

静的及び動的ストレッチングによる筋力発揮への影響について

The influence on the muscular power exertion by static and dynamic stretching

山本 忠志* 秋原 悠* 村上 佳司**
YAMAMOTO Tadashi AKIHARA Yu MURAKAMI Keishi

本研究は、ウォーミングアップとして、静的ストレッチングを行った場合と動的ストレッチングを行った場合のその後の筋力発揮にどのような影響を及ぼすかを明らかにすることを目的とした。健康な成人8名を対象に6種の静的ストレッチングおよび3種の動的ストレッチングを行わせ、その前後の最大の筋力をサイバックスによって測定した。その結果、静的ストレッチングの実施によって最大筋力の低下を示し、動的ストレッチングによって最大筋力の向上を認めた。また、静的ストレッチングでは動的運動での角速度の増加に伴い最大筋力の低下傾向を認め、動的ストレッチングでは角速度の増加に伴って最大筋力の向上傾向が認められたものの、同じ角速度での個人差が大きく示される結果であった。

キーワード：ストレッチング，静的，動的，筋力発揮

Key words：stretching, static, dynamic, muscular power exertion

I. 目的

ストレッチングは、スポーツを行ううえで主にウォーミングアップおよびクールダウンの中で盛んに取り組まれている。それは、筋の余分な緊張を除き、関節可動域 (ROM) を広げることによって動きを滑らかにし、怪我の予防に効果があるとされている (山口ら 2007)。同じ姿勢を長時間続けるなどすると筋の緊張が高まり、その結果 ROM が低下した状態で急に関節を大きく動かすと怪我をしてしまう恐れがあるので、ストレッチングによって筋の緊張を取り除くことは重要であると考えられる。

ストレッチングを大きく分けると、静的ストレッチングと動的ストレッチングに分けられる。静的ストレッチングとは、関節を動かして目的の筋肉をゆっくりと伸ばし、自分やパートナーの力、又は床などを使って適度に伸びたところで関節角度を保った状態で筋を伸張させる方法である。動的ストレッチングとは、関節を繰り返し動かし目的の筋肉の伸張と収縮を繰り返すことにより筋を伸張させる方法で、個々人の可動域内で動かしながら伸張させるダイナミックストレッチング、反動を使いながら伸張させるバリスティックストレッチングなどがある。静的ストレッチングには ROM を広げるトレーニングとしての効果、クールダウンで筋の緊張を解く効果が期待できる。動的ストレッチングにも、ストレッチング後の動的な競技動作での ROM を広げる効果が静的ストレッチングと同様に期待できる。動的ストレッチングは、柔軟性の向上効果が静的ストレッチングに比べ劣るのではないかとこの疑問が持たれているが、数編の研究 (山口ら 2007、内海ら 2010) により動的ストレッチングによ

る柔軟性の改善効果は、静的ストレッチングとなら変わらないことが示されている。

また、ウォーミングアップにおけるストレッチングには、ROM を広げる効果だけでなく、パフォーマンス向上の効果があると信じられていた。しかし近年、静的ストレッチングによる筋力発揮の低下が報告されている。3～10分の静的ストレッチングの前後で、最大挙上負荷、等速性筋力などの動的筋力の低下 (Cramer ら 2004) ならびに等尺性筋力および筋力発揮速度の低下 (Nelson ら 2001) が報告されている。この筋力低下は最大で約30%にも及び、その影響はストレッチング終了後45分間ほど持続すると言われている。このような筋力発揮の低下は、あらゆるスポーツでのパフォーマンスの低下につながると推測される。そのためスポーツをする前、特に筋力発揮が重要なスポーツでのウォーミングアップとして、静的ストレッチングを行うことが適していない場合があると考えられる。また、影響が持続することから、スポーツの直前では、静的ストレッチングは禁止した方が良いのではないかという考えが出ている。しかし、前述したように、ストレッチングの効果はスポーツをするうえで重要であるので、より筋力発揮に適したウォーミングアップとしてのストレッチングが必要である。そこで、動的ストレッチングによる筋力発揮はどのようなのだろうか。静的ストレッチングと同様に筋力発揮の低下を招いてしまうのだろうか。先行研究では、静的ストレッチングよりも報告が少なく、一致した見解には至っていない。

そこで本研究は、ウォーミングアップとして、静的ス

ストレッチを行った場合と動的ストレッチを行った場合での最大筋力を比較して、ストレッチの違いによる筋力発揮への影響について明らかにすることを目的とした。

II. 方法

1. 被験者

被験者は普段から運動を実践している健康な男性6名、女性2名の計8名で実施した。

すべての被験者に対して事前に研究の目的等の説明を行い、承諾をとった。

2. 静的ストレッチの方法 (図1)

静的ストレッチとして、6種類の右膝関節伸筋群のストレッチ(①立位で右足を後ろに引き上げ右手で足首を持つ。このとき、バランスが崩れないように左手は壁につけておくこと、しっかりと右膝関節伸筋群を伸ばすために右膝を左膝より前に出さないことに注意する。②うつ伏せになりパートナーが右膝を持ち上げ足首を前方に押す。このとき、骨盤が浮かないように注意する。腰に負担がかかる場合があるからである。③後ろに振り上げた脚を椅子か何かでおしりの高さくらいに固定する。このとき、しっかりと右膝関節伸筋群を伸ばすために前傾姿勢にならないように注意する。④後ろに振り上げた足をパートナーが固定する。このとき、被験者は両手を壁につけておき、前傾姿勢になりすぎないように体勢を安定させておく。⑤ベンチの上で仰向けになり自重と腕の力で伸ばす。このとき、しっかりと右膝関節伸筋群を伸ばすために膝の角度が大きくなるように注

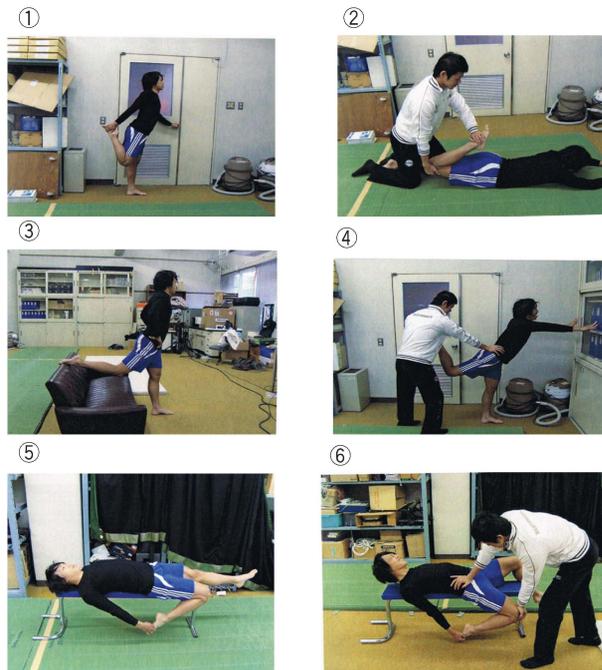


図1 静的ストレッチの方法 (①～⑥)

意する。⑥ベンチの上で仰向けになり自重と腕の力で伸ばし更にパートナーの力を加える。このときも⑤と同様の注意をする。)を各30秒間連続して行い、それを2セット実施した。セット間の休息は20秒間とした。

3. 動的ストレッチの方法 (図2)

動的ストレッチでは、3種類の右膝関節伸筋群のストレッチ(①椅子に座り膝を伸展させ、伸びきったところから屈曲する。②仰向けになり膝の角度を90度にして前方に脚を押し出し、伸びきったところから引き戻す。③立位で脚を右足が後ろに来るように前後に開き右脚のつま先を上げ、垂直に膝をかかとの位置まで下ろしたら膝をもとの位置に戻す。膝をかかとの位置まで下ろしたとき、左膝がつま先の前に出ないように注意する。)を2セット行う。1セット目は2秒上げ2秒下げの動作を各10回繰り返す、2セット目は1秒上げ1秒下げの動作を各10回繰り返した。セット間の休息は20秒とした。すべて個人個人の可動域内で行うものとした。

4. 最大筋力の測定

被験者に対し、静的ストレッチならびに動的ストレッチを、1日1種目のストレッチを1週間の間隔をあげ、合計2日間で施行した。各ストレッチの前に、軽く準備運動を行い、最大筋力の測定、ストレッチの実施、終了3分後速やかに最大筋力の測定を行った。最大筋力測定については、CYBEX(酒井医療社製)を使用して膝伸展時の最大筋力を測定した。最大筋力の測定は、静的最大筋力として角速度0度と動的最大筋力

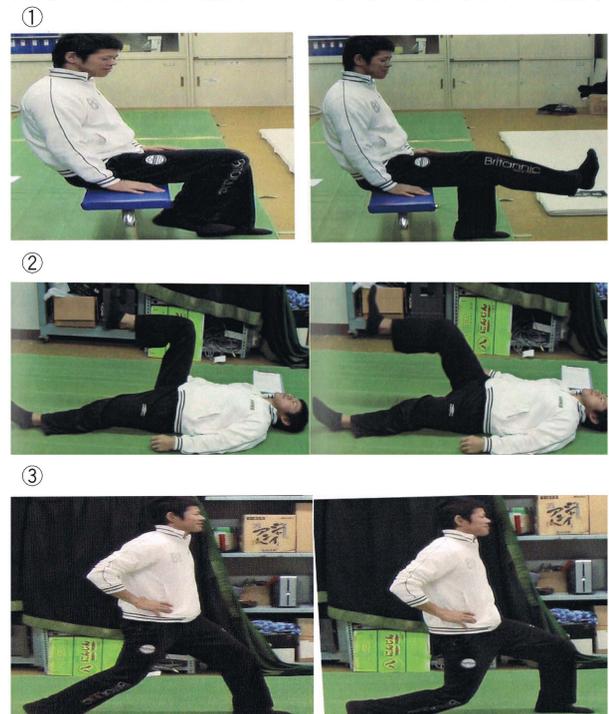


図2 動的ストレッチの方法 (①～③)

として角速度30度、90度、180度での測定を行った。角速度0度については、膝角度90度に維持した状態で5秒間筋力発揮をさせ、最高値の記録を用いた。動的最大筋力については、それぞれの角速度での膝伸屈運動を3回行い、最高値の記録を用いた。測定順序は、角速度0度、30度、90度、180度で行った。角速度間の休息は1分間とした。筋力の比較には、各被験者の各角速度での増減率を求め、被験者8名の平均値並びに標準偏差を求めた。

動的最大筋力を測定しようとした場合、反動の力が加わった筋力が計測される場合があるため、実際よりも大きな筋力が測定される可能性があると言われている（平山ら 2010）。そこで、反動の影響を抑えるため、胴と脚をベルトで固定し、筋力発揮させるスタート位置を決める役目と反動防止の役目をする板を設置し、測定した。

Ⅲ. 結果と考察

1. 静的ストレッチングにおける最大筋力

表1は被験者8名の静的ストレッチング前後の各角速度での最大筋力を比較し、その増減率と平均増減率および標準偏差を示したものである。

表1 静的ストレッチングによる各角速度での最大筋力の増減率と平均増減率 (%)

被験者/角速度	0度	30度	90度	180度
A(♂)	-20	-17	-29	-33
B(♂)	-4	-11	0	-9
C(♂)	-25	-25	-17	-6
D(♂)	-7	0	0	0
E(♂)	-9	11	-30	-15
F(♂)	-10	0	16	-26
G(♀)	8	15	0	*
H(♀)	-2	0	-14	-20
mean	-9	-3	-9	-16
S.D.	10.3	13.6	16.0	11.6

*:測定不能

静的ストレッチング後、ストレッチング前よりも角速度0度で増加した者は1名、減少した者は7名であった。角速度30度で増加した者は2名、減少した者は3名、増減なし3名であった。角速度90度で増加した者は1名、減少した者は4名、増減なしが3名であった。角速度180度で増加した者は0名、減少した者は6名、増減なしの者は1名であり、1名については測定できなかった。平均の増減率でみると全ての角速度でストレッチング前よりも減少し、角速度の増加に応じて減少率が増加する傾向が示され、角速度180度での動的最大筋力の減少が最も大きく認められた。このような減少傾向は先行研究（Nelsonら 2001）と一致するものである。また、瞬発的なパフォーマンスに及ぼす影響についての先行研究（Cornwellら 2001）でも、パフォーマンスの低下を

認められたことと関係する可能性がある。また、角速度30度での減少が最も小さく認められている。これは、ゆっくりした動きでは静的ストレッチングの影響が少ない可能性があるが、パフォーマンスが低下する恐れは十分に考えられる。

図3は静的ストレッチング前後における最大筋力の増減率を個人および平均で示したものである。動的最大筋力における角速度での違いは、平均増減率でみると静的ストレッチングでは角速度が速くなるにつれて低下する傾向が示されており、これは先行研究に一致するものである（Cramerら 2004）。しかし、個人増減率でみると同じ角速度でも個人差が大きいことから、角速度での一致した変化は認められなかった。以上の結果から、静的ストレッチングによって静的最大筋力および動的最大筋力が低下する可能性が大きいことが示された。これは、最大筋力の発揮が重要なスポーツでは、パフォーマンスの低下する可能性が高いことを示唆しているもので、ウォー

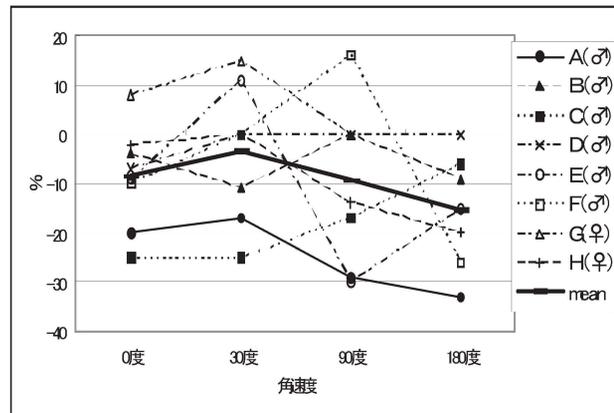


図3 静的ストレッチングによる各角速度での筋力の個人および平均値の増減率の変化

ミングアップでの静的ストレッチングのみは避けたほうがよいと考えられる。

このような静的ストレッチングによる筋力低下のメカニズムについては、筋には、筋紡錘という受容器があり、筋の長さを検知している器官がある。筋紡錘が伸張されると、感覚信号が脊髄や脳の中樞神経系に送られるが、このとき、脊髄中にある運動神経（ α 運動神経）の活動を増強し、伸張された筋の活動を高めるように作用する。これを伸張反射といい、筋が伸張されると、これに抗して大きな筋力を意識しなくとも瞬時に発揮できるような仕組みである。一方、筋紡錘の内部にも、錘内線維と呼ばれる筋線維があり、運動神経による支配を受けている（ γ 運動神経）。錘内線維は、筋紡錘の感度を調節していて、 γ 運動神経が活動すると筋紡錘の感度が上がる。最大筋力を発揮するときには、 α と γ の両方の運動神経が活動し、筋紡錘からの感覚信号によってさらに筋力発揮が増強される仕組みがはたらく。これを γ - α 共役と呼

ぶ。静的ストレッチングにより、筋紡錘の感度が低下し（脱感作）、その結果、筋の緊張は低減するものの、 γ - α 共役がうまくはたらかなくなると筋力も低下する可能性があると考えられている。

2. 動的ストレッチングにおける最大筋力

表2は被験者8名の動的ストレッチング前後の各角速度での最大筋力を比較し、その増減率と平均増減率および標準偏差を示したものである。

動的ストレッチング後、安静時よりも角速度0度で増加した者は8名である。角速度30度で増加した者は8名であり、角速度90度で増加した者は6名で、増減なしが2名である。角速度180度で増加した者は6名で、増減なしの者は1名であり、1名については測定できなかった。

表2 動的ストレッチングによる各角速度での最大筋力の増減率と平均増減率 (%)

被験者/角速度	0度	30度	90度	180度
A(♂)	20	23	13	14
B(♂)	15	17	28	28
C(♂)	13	7	24	18
D(♂)	10	10	25	28
E(♂)	18	19	0	20
F(♂)	20	23	17	26
G(♀)	17	13	0	*
H(♀)	11	15	23	0
mean	16	16	16	19
S.D.	3.9	5.8	11.1	10.0

*:測定不能

図4は動的ストレッチング前後における最大筋力の増減率を個人および平均で示したものである。動的最大筋力における角速度での違いは、平均増減率で見ると動的ストレッチングでは角速度が速くなるにつれて向上する傾向を示しており、これは瞬発力を必要とする運動のパフォーマンス向上を認めた先行研究（石井ら 2010）と一致するものである。しかし、個人増減率で見ると同じ角速度でも個人差が大きいことから、明らかな角速度での違いは認められていない。このような動的ストレッチングによる筋力向上のメカニズムについては、筋活動と筋の伸張が組み合わせられていること、筋の循環が活性化し、温度も上昇すること、などの要因が関連しているものと考えられている。以上の結果から、動的ストレッチングによって静的最大筋力、動的最大筋力が向上する可能性が大きく示された。これは、最大筋力の発揮が重要なスポーツでは、動的ストレッチングによりパフォーマンスが向上する可能性が高いことを示している。ウォーミングアップでの動的ストレッチングは有効であると考えられる。

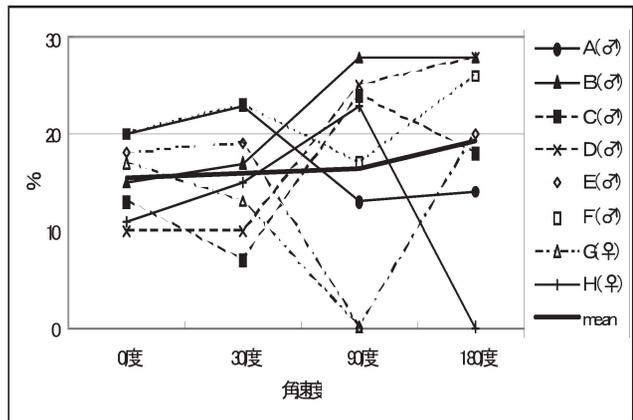


図4 動的ストレッチングによる各角速度での筋力の個人および平均値の増減率の変化

3. 静的ストレッチングと動的ストレッチングの比較

表3は静的ストレッチングと動的ストレッチングの平均増減率を示したものである。

表3 各ストレッチング前後の各角速度における平均増減率の比較

	角速度	0度	30度	90度	180度
静的ストレッチング		-9%	-3%	-9%	-16%
動的ストレッチング		16%	16%	16%	19%

静的ストレッチングでは最大筋力の減少傾向がみられ、動的ストレッチングでは最大筋力の増加傾向がみられた。そこで、それぞれの角速度の平均値の増減率について t 検定を行ったところ、すべての角速度で $p < 0.05$ を示すことから、有意な差が認められた。すなわち、静的ストレッチングよりも動的ストレッチングの方が最大筋力発揮に効果的であることが認められた。このことは、最大筋力の発揮が重要なスポーツでは、静的ストレッチングによりパフォーマンスが低下する恐れがあり、動的ストレッチングによりパフォーマンスが向上する可能性が高いことを示している。また、動的最大筋力の平均増減率は、静的ストレッチングでは角速度が速くなるにつれて低下し、動的ストレッチングでは角速度が速くなるにつれて向上する傾向を認めているが、同じ角度でも個人差が大きいことから、明らかな違いは認められなかった。

ところで、今回実施した静的ストレッチングでは、合計6分間のストレッチングを行ったが、実際のスポーツ現場では長いもの感じられる。また、一回の伸張時間30秒についても、スポーツ現場におけるウォーミングアップ時に利用されている静的ストレッチングの伸張時間は20秒以下が73%と、20秒以上の27%を大きく上回っているという調査結果（Duchringら 2009）があることから、再検討する必要があると考えられる。最近の研究では、スポーツ現場に即した方法、特に1つの筋群に対する伸

張時間について考慮した検討が増えてきている。Siatrasら(2008)は膝関節伸筋群に対して10、20、30秒及び60秒の静的ストレッチングを実施した場合とストレッチングを実施しなかった場合とで、等尺性、及び等速性の膝関節伸展トルクに及ぼす影響を検討し、30秒及び60秒では筋力が低下したものの、10秒及び20秒あるいはストレッチングを実施しなかった場合では低下しなかったことを報告している。しかし、膝関節伸筋群を対象とした研究(Oguraら2007)では、60秒の静的ストレッチングを1セット実施した場合は等尺性筋力が低下したものの、30秒を2セット実施した場合は低下がみられなかったことを報告している。このように、静的ストレッチングによる影響についても一致した見解が出されているとはいえないことから、さらに被験者を増やしてデータを積み重ねる必要があると思われる。

IV. まとめ

ウォーミングアップとして、静的ストレッチングのみと動的ストレッチングのみによるストレッチングの違いによる筋力発揮への影響について、ストレッチング後の最大筋力を比較したところ、静的ストレッチングによる最大筋力の低下傾向、動的ストレッチングによる最大筋力の向上傾向が示され、静的ストレッチングに比べて動的ストレッチングでは明らかな最大筋力の増加率が認められた。また、ストレッチング後の動的最大筋力の平均増加率をみると、静的ストレッチングにおける筋力発揮は角速度が速くなるにつれて平均増加率は低下傾向を示し、動的ストレッチングでは角速度が速くなるにつれて増加する傾向を認めたが、同じ角速度での個人差が大きいことから、明らかな違いを示すものではなかった。

文 献

- 山口太一, 石井好二郎 (2007) 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.
- 内海景憲, 山口太一, 石井好二郎 (2010) 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(1)39-48.
- Cramer JT, Housh TJ, Johnson GO, Miller JM, Coburn JW, Beck TW (2004) Acute effects of static stretching on peak torque in women. J Strength Cond Res. 18(2):236-241.
- Nelson AG, Guillory IK, Cornwell C, Kokkonen J (2001) Inhibition of maximal voluntary isokinetic torque production following stretching is velocity-specific. J Strength Cond Res. 15(2):241-246.
- 平山邦明, 杉崎範英, 加藤えみか, 金久博昭, 福永哲夫, 川上泰雄 (2010) 腓ステイフネス, 筋力および筋活動が反動動作による機械的仕事量増強の個人差に与える影響: 体育学研究 55(1):33-43.
- Cornwell A, Nelson AG, Heise GD, Sidaway B (2001) Acute effects of passive muscle stretching on vertical jump performance. J of Human Movement Studies 40:307-324.
- Duehring MD, Feldmann CR, Ebben WP (2009) Strength and conditioning practices of United States high school strength and conditioning coaches. J Strength Cond Res. 23(8):2188-2203.
- Siatras TA, Mittas VP, Mameletzi DN, Vamvakoudis EA (2008) The duration of the inhibitory effects with static stretching on quadriceps peak torque production. J Strength Cond Res. 22(1):40-46.
- Ogura Y, Miyahara Y, Naito H, Katamoto S, Aoki J (2007) Duration of static stretching influences muscle force production in hamstring muscles. J Strength Cond Res. 21(3):788-792.