup>。

## 1. 2. 静的ストレッチングが関節可動域に及ぼす影響

一般的に、静的ストレッチングを行う目的は関節可動域を増加させることである。では、どのようなプロトコルで静的ストレッチングを行うと、関節可動域の増加に効果的なのだろうか。

ストレッチング時間は15秒～60秒程度必要である。Boyceらはハムストリングに対して15秒

のストレッチングを10セット行い、関節可動域の変化を検討した<sup>12)</sup> (図7)。その結果、1セットのみでも関節可動域は増加すること、5セット目まではセット数の増加とともに可動域の増加量が大きくなること、6セット目以降はプラトーに達し5セット目以上の可動域の増加がないことを明らかにした。つまり、ハムストリングの可動域を増加させるためには、15秒を1～5セット行えばよいのである。しかしながら、ストレッチングを行う部位によって、ストレッチング時間を変えなければいけないかもしれない。同じストレッチング時間であっても、ハムストリングは下腿三頭筋や大腿四頭筋に比べて可動域の増加量が大きい傾向が見られる(図8)。つまり、下腿三頭筋や大腿四頭筋はハムストリングよりも長い時間ストレッチングすべきである。

また、ストレッチングは少し痛い程度の強度で、温めた後に行うと可動域の増加に効果的である<sup>13, 14)</sup>。さらに、ストレッチングを毎日行う必要はなく、週3日・2回／日行えば、週7日・1回／日または週7日・2回／日と同程度の可動域増加が得られる<sup>15)</sup>。次に、関節可動域増加の持続時間についてデータを紹介する。即時効果の持続時間として、下腿三頭筋に対して5分間の静的ストレッチングを行った場合、少なくとも30分後まで持続し、60分以内に消失することが報告されている<sup>16)</sup>。また、ハムストリングに対して4.5分の静的ストレッチングを行った

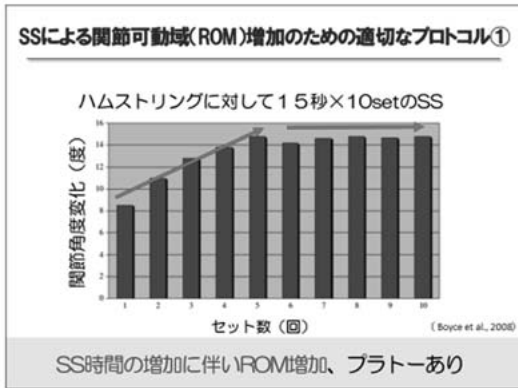


図 7

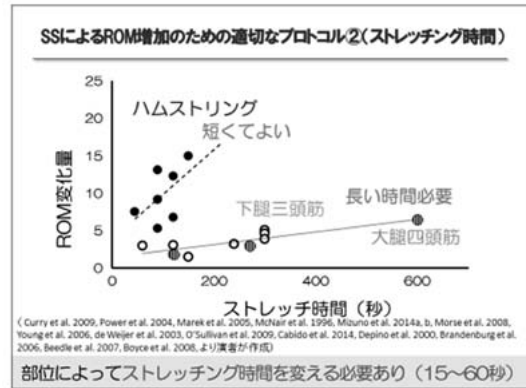


図 8

場合、120分以上持続すると報告されている<sup>17)</sup>。これらの報告は、即時効果の持続時間についても、ストレッチング部位により異なる影響を受けることを示唆している。一方、習慣的に静的ストレッチングを行った場合の関節可動域増加の持続期間について、週3日・1回/日または週3日・2回/日の静的ストレッチングを1ヶ月行い獲得した関節可動域の増加は、その後、静的ストレッチングを全く行わなくても、1ヶ月以上持続することが示されている<sup>15)</sup>。

## 2. 習慣的なストレッチングが筋力にもたらす影響

習慣的に静的ストレッチングを行うと、柔軟性のみならず、いくつかの運動パフォーマンスも向上することが示されている。Kokkonenらは、下肢筋群に対して週3日・15秒×3セット・15種類の静的ストレッチングを10週間行うことにより、柔軟性、跳躍力、ダッシュ力、最大筋力、筋持久力が増加したことを示した<sup>18)</sup>。つまり、運動パフォーマンスへの影響は、習慣的な静的ストレッチングと即時的な静的ストレッチングで真逆なのである。ウェイトトレーニングと静的ストレッチングの組み合わせについても検討されており、週3日(月・水・金曜日)・8週間ウェイトトレーニングのみを行う場合より、週2回(火・木曜日)の静的ストレッチングを組み合わせた場合の方がより大きな脚筋力の向上が得られる<sup>19)</sup>。さらに、静的ストレッチング

による筋力の増加には、クロスエデュケーション効果がある可能性も示されている。Nelsonらは、右脚の下腿三頭筋に対する週3日・10週間の静的ストレッチングにより、右脚に加え左脚の筋力も向上したことを報告している<sup>20)</sup>(図9)。ただし、左脚の筋力増加量は右脚の約半分であった。また、静的ストレッチングにより筋萎縮を防止できることも示されている。笠原らは12週間のウェイトトレーニング後、トレーニングを中止し、片足のみ3ヶ月間静的ストレッチングを行った。その結果、ストレッチ脚の筋力低下が-4.8%であったのに対し、非ストレッチ脚は-9.6%であった<sup>21)</sup>(図10)。つまり、怪我などの理由によりウェイトトレーニングを行えない場合には、静的ストレッチングを行うことで筋萎縮を抑制できるかもしれない。

## 3. 静的ストレッチングによる柔軟性増加のメカニズム

静的ストレッチングにより関節可動域は増加するが、それはどのようなメカニズムによるものなのか。1つ目は、静的ストレッチングに対する抵抗力の低下である。ストレッチングに対する抵抗力とは、ストレッチングに伴う他動的な関節の屈曲・伸展に対して抵抗する、不随意的な力である。筋腱複合体には粘弾性特性があるため、静的ストレッチング中、関節角度が一定であるにもかかわらず、時間の経過とともに抵抗力は低下する<sup>22)</sup>(図11)。このことは、筋

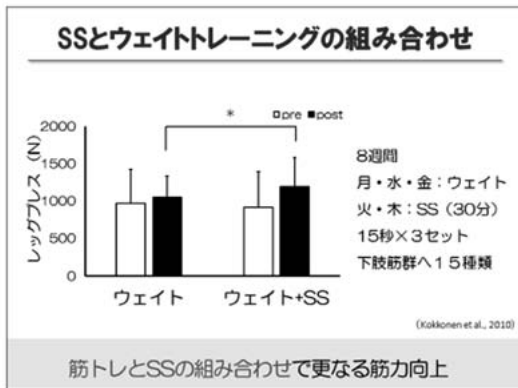


図9

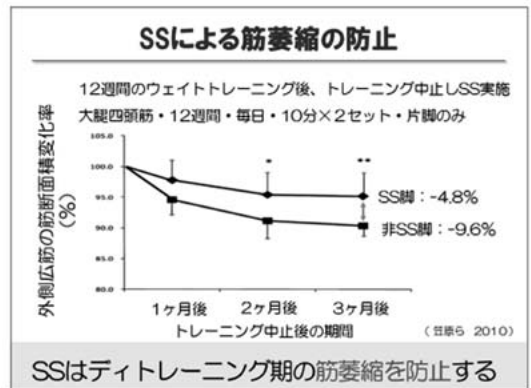


図10

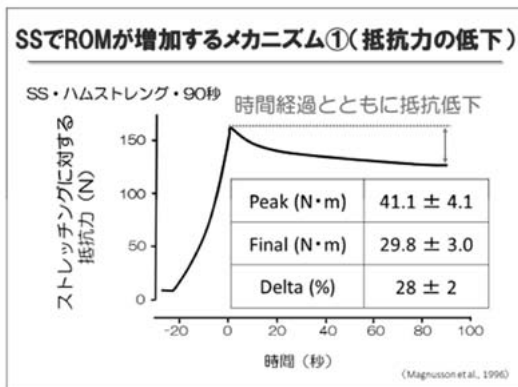


図11

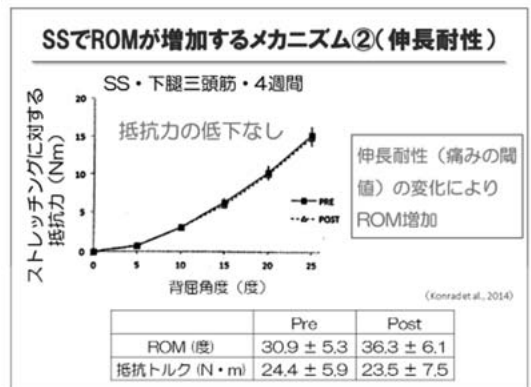


図12

腱複合体の伸展性が増加していることを意味する。このようなストレッチングに対する抵抗力の低下により、関節可動域は増加する。

静的ストレッチングが関節可動域を増加させる2つ目のメカニズムは伸長耐性の増加である。つまり、痛みの閾値が上昇することにより、痛みを感じにくくなった結果、関節可動域が増加するのである。即時的な静的ストレッチングによる関節可動域の増加には、ストレッチングに対する抵抗力の低下と伸長耐性の増加の2つの要因が影響しているが、習慣的なストレッチングによる関節可動域の増加には伸長耐性の増加のみが影響している<sup>23,24)</sup> (図12)。

#### 4. まとめ

静的ストレッチングの即時的影響として、関

節可動域は増加し、筋力などのパフォーマンスは低下する。ダイナミックストレッチングの即時的影響として、筋力などのパフォーマンスは向上する。このようなことから、どのようなストレッチング方法で、何を目的としてストレッチングを行うのか考慮した上で、ストレッチングを行うべきである。ただし、静的ストレッチングをウォーミングアップで行う場合に、静的ストレッチングが主運動に対してネガティブな影響を与える可能性は、現実的には低いと演者は考える。なぜならば、一般的に行われているストレッチング時間は、研究で行われるストレッチング時間よりも短いためである。さらに、もし筋力低下が起きたとしてもその持続時間は僅かである。つまり、主運動の直前に長時間の静的ストレッチングを行わないようにすればよいのである。どうしても主運動の直前に静



的ストレッチングを行う必要がある場合には、ストレッチング時間を短くしたり、ダイナミックストレッチングに切りかえたりした方が良いと思われる。

今回紹介した研究の中には、現場と類似した条件下で行われたものもあれば、かなり異なる条件下で行われたものも存在する。それらの多様なデータが果たして実際に役に立つのかどうか、必ずしも一般化して考えるのではなく、それぞれのフィールド毎で有用性を検討することにより、研究成果をより現場に生かすことができるのではないかと考えている。

## References

- 1) Kokkonen J, et al., Acute muscle stretching inhibits maximal strength performance. *Research quarterly for exercise and sport*, 1998. 69(4): 411-415.
- 2) Swain D P, et al., ACSM's resource manual for guidelines for exercise testing and prescription. 8th ed. 2010: Lippincott Williams & Wilkins. 173.
- 3) Behm D G, et al., A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. *European journal of applied physiology*, 2011. 111(11): 2633-2651.
- 4) Simic L, et al., Does pre – exercise static stretching inhibit maximal muscular performance? A meta – analytical review. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 2013. 23(2): 131-148.
- 5) Kay A D, et al., Effect of acute static stretch on maximal muscle performance: a systematic review. *Med Sci Sports Exerc*, 2012. 44(1): 154-164.
- 6) Behm D G, et al., Massage and stretching reduce spinal reflex excitability without affecting twitch contractile properties. *J Electromyogr Kinesiol*, 2013. 23(5): 1215-21.
- 7) Duehring M D, et al., Strength and conditioning practices of United States high school strength and conditioning coaches. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2009. 23(8): 2188-2203.
- 8) Mizuno T, et al., Stretching-induced deficit of maximal isometric torque is restored within 10 minutes. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2014. 28(1): 147-153.
- 9) 山口 太, et al., 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 (特集 ストレッチング update). *Journal of training science for exercise and sport*, 2011. 23(3): 233-250.
- 10) 谷本 道, et al., ストレッチングと柔軟性の生理学およびPNFストレッチングに関する考察 (特集 ストレッチング update). *Journal of training science for exercise and sport*, 2011. 23(3): 199-203.
- 11) Yamaguchi T, et al., An optimal protocol for dynamic stretching to improve explosive performance. *J Phys Fitness Sports Med*, 2014. 3(1): 121-129.
- 12) Boyce D, et al., Determining the minimal number of cyclic passive stretch repetitions recommended for an acute increase in an indirect measure of hamstring length. *Physiotherapy theory and practice*, 2008. 24(2): 113-120.
- 13) Nakano J, et al., The effect of heat applied with stretch to increase range of motion: A systematic review. *Physical Therapy in Sport*, 2012. 13(3): 180-188.
- 14) Young W, et al., Effects of static stretching volume and intensity on plantar flexor explosive force production and range of motion. *Journal of sports medicine and physical fitness*, 2006. 46: 3.
- 15) Cipriani D J, et al., Effect of stretch frequency and sex on the rate of gain and rate of loss in muscle flexibility during a hamstring-stretching program: a randomized single-blind longitudinal study. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2012. 26(8): 2119-2129.
- 16) Mizuno T, et al., Viscoelasticity of the muscle-tendon unit is returned more rapidly than range

- of motion after stretching. *Scand J Med Sci Sports*, 2013. 23(1): 23-30.
- 17) Power K, et al., An acute bout of static stretching: effects on force and jumping performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 2004(36): 1389-96.
- 18) Kokkonen J, et al., Chronic static stretching improves exercise performance. *Med Sci Sports Exerc*, 2007. 39(10): 1825-1831.
- 19) Kokkonen J, et al., Early-phase resistance training strength gains in novice lifters are enhanced by doing static stretching. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2010. 24(2): 502-506.
- 20) Nelson A G, et al., A 10-week stretching program increases strength in the contralateral muscle. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 2012. 26(3): 832-836.
- 21) 笠原政志, et al., デイトレーニング中のストレッチが筋量に及ぼす影響. *体力科学*, 2010. 59(5) : 541-548.
- 22) Magnusson S P, et al., Biomechanical responses to repeated stretches in human hamstring muscle in vivo. *The American Journal of Sports Medicine*, 1996. 24(5): 622-628.
- 23) Konrad A, et al., Increased range of motion after static stretching is not due to changes in muscle and tendon structures. *Clinical Biomechanics*, 2014. 29(6): 636-642.
- 24) Mizuno T, et al., Decrements in stiffness are restored within 10 min. *Int J Sports Med*, 2013. 34(6): 484-90.

