

1

ストレッチングの研究と現場

ストレッチングの研究を語る —ダイナミックストレッチングとスタティックストレッチングの使い方

山口太一

酪農学園大学 農食環境学群
食と健康学類 准教授

1981年、日本で『ボブ・アンダーソンのストレッチング』（堀居昭訳、ブックハウス・エイチディ）が刊行されるとまたたく間に普及したスタティックストレッチング（カコミ欄参照）。その後、2005年にコーチング雑誌において、ウォーミングアップ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向上にマイナスであるとの否定的な意見を述べ、反響というより反発が大きかったという山口先生、現在は、ダイナミックストレッチングとスタティックストレッチングの上手な使い方を提唱、両者の特徴を踏まえた研究に取り組まれている。ここでは、山口先生の研究全般について詳しく聞いた。多数の図を紹介していただいたが、誌面の関係で割愛したものも多い。

ウォームアップとストレッチング

—先生ご自身は野球をやっていたらっしゃったとのことですが、ポジションはどこだったのですか？

ピッチャーでした。

—選手時代はスタティックストレッチングをしていた？

行っていました。加えて、チームでダイナミックストレッチングをやるということになって、ちょうどやり始めたころでした。

—それは90年代？

はい、1997年に大学1年生でした。

—アップのときにスタティックストレッチングも行ってた？

はい、やっていました。一定時間を自由に与えられて、自分が硬いと思うところを伸ばしていたと思います。それと股関節と肩関節は重点的にスタティックストレッチングを行っていたイメージがあります。

—そのあと、ダイナミックストレッチングを導入。

そうです。

—ダイナミックストレッチングをやるうというのは誰が言い出したのですか？

山本利春先生（体育学部スポーツトレーナー学科、大学院武道・スポーツ科学研究科教授）や有賀誠司先生（東海大学スポーツ医科学研究所教授）が「学生トレーナーの集い」を毎年開催されていて、そこに私たちのチームのトレーナーが参加したり、日本体育大学のトレーナーチームに、大学に来ていただいてトレーニングを教わったり、ケアをしていただいていた、その方たちが指導してくれていました。

—もちろん日本中スタティックストレッチングだけということはないと思いますが、そういう意味ではあまり理由がはっきりしていない、みんながやっているからとか、やるものだというので、それは以前のダイナミックな、あるいはバリスティックな柔軟体操をやっていたのとあまり変わらないわけですね。先生ご自身がこれを研究テーマにしようと思ったのは、ウォームアップで行うスタティックストレッチングに疑問があったから？

疑問というよりは、ダイナミックストレッチングの効果が高いという実感があったからです。ですから、スタティックストレッチングがよくないという発想は、研究をスタートするまで全然ありませんで



やまぐち・たいち先生

た。研究しようと思って文献を読み始めたときに、初めてスタティックストレッチングがパフォーマンスにマイナスの影響を与えることを示した研究があるんだと知ったくらいです。

—ダイナミックストレッチングのほうがよいという感じはあったけれども、ストレッチングと言えばスタティックストレッチング、文献的にも当時ダイナミックストレッチングがよいというものはあまりなかったと思います。文献に書かれていることが本当かどうかやってみようということですね。最初はアンケートをとられたとか？

大学の野球部の3～4年生の時期ですが、練習試合を行ったチームなどに、トレーナーがいればトレーナーに、主将であれば主将にお渡しして、「ウォーミングアップとクールダウンのストレッチングは何を行っていますか？」というアンケートをとらせていただきました。それを卒論のテーマにできればと思ってまとめ始めた、それがスタートです。

—それは予想どおりだった？

そうですね。ウォームアップのスタティックストレッチングの実施率がほぼ100%、ダイナミックストレッチングが5割くらい、PNFは2~3割で、バリスティックストレッチングは全然実施されていませんでした。

— やっている人はそういう明確な区別はしていないのでは？

そうかもしれないですね。例は挙げて、こういう柔軟体操はバリスティックストレッチングに入れますとか、ゆっくり伸ばすのはスタティックストレッチングですというように書かせていただいたのですが、もしかしたらあまり厳密に区別はされていなかったかもしれません。

— スタティックストレッチングを「ストレッチング」と思っていれば、ダイナミックストレッチングを「これもストレッチ？」と思う人はいるかもしれません。ダイナミックストレッチングについては、そのときはどのような説明をされた？

動的ストレッチング＝ダイナミックストレッチングと教科書には書いてありましたが、私が行っていたダイナミックストレッチングは、いわゆる陸上競技選手が行っているドリルであったり、サッカー選手が行うようなブラジル体操みたいなものだったので、そういう説明を書かせていただいて、アンケート調査を行いました。

— バリスティックは、たとえば長座体前屈で後ろから「1、2、3…」と押すような柔軟体操と捉えてよいですか？

そうですね。

— 当時は、それでもスタティックストレッチングが多く実施されていた。

多かったですね。

— たとえばピッチャーであれば、投げる前にスタティックストレッチングを行ってすぐには投げにくいように思うのですが。

はい。しかし今でもそうですが、感覚的には肩関節回りはスタティックストレッチングのほうがいい感じを私はもっています。部位によってももしかしたら違うのかもしれませんが。筋を収縮させて、大きな力を

発揮する筋、多くは筋長の長い筋になりますが、そういう部分はスタティックストレッチングではないほうがいいのかも思っていないと思っています。これらの理由ははっきりわかりませんが、感覚的にはそう感じています。

スタティックストレッチングの研究

— 人によって、あるいは競技やプレースタイルなどによっても違うような気がします。研究者としては、まずは当時出ていた難しい論文を大量に読まれたということですが、研究はどのへんから入っていきこうと思われた？

北海道大学大学院教育学研究科に入るときに、ストレッチングの研究にはどのようなものがあるのかを調べ始めたのですが、スタティックストレッチングを行うと筋力が低下するという文献が1998年に初めて出され、それを読んだときに、そんなことがあるのかと思い、それは確認してみなければ

いけないと思いました。しかし、当時所属していた石井好二郎先生の研究室にはまだ適切な測定器等はなく、やっと測定することができたのは動作くらいで、その動作自体も決して難しい動作を採用することはできませんでした。足関節にデジタルの角度計をつけて、ふくらはぎにいろいろなストレッチングを行い、それで動きがどのように変化するかを調べる実験を最初に行いました。

— 足関節の底背屈の角度？

背屈の角度変化ですね。

— 先ほどのスタティックストレッチングを行うと筋力が低下するというのは、筋力発揮が低下する？

はい、筋力発揮ですね。レッグエクステンションとレッグカールの筋力が低下したことが明らかになっていました(図1、次頁)。最初は文献を見ながらストレッチングの種類について整理し、そのなかでスタ

■ボブ・アンダーソンのストレッチング

ボブ・アンダーソン (Bob Anderson、正確に Robert A. Anderson、1945年生まれ) がストレッチングを考案するきっかけは、自分自身のオーバーウェイトだった。1968年、28歳のときのこと。食事の量と質を変え、ランニングとサイクリングを始めたアンダーソンはやがてからだの硬さに気づき、徐々にスタティックストレッチングの方法論を構築していく。

1975年、ボブ・アンダーソンはほぼ自費出版のかたちで "Stretching" をまとめた。最初は周辺の人に指導するだけだったが、この本の出版により、テレビにも出演、各スポーツチームの指導者も多数行うようになった。そして1980年に Shelter Publications 社から "Stretching" の書名でリファインされた体裁で刊行され、各国語に訳され、瞬く間に世界各国に広がった。

それは日本も例外ではなく、翌1981年に小社から日本語の「ボブ・アンダーソンのストレッチング」(堀居 昭訳)が刊行、同じ年に「デイリーストレッチ体操」(安田矩明、小栗達也、勝亦紘一著)と「ストレッチ体操—伸展運動と動きづくり」(両者とも大修館書店)も「NHKテレビで話題の新しい体操」(同書の帯より)と銘打って出版された。翌1982年には「奇跡のストレッチング」(小林義雄著、講談社)も刊行され、以後続々とストレッチングに関する本が出た。またNHKという全国放送メディアを通じた関連

番組の放映とこれら書籍を始めとする各種関連書籍の大量出版により、ストレッチングは急速に普及していった。

ボブ・アンダーソンのストレッチングは、ヨガなども参考にしている、ヨガと同じポーズもみられる。ボブ・アンダーソンは、その著書で「伸展反射」(伸張反射のこと)という項目を起し、以下のように述べている。

「筋は伸展反射と呼ばれる機構によって保護されている。筋線維を大きく伸ばせば(はずみをつけたり、過度に伸展して)、神経反射の働きにより筋にシグナルが送られ、筋は収縮する。この機構によって筋は障害から守られる。従って、大きく伸展させれば、ストレッチしようとしている筋肉を硬くしてしまうのだ! (略)

できるだけ大きくストレッチしたり、はずみをつけて上下させたりすると筋が緊張し伸展反射が起こる。このような危険極まる方法を用いると筋に痛みを生じさせ、そのうえ、筋線維に顕微鏡学的に裂傷によって体に障害を与える」(『ボブ・アンダーソンのストレッチ』1981年、pp.11-12)

こうしてストレッチングは世界的に広まったが、整形外科医である R. ドミングスはこの流行を批判、無理な肢位でのストレッチングはかえって危険であり、必要のないストレッチングが多いという反論を出した(『トータル・ボディ・トレーニング』ブックハウス・エイディディ刊)。

スタティクストレッチングは筋力を向上させるのか？

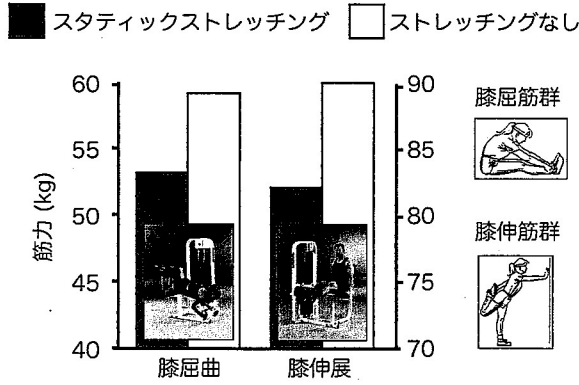


図1 スタティクストレッチングは下肢の筋力を低下させる* (Kokkonen et al. Res Q Exerc Sport 69:411-415,1998) (★はP.26-27にカラー図)

スタティクストレッチングは筋力を向上させるのか？

| 報告者 (年) | 伸張された筋群 | 筋機能の指標 | 結果 |
|---------------------|--------------------|--------------------------|----|
| Kokkonen (1998) | 大腿四頭筋群 ハムストリングス | 等負荷性膝伸展1RM 等負荷性膝屈曲1RM | ↓ |
| Avela (1999) | 下腿三頭筋群 | 等尺性足底屈トルク | ↓ |
| Fowles (2000) | 下腿三頭筋群 | 等尺性足底屈トルク | ↓ |
| Nelson (2001a) | 大腿四頭筋群 | 等尺性膝伸展トルク | ↓ |
| Nelson (2001b) | 大腿四頭筋群 | 等速性膝伸展トルク | ↓ |
| Behm (2001) | 大腿四頭筋群 | 等尺性膝伸展張力 | ↓ |
| Evetovich (2003) | 上腕二頭筋群 | 等速性腕屈曲トルク | ↓ |
| Cramer (2004) | 大腿四頭筋群 | 等速性膝伸展トルク | ↓ |
| Power (2004) | 大腿四頭筋群 下腿三頭筋群 | 等尺性膝伸展張力 等尺性足底屈張力 | ↓ |
| Behm (2004) | 大腿四頭筋群 | 等速性膝伸展張力 | → |
| Cramer (2005) | 大腿四頭筋群 | 等速性膝伸展トルク | ↓ |
| Weir (2005) | 下腿三頭筋群 | 等尺性足底屈トルク | ↓ |
| Knudson (2005) | 前腕屈筋群 | 等尺性握力 | ↓ |
| Bazett-Jones (2005) | 脚伸筋群 | 等尺性レッグプレス張力 | → |

図2-1 スタティクストレッチングは筋力を低下させることが明らかになっている (向上は明らかになっていない)

スタティクストレッチングは筋力を向上させるのか？

| 報告者 (年) | 伸張された筋群 | 筋機能の指標 | 結果 |
|---------------------|--------------------|-------------------------------------|----|
| Marek (2005) | 大腿四頭筋群 | 等速性膝伸展トルク | ↓ |
| Nelson (2005) | 大腿四頭筋群 ハムストリングス | 等負荷性膝伸展1RM 等負荷性膝屈曲1RM | ↓ |
| Papadopoulos (2005) | 大腿四頭筋群 ハムストリングス | 等速性膝伸展トルク 等速性膝屈曲トルク | ↓ |
| Behm (2006) | 大腿四頭筋群 ハムストリングス | 等尺性膝伸展張力 等尺性膝屈曲張力 | ↓ |
| Cramer (2006) | 大腿四頭筋群 | 伸張性膝伸展トルク | → |
| Zakas (2006) | 大腿四頭筋群 | 等速性膝伸展トルク | ↓ |
| Papadopoulos (2006) | 大腿四頭筋群 | 等尺性膝伸展トルク | → |
| Young (2006) | 下腿三頭筋群 | 等負荷性足底屈張力 | → |
| Egan (2006) | 大腿四頭筋群 | 等速性膝伸展張力 | → |
| Brandenburg (2006) | ハムストリングス | 等速性腕屈曲トルク 伸張性膝伸展トルク 等尺性膝伸展トルク | ↓ |
| Yamaguchi (2006) | 大腿四頭筋群 | 等張性膝伸展張力 | ↓ |

図2-2 スタティクストレッチングは筋力を低下させることが明らかになっている (向上は明らかになっていない)

スタティクストレッチングは筋力を向上させるのか？

| 報告者 (年) | 伸張された筋群 | 筋機能の指標 | 結果 |
|-----------------|--------------------|------------------------|----|
| Zakas (2006) | 大腿四頭筋群 | 等速性膝伸展トルク | ↓ |
| McBride (2007) | 大腿四頭筋群 | 等尺性膝伸展トルク | ↓ |
| Cramer (2007) | 大腿四頭筋群 | 伸張性膝伸展トルク | → |
| Cramer (2007) | 大腿四頭筋群 | 等速性膝伸展トルク | ↓ |
| Maisetti (2007) | 下腿三頭筋群 | 等尺性足底屈トルク | ↓ |
| Alpkaya (2007) | 下腿三頭筋群 | 足底屈張力 | → |
| Ogura (2007) | ハムストリングス | 等尺性膝屈曲トルク | ↓ |
| Siatrias (2008) | 大腿四頭筋群 | 等尺性膝伸展トルク 等速性膝伸展トルク | ↓ |
| Herda (2008) | ハムストリングス | 等尺性膝屈曲トルク | ↓ |
| Samuel (2008) | 大腿四頭筋群 ハムストリングス | 等速性膝伸展トルク 等速性膝屈曲トルク | → |
| Beedle (2008) | 上肢筋群 下肢筋群 | ベンチプレス筋力 レッグプレス筋力 | → |
| Ryan (2008) | 下腿三頭筋群 | 足底屈張力 | ↓ |

図2-3 スタティクストレッチングは筋力を低下させることが明らかになっている (向上は明らかになっていない)

スタティクストレッチングは筋力を向上させるのか？

| 報告者 (年) | 伸張された筋群 | 筋機能の指標 | 結果 |
|-------------------|--------------------|--|----|
| Costa (2008) | ハムストリングス | 等速性膝屈曲トルク 等速性膝伸展トルク | ↓ |
| McHugh (2008) | ハムストリングス | 等尺性膝屈曲トルク | ↓ |
| Bacurau (2009) | 下肢筋群 | レッグプレス筋力 | ↓ |
| Curry (2009) | 下肢筋群 | 等尺性膝伸展力発揮時間 | → |
| Winchester (2009) | ハムストリングス | 等負荷性膝屈曲1RM | ↓ |
| Gurjao (2009) | 下肢筋群 | 等尺性レッグプレス筋力 | ↓ |
| Sekir (2010) | 大腿四頭筋群 ハムストリングス | 等速性膝伸展トルク 伸張性膝伸展トルク 等速性膝屈曲トルク 伸張性膝屈曲トルク | ↓ |
| Babault (2010) | 下腿三頭筋群 | 等尺性足底屈トルク | ↓ |
| Winke (2010) | ハムストリングス | 等速性膝屈曲トルク 伸張性膝屈曲トルク | → |
| Molacek (2010) | 上肢筋群 | ベンチプレス1RM | → |

図2-4 スタティクストレッチングは筋力を低下させることが明らかになっている (向上は明らかになっていない)

スタティクストレッチングは筋力を向上させるのか？

| 報告者 (年) | 伸張された筋群 | 筋機能の指標 | 結果 |
|------------------|----------|--|----|
| Fletcher (2010) | ハムストリングス | 等速性膝屈曲トルク 等速性膝伸展トルク | → |
| Evetovich (2010) | ハムストリングス | 等速性膝屈曲トルク | ↓ |
| Rossi (2010) | 下肢筋群 | 等尺性膝伸展張力 | ↓ |
| Costa (2011) | 下腿三頭筋群 | 等速性短縮性膝屈曲トルク 等速性短縮性膝伸展トルク 等速性伸張性膝伸展トルク | ↓ |
| Oliveira (2011) | 大腿四頭筋群 | 等尺性膝伸展張力 | ↓ |
| Miyahara (2012) | ハムストリングス | 等速性膝屈曲筋力 | ↓ |
| Aguilar (2012) | 下肢筋群 | 等速性短縮性膝屈曲トルク 等速性短縮性膝伸展トルク 等速性伸張性膝屈曲トルク 等速性伸張性膝伸展トルク | → |
| Gergley (2012) | 下肢筋群 | レッグプレス筋力 | ↓ |
| Barroso (2012) | 下肢筋群 | レッグプレス筋力 | → |

図2-5 スタティクストレッチングは筋力を低下させることが明らかになっている (向上は明らかになっていない)

ティックストレッチングが筋力を低下させるということについて、さまざまな研究で明らかにされているのを知りました (図2)。以降もいろいろな研究がされているのですが、筋力に関しては、運動前のスタ

ティックストレッチングによって向上したという研究は2013年まで1つもありません。— 図2-1~5までをみても、変わらないというものもありますが、ほとんどが低下です

ね。
多くの研究では低下を示しています。一方、筋力だけではなく、もう少しスポーツパフォーマンスに関連を深めようと考え、興味をもったのがパワーでした。そん

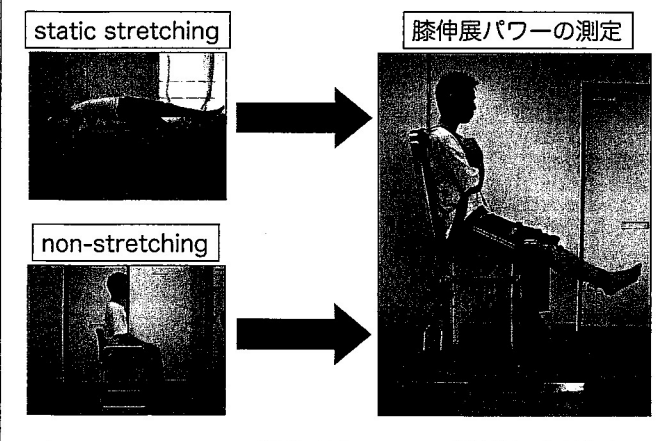


図3 スタティクストレッチングはパワーを向上させるのか？* (Yamaguchi, ishii et al. J Strength Cond Res 20, 804-810, 2006)

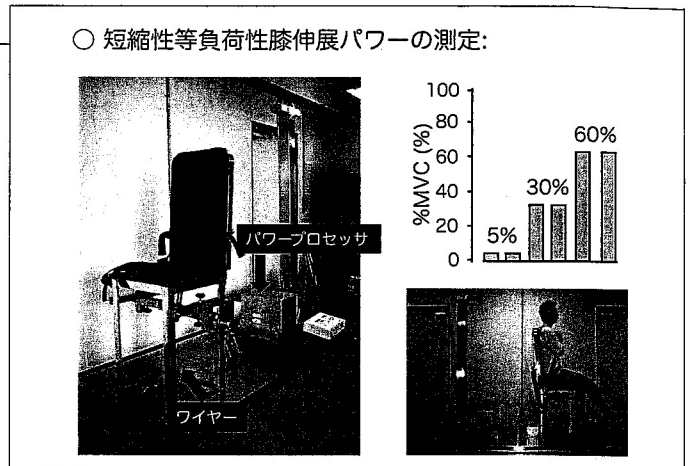


図4 スタティクストレッチングはパワーを向上させるのか？* (Yamaguchi, ishii et al. J Strength Cond Res 20, 804-810, 2006)

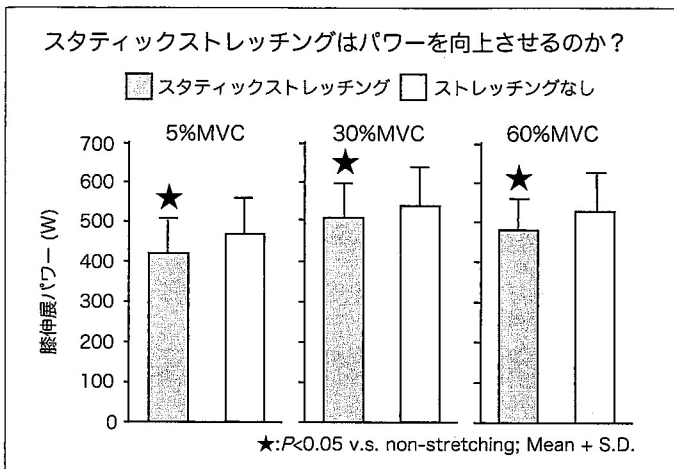


図5 スタティクストレッチングは様々な負荷のパワーを低下させる (Yamaguchi, ishii et al. J Strength Cond Res 20, 804-810, 2006)

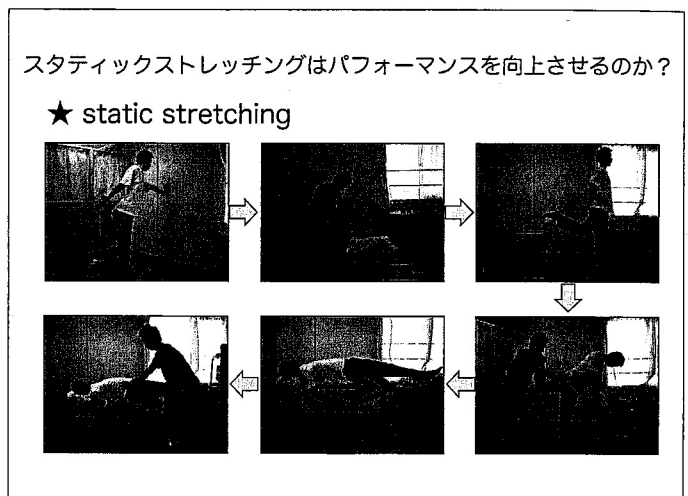


図6 6種のストレッチングを各30秒×4セット*

な折、大学院の博士後期課程に入ったときにパワーの測定器を北海道大学大学院医学研究科の安田和則先生に購入していただき、それを使って研究できるようになりました。

— 膝伸展パワーを、スタティクストレッチングあり・なしで比較された (図3)。

はい、これは2006年に発表したものです。図に示したような器械でパワーを測定しました。この器械からはワイヤーが伸びていて、そのワイヤーを引っ張る速度と、引っ張られているときの力の両方を測定して、「力×速度」でパワーを算出します (図4)。さらにワイヤーにかかる負荷も調節ができ、軽い負荷から重い負荷までかけて、それぞれの負荷でスタティクストレッチングを行った場合にどうなるかを比較しました。すると軽い負荷のときも、中くらいの負荷のときも、重い負荷のときも、スタ

ティクストレッチングを行うことで、パワーが低下したという結果が得られました (図5)。

— これは大腿四頭筋のストレッチングを何秒くらい行ったのですか？

20分間行いました。

— 20分ですか？

スポーツ現場ではあり得ないのですが、30秒を1セットとし、それを4セットずつ、休憩時間も含めて、全部を合計すると20分になりました (図6)。

— 6種類を30秒×4セット。

研究ではこういった実験も多く、先ほどの筋力が低下したという研究の多くもこのような問題をはらんでいます。ストレッチングの方法としては現実離れたものが多くあります。

— 要は少しオーバーなシチュエーションを設定し、差が出やすい状況をつくっていると

ということ。

そうですね。このようなことは現場ではあり得ないと指摘される点でもあるのですが、実験では多くみられます。また、垂直跳びや短距離走に対するスタティクストレッチングの効果についての研究もいくつかなされています (図7)。筋力やパワーだと、低下したというものと、変わらないというものしかなかったのですが、ジャンプに関しては変わらないというものと低下するというものが半々くらいです。なかにはスタティクストレッチングによってパフォーマンスが向上したという研究もあります (図8-1～8-4)。

— 立ち5段跳びという種目がありますね。これはテクニクが関係しそうですね。

テクニクも関係しています。加えて、私の研究では伸張時間以外にも問題があるのですが、多くの研究ではスタティクス

スタティクストレッチングはジャンプ力を向上させるのか？

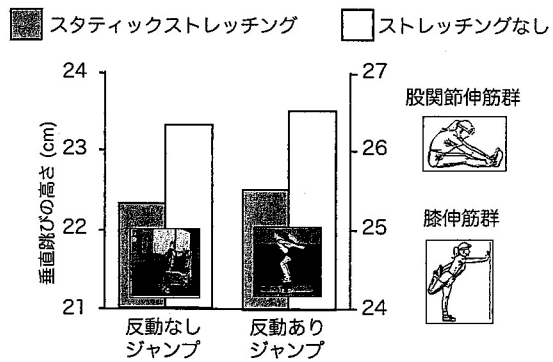


図7 スタティクストレッチングはジャンプ力を低下させる* (Cornwell et al. J Hum Mov Stud 40:307-324, 2001)

スタティクストレッチングはジャンプ力を向上させるのか？

| 報告者 (年) | 伸張された筋群 | パフォーマンスの指標 | 結果 |
|-----------------|---------|------------|----|
| Knudson (2001) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Church (2001) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Cornwell (2001) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |
| Young (2001) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| | | ドロップジャンプ | ↓ |
| Cornwell (2002) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |
| Young (2003) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |
| | | ドロップジャンプ | ↓ |
| McNeal (2003) | 下肢筋群 | ドロップジャンプ | ↓ |
| Koch (2003) | 下肢筋群 | 立ち幅跳び | → |
| Power (2004) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| | | ドロップジャンプ | → |
| Unick (2005) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| | | ドロップジャンプ | → |
| Burkett (2005) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |

図8-1 スタティクストレッチングによるジャンプ力の低下も認められている

スタティクストレッチングはジャンプ力を向上させるのか？

| 報告者 (年) | 伸張された筋群 | パフォーマンスの指標 | 結果 |
|----------------------|---------|------------|----|
| Wallmann (2005) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |
| Behm (2006) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |
| Little (2006) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| McMillan (2006) | 下肢筋群 | 立ち5段跳び | ↑ |
| Young (2006) | 下肢筋群 | ドロップジャンプ | → |
| Woolstenhulme (2006) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Duncan (2006) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Bradley (2007) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |
| Brandenburg (2007) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Behm (2007) | 下肢筋群 | ドロップジャンプ | ↓ |
| | | 垂直跳び | ↓ |
| Holt (2008) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |
| Ce (2008) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Robbins (2008) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |

図8-2 スタティクストレッチングによるジャンプ力の低下も認められている (なかには向上も認められている)

スタティクストレッチングはジャンプ力を向上させるのか？

| 報告者 (年) | 伸張された筋群 | パフォーマンスの指標 | 結果 |
|----------------------|---------|------------|----|
| Wallmann (2005) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Samuel (2008) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Taylor (2008) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |
| Pearce (2008) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |
| Hough (2009) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |
| Gonzalez-Rave (2009) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Arabaci (2009) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |
| Curry (2009) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Handrakis (2009) | 下肢筋群 | ホップ | → |
| | | 立ち幅跳び | → |
| Chaouachi (2010) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| | | 立ち5段跳び | → |
| Dalrymple (2010) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Le Torre (2010) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |

図8-3 スタティクストレッチングによるジャンプ力の低下も認められている

ストレッチングを行った直後にパフォーマンスの測定を行っています。しかし、おそらく、競技の場面ではストレッチングとパフォーマンス発揮の間に専門的なウォーミングアップが入ってくると思います。実はこのパフォーマンスが向上したという研究は、スタティクストレッチングが終わったあとに、流し走などを行って、立ち5段跳びを行っているのです。パフォーマンスが向上してもいいのかなと思います。要するに、スタティクストレッチング、専門的ウォーミングアップ、パフォーマンス発揮という順で行われているので、パフォーマンスが向上したのだらうと思います。

要するに、あまりスタティクストレッチングについてはパフォーマンス向上に関するよいデータはないということ？

直接的にパフォーマンス向上を示したいデータはないと言えるでしょうね。あ

くまでスタティクストレッチング直後のパフォーマンスへの効果においてです。

また、私自身は調べておりませんが、メカニズムにもアプローチしている研究もあって、筋肉自体を引き伸ばすと、いわゆる筋腱のステイフネスが低下し、筋が大きな力を発揮し

やすい適切な長さに変化してしまって、その結果力が入りにくいということが明らかにされています。あとは筋を伸ばそうとしてスタティクストレッチングを行うと、自原性抑制と言われる筋をリラックスさせ

スタティクストレッチングはジャンプ力を向上させるのか？

| 報告者 (年) | 伸張された筋群 | パフォーマンスの指標 | 結果 |
|-----------------|---------|------------|----|
| Fletcher (2010) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |
| Di Cagno (2010) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Fletcher (2010) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |
| Tsolakis (2010) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Galdino (2010) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |
| Murphy (2010) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Perrier (2011) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Pacheco (2011) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↑ |
| Carvalho (2012) | 下肢筋群 | 垂直跳び | ↓ |
| Aguilar (2012) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |
| Werstein (2012) | 下肢筋群 | 垂直跳び | → |

図8-4 スタティクストレッチングによるジャンプ力の低下も認められている (なかには向上も認められている)

て伸ばす反射が神経筋に作用するので、その結果、リラックスした筋に再度力を入れようとしても大きな力発揮をすることがなかなか難しくなることも一因だと考えられています。筋力発揮時の筋電図をとった研

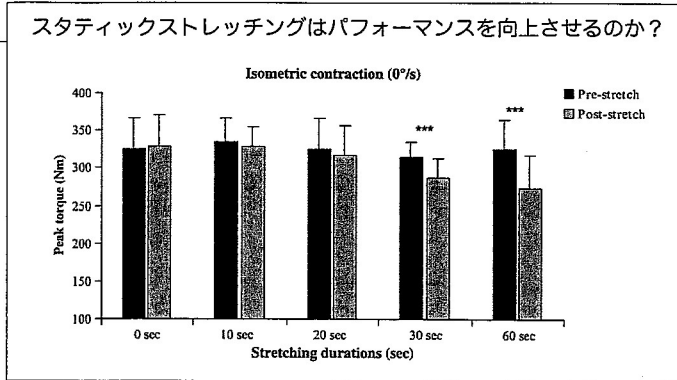


図9 30秒未満のストレッチングであればパフォーマンスは低下しない (Siatras et al., J Strength Cond Res 22:40-46, 2008)

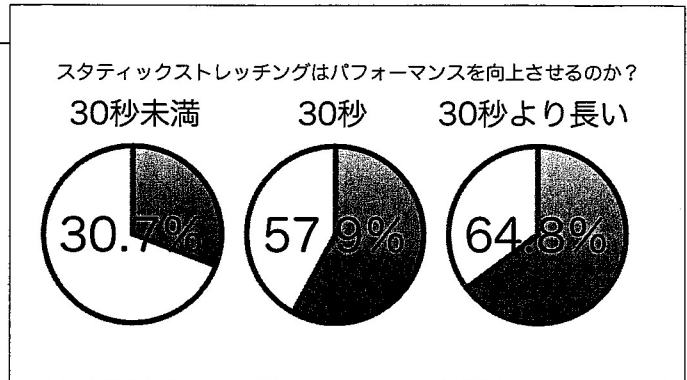


図10 現場に即したストレッチングの時間 (30秒未満) であればパフォーマンスは低下する確率が低いのでは?

◎ 1093名の陸軍の隊員が12週間のトレーニングを実施した。その際、549名は脚にスタティックストレッチングし、残りの544名は腕にストレッチングし、脚にけがをした人数を調べた。

その結果、脚にけがをした人数は脚にストレッチングした群で23名、腕にストレッチングした群で25名であった。

スタティックストレッチングは脚のけがを予防する効果はあまりないようだ (Pope (1998))。

図11-1 スタティックストレッチングは、けがを予防するのか?

◎ 1538名の陸軍の隊員が12週間のトレーニングを実施した。その際、735名は脚にスタティックストレッチングし、残りの803名は何も行わず、脚にけがをした隊員について調べた。

その結果、スタティックストレッチングをした群で158名 (21%)、何も行わなかった群で175名 (22%) が脚のケガを負った。

スタティックストレッチングは脚のけがを予防する効果はあまりないようだ (Pope (2000))。

図11-2 スタティックストレッチングは、けがを予防するのか?

究でもスタティックストレッチングを行うと、筋力発揮時の筋電図の振幅量も減ってしまっていて、要するに力が入りにくくなっているということが明らかにされています。メカニズムとしては大きくこの2つが関与しているのではないかと考えられています。

—それは感覚的にも合致しますね。

そうですね。ただ、このような結果が得られていますが、先ほど述べたように、これまでの研究では現実離れした方法が多かったと言えます。そんな長い時間スタティックストレッチングは実施しないとか、現場ではそういう順序では行わないと思われる方法です。しかし、実は最近の研究はこういった問題も考慮して検討されています。たとえば、ウォーミングアップでのスタティックストレッチングの時間がどのくらいかが調査され始めて、20秒以下が全体の73%くらいを占めることが明らかにされています。また、スタティックストレッチングの時間ごとの筋力への影響も検討されています。たとえば一例ですが、図9にあるようにストレッチングをしない場合を0秒、その他スタティックストレッチングを10秒、20秒、30秒、60秒と実

施した場合と比較していくと、20秒までは統計上有意な差がなく、30秒以上一つの筋群を伸ばしてしまうと筋力が低下する、すなわち、伸張時間が長くなればなるほど、筋力は低下するということが明らかになっています。

—それもなんとなくさうだろうなと思うところがありますね。

実際にいろいろな研究があるなかで、30秒未満とそれ以上で区切ると30秒以上だと6割以上で筋力、パワー、ジャンプ、短距離走などのパフォーマンスが低下することが明らかになっています (図10)。

—『ボブ・アンダーソンのストレッチング』でも20～30秒と書いてあったと思います。すると妥当な数字ですね。

あとはセット数も関わっていて、1セット当たりの時間が30秒や20秒であっても、それらが2セット、3セットと多くなればなるほどパフォーマンスを低下させることもありそうです。調べてみるとストレッチングのトータル時間とパフォーマンスの低下率とが相関するので、トータルでもあまり長い時間、つまりセット数と時間からみた量を多くしないほうがいいのではないかと考えています。

—すると、スタティックストレッチングはしないほうがいいのかという考えも出てきますが。

私もまだウォーミングアップにおける明確なスタティックストレッチングの利用価値をみつけられていません。パフォーマンスが低下しないスタティックストレッチングは、おそらく30秒未満で実現するだろうとは思いますが。

スタティックストレッチングはなんのために行うか?

—では、スタティックストレッチングは何のためにやっているのかという話になる。

教科書的には傷害予防という点も考えられてはいますが、傷害予防について調べた研究もいくつかあります。それらを見ていくと、非常に研究的ではありますが、陸軍の兵隊たちに訓練を行ってもらって (図11-1、11-2)、その間、生活環境がほぼ同じですので、グループを2つに分けて、ストレッチングの有無でケガをした数を調べるとそんなに変わらなかったという研究があります (図12)。スポーツの場面でも研究されていて、フットボール選手を対象にした研究 (図13) でも、けがの予防に有

スタティックストレッチングは、けがを予防するのか？

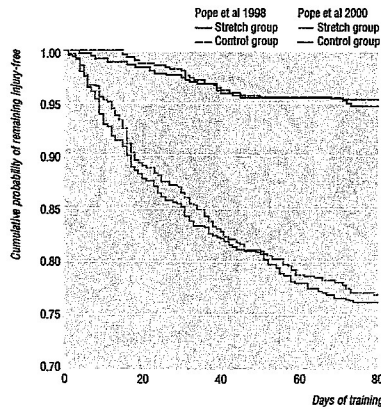


図 12 スタティックストレッチングは、脚のけがを予防する効果はあまりないようだ (Pope (1998, 2000))

◎この他にフットボール選手を対象に、試合時のけがの発症をスタティックストレッチングをした場合としない場合で比較した研究 (Bixler (1992)、Cross (1999)) もあるが、スタティックストレッチングがけがを予防する効果があったとする研究は少ない。

運動前のストレッチングは、けがを予防するとされてきた。ところが、運動前に行われているスタティックストレッチングは、けがを予防する効果はあまりないようだ。

図 13 スタティックストレッチングは、けがを予防するのか？

スタティックストレッチングは、けがを予防するのか？

| Stoker Author (Year) | Year | Study Design | Population | Study Groups | Outcomes | Median Quality Score |
|----------------------------|------|---------------------------|---|--|--|----------------------|
| Andrich et al. (88) (7) | 1984 | Randomized trial | 2777 male army recruits in 4 US basic training | 1) knee band only 2) foot on wedge 3) foot pad and heel stretching 4) quadriceps exercise 5) control | 1) 1520 (4.1%) 2) 5920 (1.9%) 3) 1463 (0.7%) 4) 2271 (0.7%) 5) 474 (0.1%) | 21 |
| Boyle and James (85) | 1989 | Prospective | 5 Pennsylvania high school | 1) 5 cm ball/line warm-up | 2) 27 with knee sprains or total | 20 |
| | | Study | OR (with CI) | | | |
| | | Andrich et al. (3) | 1.37 (0.67, 2.72) | | | |
| | | Pope et al. (72) | 0.91 (0.49, 1.68) | | | |
| | | Cross and Worrell (16) | 0.97 (0.70, 1.36) | | | |
| | | Hartig and Henderson (32) | 0.50 (0.27, 0.90) | | | |
| | | Pope et al. (73) | 0.88 (0.77, 1.26) | | | |
| | | Pooled Weighted OR | 0.93 (0.78, 1.11) | | | |
| | | | P = 0.43 | | | |
| Pope et al. (Andrich) (78) | 2000 | Randomized trial | 1538 army recruits in 29 platoons in 12-week basic training | 1) 148 control—no stretching program 2) 725 stretch in 11 positions, 12 minutes (stretching protocol of 6 center leg muscle groups before each physical training session) 3) 600 stretch in 20 positions—no stretching program | 1) 58 knee/ankle injuries (2.1%) 2) 175 knee/ankle injuries (2.2%) 3) 41 knee contusion/abrasion injuries (2.9%) | 10 |

図 14 運動前のストレッチングはけがを予防するとされてきた。ところが、運動前に行われているスタティックストレッチングはけがを予防する効果はあまりないようだ (Thacker (2004))

効であったことは明らかにされていません。いろいろな研究結果を総合的に評価する手法である系統的な研究によれば、7%くらいはけがを予防できるとされています。しかし統計学上、 $P < 0.05$ だと有意にけがの予防に有効であったということになるのですが、 $P = 0.43$ なので、けがの予防には有効とは言えないという結果になっています (図 14)。

—スタティックストレッチングは関節可動域を拡大するという点ではどうでしょうか？

それは明確にできると思います。

—医療で用いられる場合にはスタティックストレッチングのほうが多いと思いますが、それは理にかなっているだろうということですね。では、パフォーマンスではなくてリカバリー、疲労回復ということでは？

たとえば激しい自転車こぎ運動の間に実施するスタティックストレッチングの疲労回復の効果をみる研究はいくつか行われています。図 15 は間欠的な自転車こぎを 2 セット実施し、その間にスタティックストレッチングを行った研究結果です。実験では、スタティックストレッチングとマッサージとホットパックと有酸素性運動の効果を比較しています。これらを行ってパフォーマンスがどのように改善したかが調べられています。有酸素性運動の数値が高いですが、統計学上有意ではなく、マッサージやストレッチングを行った場合で、自転車こぎ 2 セット目でパフォーマンスが改善したということが明らかにされています (図 16)。

したがって、疲れる場合に関してはリカバリーのためのスタティックストレッチングは有効だろうと言えます。

一方、私は、1 回 1 回、集中力を高めて行うような陸上競技の跳躍種目などを想定

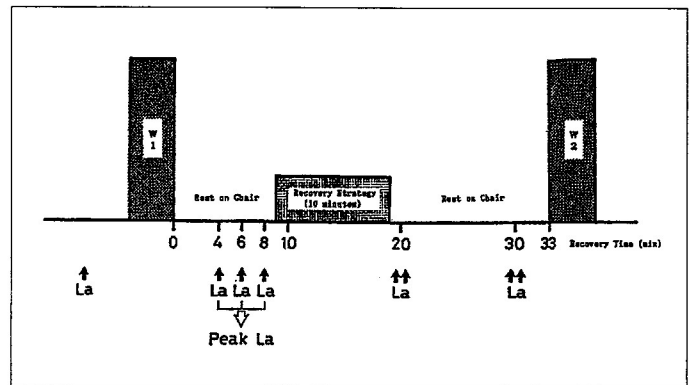


図 15 運動と運動間のストレッチング

(山本 & 山本 体力科学 42: 82-92, 1994)

5 秒の全力自転車こぎを 20 秒おいて 8 回行う運動を 30 分間の休息をおいて 2 セット行った。セット間にホットパック、マッサージ、有酸素性運動、ストレッチング (40 秒 × 2 セットほど)、何もしないの 5 条件を行い、自転車こぎのパフォーマンスに及ぼす効果を比較検討した。

した場合はどうかということを実験してみました (図 17)。ウォーミングアップが終わったあとに、ジャンプを 10 回行うのですが、間に 8 分間の休息をおいて、何もしない場合とスタティックストレッチングだけを行う場合と、ジャンプだけを行う場合とスタティックストレッチングとジャンプを混ぜて行う場合で、それぞれリカバリーの効果を確認しました (図 18)。たとえば走り幅跳びであれば、試技のなかで 1 回だけベストの記録を出せばいいので、10 回のなかでもっとも高い値をみていくと、ジャンプだけを実施したときが、垂直跳びの高さが高く、さらにスタティックストレッチングとジャンプの両方を行った場合もジャンプの効果によって高くなりました。他方、スタティックストレッチング単体だとベストパフォーマンスに関しては向上せず、先ほどのパフォーマンスに関する研究と同じような結果になりました (図 19)。一方、次のジャンプまでのリカバリーという点では、何もしない場合の変化は、図 20 (P.12) のようにどんどん跳躍高が下がっていきます。スタティックストレッチ

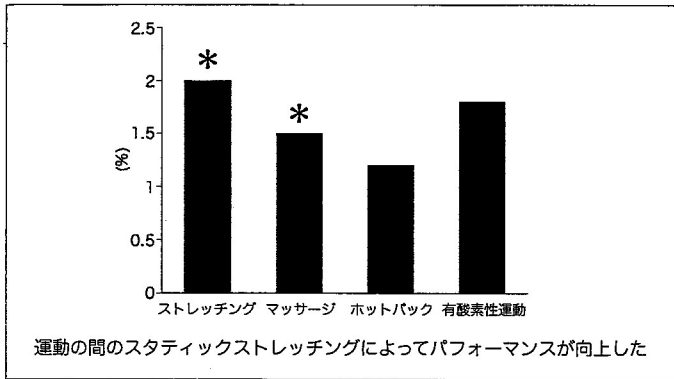


図 16 運動と運動の間のストレッチング*

(山本 & 山本 体力科学 42: 82-92, 1994)
5 秒の全力自転車こぎを 20 秒おいて 8 回行う運動を 30 分間の休息をおいて 2 セット行った。セット間にホットパック、マッサージ、有酸素性運動、ストレッチング (40 秒×2 セットほど)、何もしないの 5 条件を行い、自転車こぎのパフォーマンスに及ぼす効果を比較検討した。

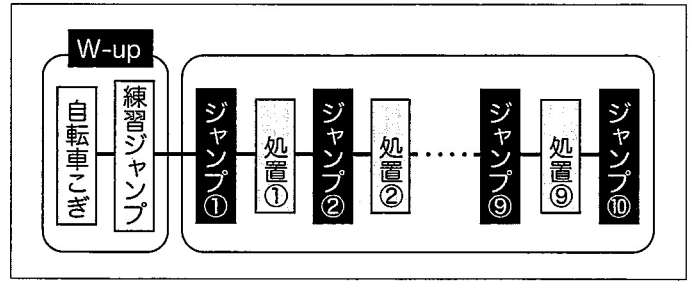


図 17 運動と運動の間のストレッチング

(山口、石井、瀧澤ら トレーニング科学 19: 351-359, 2007)
10 回の垂直跳びのそれぞれの間の 8 分の休息に、ストレッチング、ジャンプ、ストレッチングとジャンプ、何もなしの 4 条件を実施し、10 回のジャンプパフォーマンスに及ぼす影響を比較した。

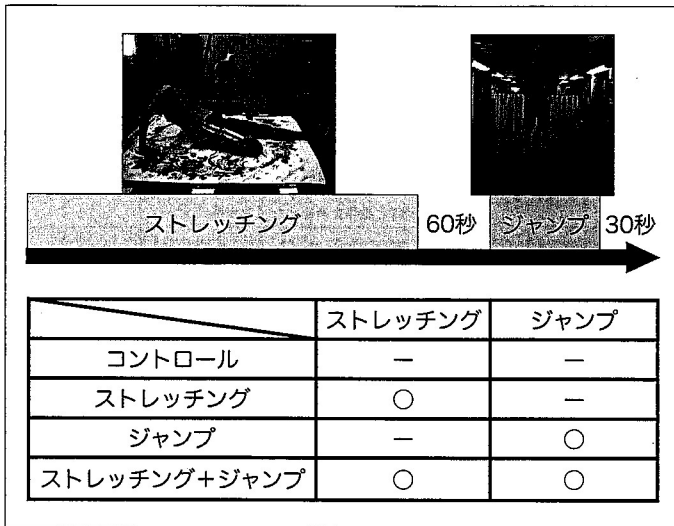


図 18 運動と運動の間のストレッチング*

処置は前半 5 分のストレッチング、後半 90 秒のジャンプ、休息の時間を含む合計 8 分とし、以下の 4 処置を設定した。

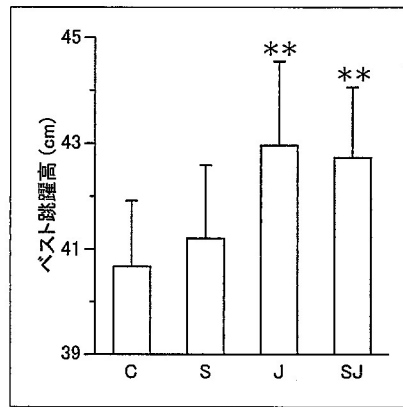


図 19 運動と運動の間のストレッチング

(山口、石井、瀧澤ら トレーニング科学 19: 351-359, 2007)
10 回のジャンプパフォーマンスのうち最も高かった跳躍高はジャンプ、ストレッチングとジャンプで高かった。

チングを行っても同じような傾向で下がっていってしまいました。

——疲労を抑制できないということですね。

そうですね。あるいは疲労ではなく、1 回 1 回のパフォーマンス向上が実現していないとも考えられるかもしれません。なぜなら、ジャンプをしておくことによって、ある程度一定の値でパフォーマンスを維持できました (図 21)。一方、スタティックストレッチングの次にジャンプを行ってしまうと、ジャンプの効果をストレッチングによって相殺するかどうかははっきりしませんが、なぜかジャンプのみに比べて若干下がってしまいました。つまり、集中力が必要な毎回ジャンプをするような競技で、疲労がたまりにくいパフォーマンスであれば、スタティックストレッチングでなくてもいいのではないかと考えています。

——走り高跳びなどでは試技と試技の間は寝

ているか、からだを冷やさないようにしているかが一般的で、試技が近づいてきたら、ちょっとからだを動かし始める感じで、あまりスタティックストレッチングをやっているのはみませんね。

そうですね。あとは短距離走なども同様に、結局スタティックストレッチングをすると 2 セット目、3 セット目で遅くなるような傾向があり、間にスタティックストレッチングを行ったところ統計上 2 セット目で遅くなったということも研究で明らかになっています (図 22)。

アップでのスタティックストレッチングの使い方

——ストレッチング自体種類がいろいろとあるのと、場面もいろいろとあるので、厳密に区別して物を言わないと、ダイナミックはいとか、スタティックはダメだとかいう言い

方をしてしまうのはよくない。

そうですね。ですから私も決してスタティックストレッチングがダメだという言い方はしておりません。今では運動のとき、とくにウォーミングアップのときに、「スタティックストレッチングを入れるのであれば、少し短めに入れてください」という言い方をしています。先ほど申し上げたように 30 秒未満だとパフォーマンスが下がらないという研究が多くなっています。

——図 23 はウォーミングアップでの推奨ストレッチングプログラム。

スタティックストレッチングを 30 秒行ったあとにダイナミックストレッチングを行っても、ダイナミックストレッチングを単体で行うよりもアジリティテストの記録が落ちたという結果があります。この結果に基づけば、スタティックストレッチングの時間は 30 秒未満とすべきですが、と

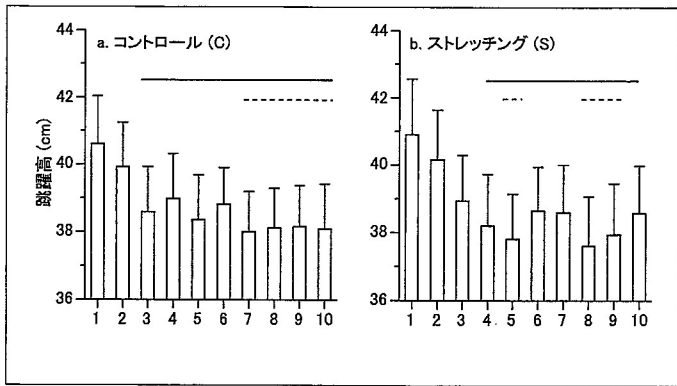


図20 運動と運動の間のストレッチング
(山口、石井、瀧澤ら トレーニング科学 19: 351-359, 2007)
何もしない場合、ストレッチングの場合では本数が増えるにつれてジャンプパフォーマンスが低下していった。

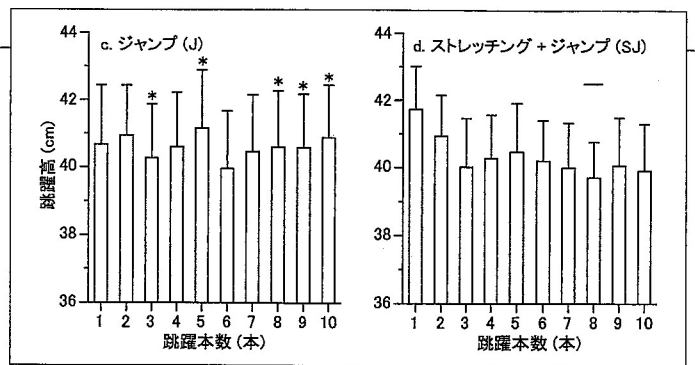


図21 運動と運動の間のストレッチング
(山口、石井、瀧澤ら トレーニング科学 19: 351-359, 2007)
ジャンプを行った場合には、パフォーマンスを低下させることなく、一定の高いレベルを維持した。一方、ストレッチングとジャンプの場合では、若干のパフォーマンスの低下が確認された。

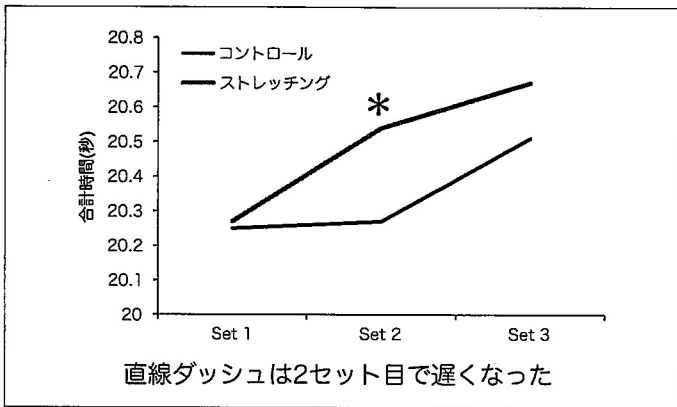


図22 運動と運動の間のストレッチング
(Beckett et al. Med Sci Sports Exerc 41: 444-450, 2009)
20m ダッシュ (直線、方向転換) を 25 秒の休息を置いて 6 本繰り返す運動の間の 4 分の休息に、ストレッチング (20 秒) をする場合とコントロールの 2 条件を実施し 3 セット目まで 6 本の合計時間に及ぼす影響を比較した。

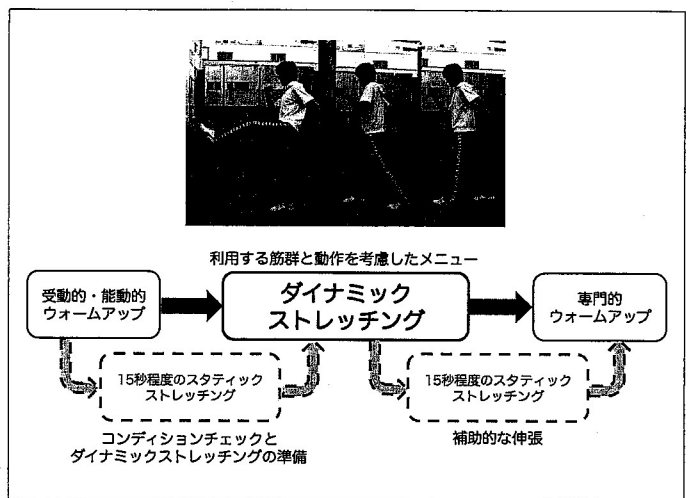


図23 ウォームアップにおける推奨ストレッチングプロトコル*

りあえず、15 秒程度のスタティックストレッチングでも運動の前に実施するには後述の目的を達成できるのではないかと思いますので、ダイナミックストレッチングの前にその程度のスタティックストレッチングであれば入れてもいいと思います。また、ダイナミックストレッチング後に行うスタティックストレッチングの効果に関する研究もいくつか行われていて、こちらでも 30 秒だと、ダイナミックストレッチングの後にスタティックストレッチングを行うとよくないという研究があります。よってこちらでも 15 秒程度であれば問題ないだろうと考え、今はウォーミングアップにおいてはダイナミックストレッチングを基本としますが、それで足りない場合にはスタティックストレッチングを補助的に行ってくださいと申し上げています。

—しかし、パフォーマンス発揮前にスタティックストレッチングをやっておきたいと

いうのは、やはりそこに何か理由がある。

よく言われるのが、今日、硬いか、硬くないかというコンディションのチェックのためです。また、ダイナミックストレッチングを急にやると危ないのではないかと考え、ダイナミックストレッチング前に準備のためにスタティックストレッチングを行う人もいます。あとはダイナミックストレッチングだけだと足りない気がする、ここはもう少し伸ばしておきたいという場合、補助的な伸張の意味を含めてダイナミックストレッチング後に行う場合もあると思います。

—やることのすべてがサイエンティフィックである必要はないでしょうし、実際にはもっとその人の感じで行うものがあるといいでしょうね。スタティックストレッチングの実施について、先生は、今はそのように推奨している。

はい、そうです。また、運動後について

はスタティックストレッチングを行ってくださいと申し上げています。

健康の保持増進に効果のあるスタティックストレッチング

—健康の保持増進については、スタティックストレッチングは有効という論文を書かれています。

健康の保持増進においてはスタティックストレッチングを勧めています。研究においても、健康の保持増進に与えるスタティックストレッチングのさまざまな効果がわかってきています。

—筋量、体力、運動能力全般を維持する。維持のみならず、向上させたりもします。

—筋力も向上するのですか？

筋力も向上するということが明らかになっています (図 24)。

—スタティックストレッチングを行っただけで？

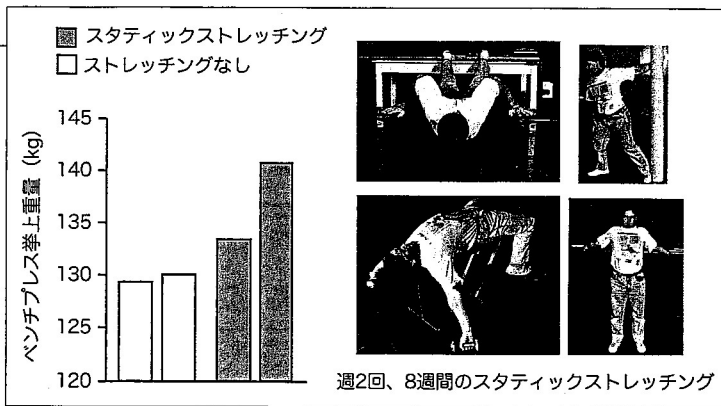


図 24 スタティックストレッチングトレーニングが筋力に及ぼす影響 (Wilson et al. MSSE 24:116-123, 1992, Sports Coach Apr-Jun:7-10, 1991) スタティックストレッチングのトレーニングによって筋力が向上した。

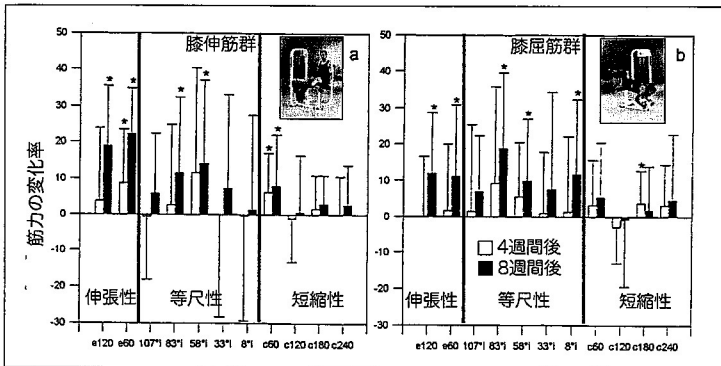


図 26 PNF ストレッチングトレーニングが筋力に及ぼす影響 (Handle et al. Eur J Appl Physiol 76:400-408, 1997) 8 週間の PNF ストレッチング (コントラクト・リラククス) によって筋力が向上した。

スタティックストレッチングを行っただけです。この研究は 10 週間、週 3 回スタティックストレッチングだけを行ったグループと何もしなかったグループに分けて 10 週間前後にすべての測定を行ったところ、スタティックストレッチングを行っただけであるにもかかわらず、柔軟性、垂直跳び、筋力、筋持久力が向上したという結果が示されています (図 25)。

—この研究の被験者はどういう人？
 一般の大学生です。この研究を行った Kokkonen は 1998 年に最初にスタティックストレッチングによる筋力低下を発表した研究者ですが、この先生の研究ではさまざまな研究結果がいつも明確に出ています。
 —ということは、微熱があるとか、体調が今ひとつというときは、思い切って休んで、散歩とストレッチくらいをやっておくといいかもしれない。実際に時々、そうした休養でよい記録が出たという例はありますよね。

図 26 のように、棒グラフが 0 よりも上のものはすべて筋力が上がったという結果ですが、4 週間と 8 週間後をみても、PNF を用いたストレッチングでも筋力が上がっています。また、ダイナミックストレッチングをしてもパフォーマンスが向上したという研究もあります (図 27)。よって、トレーニングとして、ある期間、ダイナミックストレッチング、スタティックストレッチング、PNF ストレッチングを実施することによって、運動の能力を向上できると言えます。したがって、スタティックストレッチングについても運動の直前でなければ、どんどん行いましょうと申し上げています。

Table 1. Differences in 40 m Sprint Times and Leg Power between Groups

| Variable | SS | DS | SDS | NS |
|-------------------------------|--------------|---------------|--------------|---------------|
| 40 m Sprint Times(sec) | 5.46±0.10 | 5.29±0.12* | 5.33±0.11* | 5.50±0.13 |
| Margaria-Kalamen Test kgm/sec | 147.20±12.57 | 162.32±16.23* | 156.00±11.41 | 149.60±8.76** |

Note. Values are mean±SD. * Significant difference (p<0.05) from the SS. ** Significant difference (p<0.05) from the DS. SS= static stretch; DS = dynamic stretch; SDS = static & dynamic stretch; NS= no-stretch group.

図 27 ダイナミックストレッチングトレーニングがパフォーマンスに及ぼす影響 (Han et al. J Phys Ther Sci 23:401-404, 2011) 12 週間のダイナミックストレッチングによってパフォーマンスが向上した。

| | STR pre | STR post | CON pre | CON post |
|---|--------------|---------------|--------------|--------------|
| Mass (kg) | 67.5 ± 10.8 | 68.8 ± 11.4 | 71.3 ± 15.4 | 72.0 ± 15.8 |
| VO _{2peak} (mL·kg ⁻¹ ·min ⁻¹) | 47.2 ± 11.4 | 47.6 ± 12.1 | 47.1 ± 7.0 | 47.8 ± 6.6 |
| Sit and reach (cm) | 36.2 ± 5.5 | 42.6 ± 5.6* | 39.8 ± 6.4 | 38.9 ± 6.4 |
| Standing long jump (cm) | 211.2 ± 42.3 | 215.8 ± 42.1* | 222.1 ± 31.3 | 218.5 ± 32.5 |
| Vertical jump (cm) | 43.1 ± 12.4 | 44.8 ± 12.5* | 45.4 ± 11.5 | 45.4 ± 11.5 |
| 20-m sprint (s) | 3.80 ± 0.51 | 3.75 ± 0.48* | 3.63 ± 0.33 | 3.68 ± 0.31 |
| Knee flexion 1RM (kg) | 44.7 ± 14.5 | 51.0 ± 14.1* | 46.1 ± 15.1 | 47.0 ± 14.4 |
| Knee extension 1RM (kg) | 63.8 ± 24.5 | 82.0 ± 25.8* | 69.7 ± 21.5 | 71.0 ± 20.8 |
| Knee flexion endurance (no.) | 17.2 ± 3.4 | 22.3 ± 4.7* | 19.5 ± 4.1 | 19.3 ± 4.4 |
| Knee extension endurance (no.) | 18.5 ± 3.1 | 23.7 ± 4.7* | 18.6 ± 2.7 | 18.6 ± 3.6 |

Values are means ± standard deviations.
 * Significant improvement over the pre score.

図 25 ストレッチングトレーニングは運動能力を向上させる (Kokkonen ら. Med Sci Sports Exerc 39:1825-1831, 2007) 10 週間 (週 3 回) のストレッチングのトレーニングによって最大酸素摂取量は増えなかったが、立ち幅跳び、垂直跳び、20m 走、筋力および筋持久力の成績が向上した。

ストレッチングをトレーニングとして用いた場合は、PNF を用いたストレッチングに関する研究でも筋力が向上したことが示されています。

また、8 週間、週 3 回 (月、水、金)、レジスタンストレーニングを行う際に、間の休みの火曜日と木曜日にスタティックストレッチングを行うと、筋力の向上の仕方がストレッチングを行った条件のほうが高かったという研究もあります (図 28)。これも先ほどと同じ Kokkonen のグループの研究ですが、ウェイトトレーニングをやるだけのグループでも、筋力が向上しているのですが、それよりもウェイトトレーニングと休息日にスタティックストレッチングを行ったほうが上昇度が大きいことを明らかにしています。

—先ほどの話と少し似ていて、それをウェイトトレーニングでやってみたという感じですね。

さらにこれも Nelson という、Kokkonen と同じ研究グループの結果なのですが (図 29)、右脚にスタティックストレッチングを行うと、右脚の筋力が向上するという、先ほどと同じような結果に加え、この研究ではさらにストレッチングを行っていない左脚の筋力も向上したという結果が示され

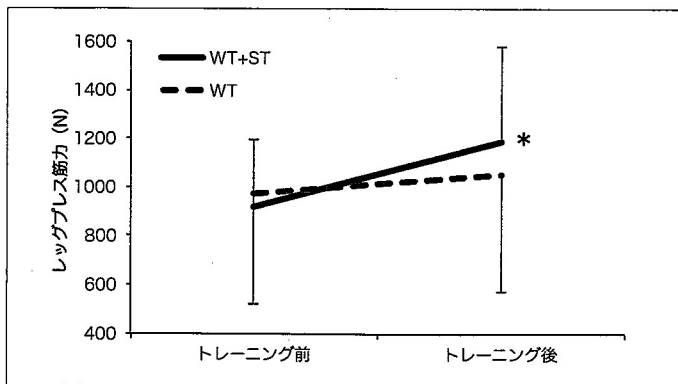


図 28 ストレッチングトレーニングがパフォーマンスに及ぼす影響* (Kokkonen et al. J Strength Cond Res 24:502-506, 2010)
8週間、週3回(月、水、金)の休息日(火、木)のスタティックストレッチングによって筋力がより向上した。

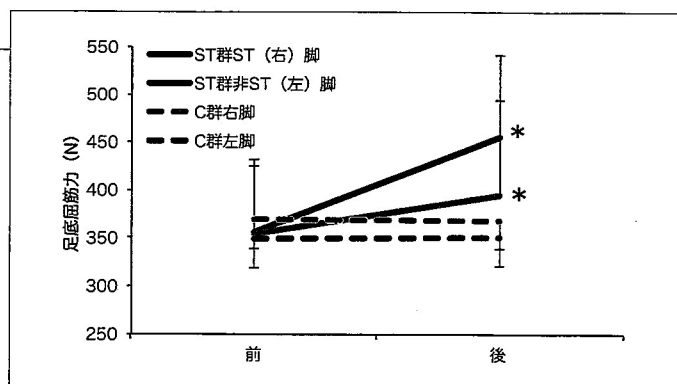


図 29 ストレッチングトレーニングがパフォーマンスに及ぼす影響* (Nelson et al. J Strength Cond Res 26:832-836, 2012)
10週間のスタティックストレッチングによってストレッチング脚だけでなく、非ストレッチング脚の筋力がより向上した。

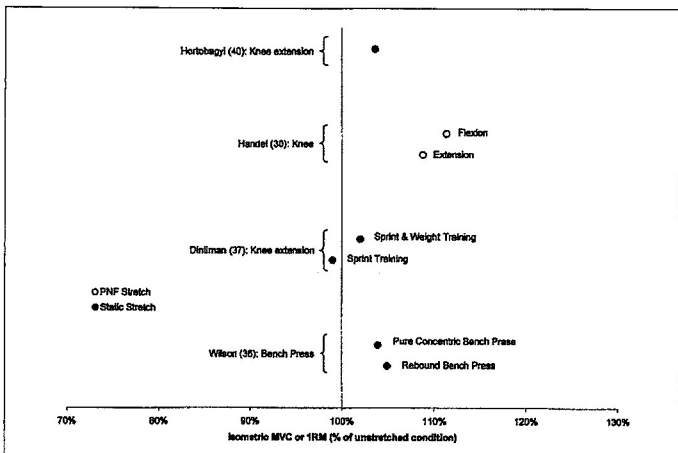


図 30 ストレッチングトレーニングは運動能力を向上させる (Shrier, Clin J Sports Med 14:267-273, 2004)
ストレッチングのトレーニングによって筋機能が向上する。

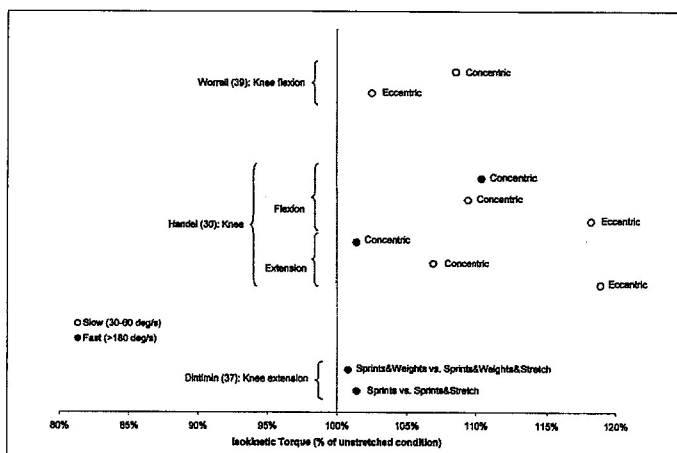


図 31 ストレッチングトレーニングは運動能力を向上させる (Shrier, Clin J Sports Med 14:267-273, 2004)
ストレッチングのトレーニングによって筋機能が向上する。

ています。対照群、つまりストレッチングを行っていないグループは筋力が向上していません。右脚だけスタティックストレッチングを行っているのに、左脚もストレッチングの何かしらの効果により、筋力が向上したという研究です。

—片方だけトレーニングしても、反対側の脚にも多少その効果があるというのはすでに研究がありましたね。

そういうことがストレッチングでも明らかになっているということです。従来考えられてきた運動の前にスタティックストレッチングを行うとよいという考えですが、トレーニングとしてスタティックストレッチングを行ったときのパフォーマンスに及ぼす影響に関する研究は、実はかなり昔から行われており、その結果に基づいたものだったのかもしれない。

—昔というのはどれくらい前?

1964年。

—そんなに前ですか?

はい。図 30、31 は 2004 年に研究者が過去の研究をまとめて発表したもので、筋力についてですが、100%というのが何もしていないという条件です。ほとんどの結果が 100% よりも右側に行っているということは、パフォーマンスが向上したということを示しています。このように、トレーニングとしてスタティックストレッチングを行っていくと筋力が向上するという結果が出ています。

したがって、ウォーミングアップでも同様の効果が得られるのではないかと推測から、1998 年より前は教科書でも運動の前であってもスタティックストレッチングがいいというような書かれ方がされていたのかもしれない。

また、スタティックストレッチングは筋量を維持するという点について、山本利春先生とともに研究されている笠原政志先生

が出された報告があり、ストレッチングをレジスタンストレーニング後に行うと 3 カ月間にわたって筋肥大の効果をある程度維持でき、筋量の維持にもストレッチングは貢献するのではないかとことも示されています (図 32)。

—筋力トレーニングを行ったあと、筋力トレーニングを中止するが、その筋肉に対するスタティックストレッチングは継続すると、そんなに筋量は落ちない。

—そういうことです。

—筋には刺激が加わっている。

細かい部分を見た研究では筋が伸ばされる刺激により成長因子が発現することが明らかになっており、スタティックストレッチングの場合、スローな伸張ではあっても、同じようなことが起きている可能性があるので、不思議ではありません。

また、パフォーマンスではないのですが、リラクセスについて、たとえば心臓自律神

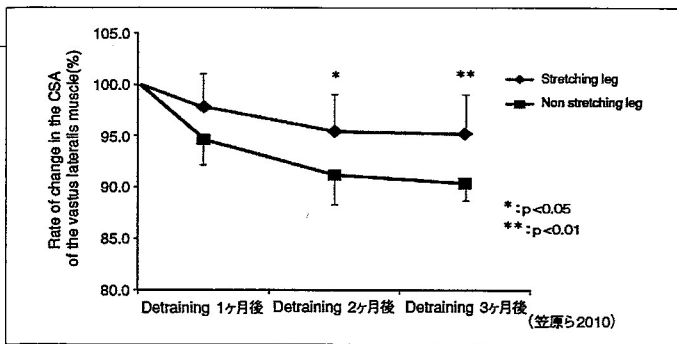


図32 ストレッチングトレーニングは筋萎縮を防止する (笠原、体力科学 59:541-548, 2010)
筋肥大のトレーニング後3カ月間に渡ってストレッチングをすることで肥大の効果を維持できた。

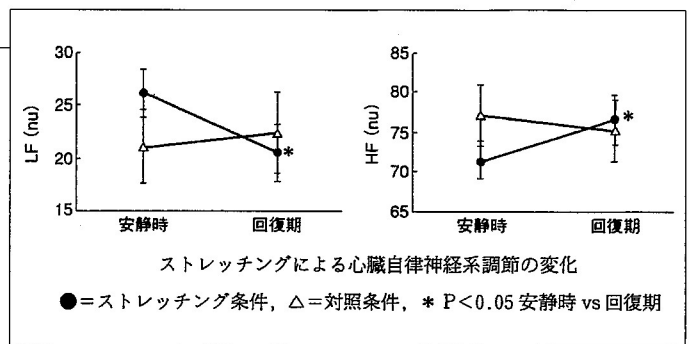


図33 ストレッチングによってリラックスできる (即時効果) (斎藤ら、運動・物理療法 12:2-9, 2001)
ストレッチングによって交感神経指標 (LF:左図) が低下し、副交感神経指標 (右図: HF) が増大したことから、一過性にリラックスしたと言える。

経活動をみていくと、ストレッチングを行うと副交感神経活動、いわゆるリラックスを司るような自律神経活動が高まることが明らかとなっています。もしかしたら、運動の前に行くとあまり筋力を発揮できなくなるというのは、こういうことも関わっているのかもしれませんが(図33)。スタティックストレッチングを行うと交感神経活動が下がって、副交感神経活動が高まることが一過性でも明らかになっています。また、トレーニング効果としてもからだの硬めのボディビルダーがスタティックストレッチングを毎日行っていくと柔軟性も高まり、副交感神経活動が高まったという研究もあります。

— これは健康な男性が4週間毎日スタティックストレッチングを行った結果ですね(図34)。確かに寝前のストレッチングは気持ちいい。

それも明らかになっています。この図35がそうです。日本人の働いている女性を対象に、スタティックストレッチングを行うグループと行わないグループに分け、3週間毎日ストレッチングを行ったグループだと、眠ろうと思ってから、眠るまでの時間が10分間短くなりました。コントロールは3分くらいしか短くなっておらず、この間に差がみられています。眠ろうと思ってから眠れるというのは、もしかしたら副交感神経活動が関わっているのかもしれませんが、いずれにせよ入眠がスムーズになるということが明らかになっています。

最近では、生活習慣病予防に対する効果に関する研究もあります。これも、先ほどのKokkonenと同じグループのNelson

| Variable | Pre (n=10) | Post (n=10) | Post-Pre (n=10) | Post-Pre (n=10) |
|---|------------------------------|--|------------------------------|---|
| HR (bpm) | 79.1 (10.6) [64-99] | 65.1 (12.9) p < 0.001 [45-90] | 100.1 (14.4) [79-122] | 86.3 (16.7) p < 0.001 [66-125] |
| RMSSD (ms) | 25.2 (10.4) [11-41] | 62.4 (26.9) p < 0.001 [19-120] | 15.1 (7.8) [6-37] | 28.7 (14.0) p = 0.003 [6-55] |
| PNN50 (%) | 3.2 (3.1) [0-8] | 17.3 (7.8) p < 0.001 [1-32] | 1.7 (0.9) [0-3] | 4.2 (3.2) p = 0.002 [0-11] |
| LF/HF | 8.01 (5.19) [0.87-16.14] | 3.44 (3.53) p < 0.02 [0.94-15.06] | 10.69 (6.01) [2.85-25.29] | 7.32 (3.76) n.s. (p < 0.02) [2.76-16.30] |
| Muscular flexibility (cm) over all joints score | -13 (26.5) [-44 up to 43] | 49.3 (32.8) p < 0.001 [-23 up to 107] | not calculated | not calculated |

図34 ストレッチングによってリラックスできる (トレーニング効果) (Mueck-Weymann ら、Clin Auton Res 14:15-18, 2004)
健康な男性(22~44歳)が4週間(毎日)のストレッチングのトレーニングによって副交感神経指標(RMSSDおよびPNN50)が増大したよって、リラックスの度合いが高まったと言える。

| Variables | Control group | | | Intervention group | | | Inter-group difference | | |
|-------------------------------|---------------|------------------------------|------|--------------------|------------------------------|------|------------------------------|------------|---------|
| | n | mean difference ^a | SD | n | mean difference ^a | SD | mean difference ^b | 95% CI | P value |
| Weekday (work day) | | | | | | | | | |
| Sleep Onset Latency (min) | 19 | -2.7 | 14.1 | 18 | -10.2 | 20.7 | -3.6 | -6.7 -0.6 | 0.022 |
| Sleep Efficiency (%) | 19 | 1.8 | 7.3 | 18 | 2.2 | 7.9 | 1.2 | -1.8 4.1 | 0.418 |
| Total Sleep Time (min) | 19 | 24.7 | 34.9 | 18 | 13.6 | 51.4 | -19.8 | -44.0 4.3 | 0.104 |
| WASO (min) | 19 | 4.2 | 11.3 | 18 | -1.8 | 25.0 | -8.0 | -17.9 1.9 | 0.110 |
| Holiday (non-work day) | | | | | | | | | |
| Sleep Onset Latency (min) | 16 | 4.7 | 10.8 | 17 | 1.5 | 17.5 | -1.8 | -12.4 8.9 | 0.736 |
| Sleep Efficiency (%) | 16 | 0.2 | 9.1 | 17 | 1.8 | 8.1 | 0.8 | -4.2 5.8 | 0.744 |
| Total Sleep Time (min) | 16 | -4.0 | 64.6 | 17 | -6.6 | 97.3 | -0.7 | -50.1 48.7 | 0.977 |
| WASO (min) | 16 | -2.1 | 29.4 | 17 | -8.8 | 23.4 | -6.4 | -23.5 10.7 | 0.451 |

^a Mean intra-group difference was calculated by subtracting pre value from post value.
^b Mean inter-group difference in change (Intervention - Control) which was adjusted for baseline value and PSQI between the two groups.
WASO; Wake After Sleep Onset.

図35 ストレッチングによって入眠がスムーズになる (永松ら、体力研究 106:1-8, 2008)
40~66歳の女性勤労者が3週間(毎日)のストレッチングのトレーニングを実施することで平日の入眠時間が大きく改善した。

の結果ですが、糖尿病の患者さんを対象として、糖質を摂ったあとの血糖値の変化をみていったものです(図36)。スタティックストレッチングを行ったグループは血糖値の下がり方が大きくなりました。動物実験でインスリンの注入や電気刺激に比べると少ないのですが、ストレッチングでも糖が筋へ取り込まれるということが明らかになっています(図37)。ヒトで確認されたのは初めてですが、ストレッチングで糖を

利用し、血糖値が下がるのであろうと考えられます。

さらに、最近では血管を柔らかくする効果についても研究が行われています。もともと中高年の方は、からだの柔らかさと血管の柔らかさの指標に相関関係があって、からだの柔らかい人ほど血管が柔らかいことが明らかになってきました(図38)。したがって、からだを柔らかくするためのスタティックストレッチングが血管を柔らかく

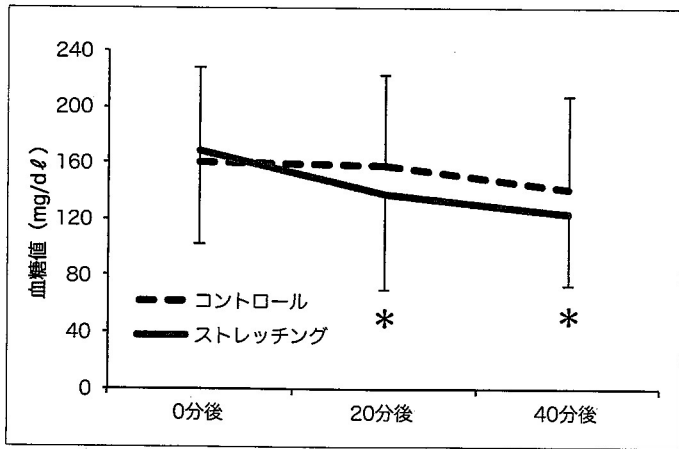


図 36 糖尿病の運動療法

(Nelson et al. Journal of Physiotherapy, 57: 173-178, 2011)
 II型糖尿病の患者を対象に43gの糖質を含むジュースを飲んだ後、40分間に渡ってストレッチングを実施したところ、実施しなかった場合に比べ、ストレッチング開始20分から血糖値が下がり、40分でも低値のままであった。

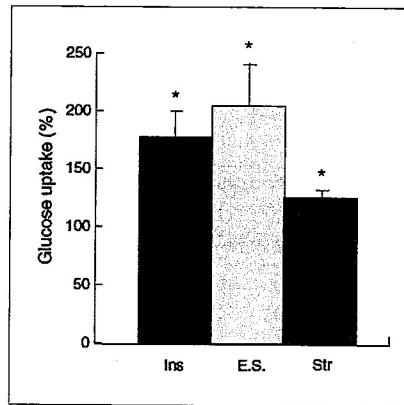


図 37 ストレッチングが血糖値に及ぼす影響
 (Itoら, Pflugers Arch - Eur J Physiol 451:803-813, 2006)
 動物実験ではストレッチングによって糖の取り込み能が改善することが明らかになっている。

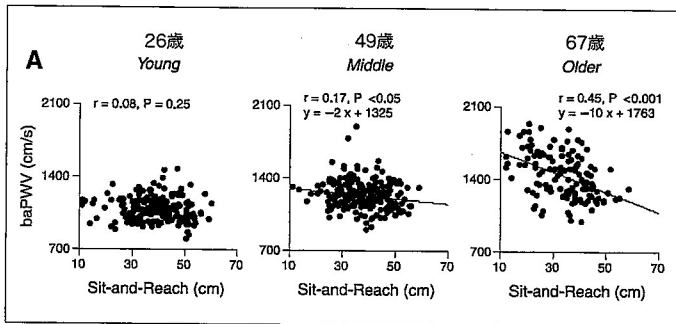


図 38 中高年では柔軟性が高いほど血管が柔らかい

(Yamamoto, Tanimotoら, Am J Physiol Heart Circ Physiol 297:1314-1318, 2009)
 若年者では柔軟性と血管の硬さに関係はみられなかったが、中年以降では柔軟性の高いものほど血管が柔らかかった。

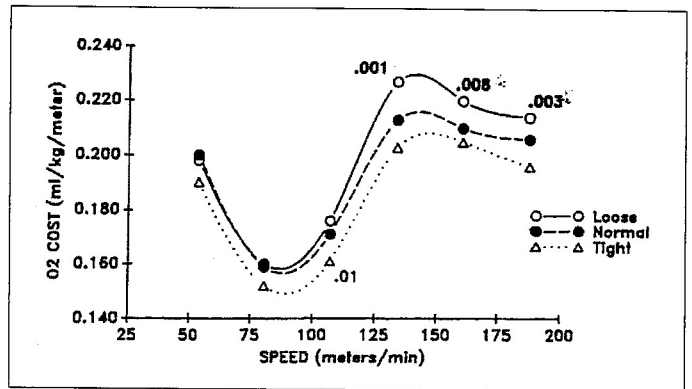


図 39 柔軟性が高いほど走行中のエネルギー消費量が高い

(Gleimら, J Orthop Res 8:814-823, 1990)
 柔軟性の高いものほど (Tight < Normal < Loose) 主に走行時 (107m/分以上) の消費エネルギー量が高い。

するのではないかと考えられ、最近では実際に大学生を対象とした研究なども行われています。スタティックストレッチングをすると一過性に血管の柔らかさを示す指標が柔らかい方向に変化するということが明らかにされています。

— 反対は言えない？

からだが硬くなっていくと血管が硬くなっていくということですね。その研究はまだないと思います。ただ、やはり年齢によって柔軟性が低下していきますし、血管も硬くなっていくということは明らかになっているので、そのように言えるのかもしれない。

— たとえば、柔軟性を向上させれば、血管も柔らかくなるとも言えない？

そうともまだ言えないと思います。

— からだの柔らかさと血管の柔らかさには関係がみられるということ。

そうです。

からだが柔らかいとエネルギー消費量大きい

次に、かなり以前から、からだの柔らかさと運動中のエネルギー消費量には関係があると言われてきました。図 39 の研究ではランニングのような走速度のときに、からだの硬い人に比べて、普通の人のほうが、さらに柔らかい人だとそれ以上にエネルギーを消費することが明らかになっています。要するにからだの硬さによって、同じ運動強度で運動しているのに、エネルギーを無駄使いしてくれるということが示されています。これは一般の人でもそうですし、長距離ランナーも同様です。

— それはいいことと悪いことの両面がありますね。

両方だと思います。競技者にとっては柔らかくて、エネルギー消費量が多いことは悪いことだと思います。一方、逆に肥満予防であるなら、からだを柔らかくして運動

すると、もしかしたら、エネルギー消費量が増えるのではないかと考えられます。そのようなことから、現在両面から研究を進めています。今は競技者を対象として、スタティックストレッチングを行ったときに、実際にエネルギー消費量がどうなるかという研究も行っています。また、からだを柔らかくして、エネルギー消費量を増やして肥満予防につなげられないかを今後研究しようと思っています。

— からだを柔らかくして、エネルギー消費量が多くなるのであれば、痩せやすくなる。ところがマラソンなどの場合はエネルギーを余分に使ってしまったら困る。マラソン選手のエネルギー消費の面では、からだの硬いほうがいいのかという話にもなる。

そういうことになりますね。とくに足関節と股関節周りだけを見ていくと (図 40)、歩いているだけでも、その差が出てきます。しかしながら、長距離選手の硬さ

の評価判定は難しく、各々の走り方にもよっても異なると思います。たとえば、股関節周りの筋をうまく利用して走っている人は、股関節はある程度柔らかくないといけません。ただ、足関節が柔らかい人は、エネルギーを無駄使いしてしまうようです。

—柔らかいというのは支持性が低いからということも言えそう。

それも言えますし、このエネルギーの消費の無駄使いに関しては、柔らかすぎるので、結局自分で止める動きにより筋を収縮させてしまいエネルギー消費量が増えると言われています。

—なんでも程度ですから、「柔らかい(硬い)ほどよい」とは言えないですね。

はい、なかなか難しい部分ですが、そのとおりだと思います。

—でも、その傾向があるということ。

まとめさせていただくと、スタティックストレッチは運動前以外の実施だと、このようにいろいろなよい効果があるのではないかということです。高齢者の場合は歩行動作も改善されるようで、おじいさん、おばあさんがスタティックストレッチを行うと、スムーズに歩けるようになる、歩行速度が上がるということが明らかになっています(図41)。

ダイナミックストレッチのもっともよい量、方法

—すると、単純にどちらがいいとか悪いとかではなくて、場面や目的などを考えて適正な使い方をしなければいけないということ。先生ご自身はさまざまな研究結果やご自身の研究も踏まえて、ダイナミックストレッチはパフォーマンス向上には有効だとされている。しかし、ダイナミックストレッチといっても、どんな運動をどれくらい行うのがよいかという問題がありますね。それはおそらく人や競技によっても違うでしょう。そのあたりはどうですか？

まずはバリスティックストレッチとダイナミックストレッチはどう違うか

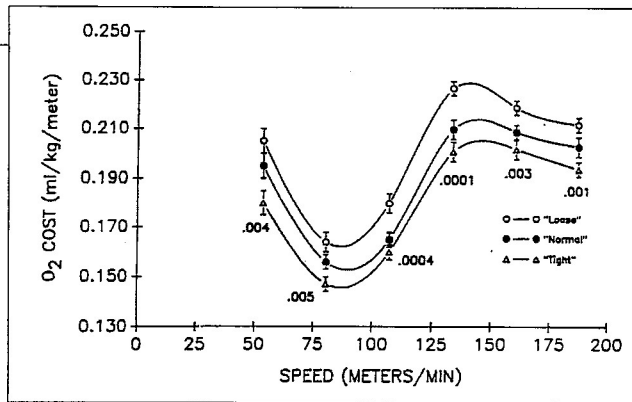


図40 柔軟性が高いほど走行中のエネルギー消費量が高い (Gleimら, J Orthop Res 8:814-823, 1990) 足首と体幹の柔軟性の高いもの(Tight < Normal < Loose)では歩行時でも消費エネルギー量が高い。

| Outcomes | Intervention Group | | Control Group | | Interaction Effect Testing | |
|---|--------------------|------------|---------------|-----------|----------------------------|-------|
| | Baseline | 8 Weeks | Baseline | 8 Weeks | F | P |
| Primary measures | | | | | | |
| FCGS (m/s) | 1.23±0.12 | 1.30±0.10* | 1.33±0.19 | 1.35±0.19 | 6.45 | .016† |
| Hip extension/knee flexion (deg) | 59.7±7.4 | 66.5±7.4* | 56.2±10.0 | 58.1±7.5 | 5.70 | .023† |
| Ankle dorsiflexion (deg) | 7.8±4.9 | 11.3±5.4* | 7.8±4.9 | 7.9±4.1 | 5.92 | .020† |
| Secondary measures | | | | | | |
| Stride length during FCGS (m) | 1.26±0.13 | 1.36±0.15 | 1.35±0.26 | 1.39±0.25 | 4.81 | .188 |
| Stride length during SGS (m) | 1.38±0.10 | 1.47±0.17 | 1.41±0.19 | 1.44±0.18 | 1.58 | .216 |
| Peak thigh extension during FCGS (deg) | 16.5±5.1 | 17.6±4.5 | 18.4±5.2 | 16.7±3.6 | 3.68 | .064 |
| Peak thigh extension during SGS (deg) | 18.2±4.7 | 19.4±3.9 | 18.8±4.8 | 17.9±3.2 | 2.15 | .152 |
| Peak ankle dorsiflexion during FCGS (deg) | 15.2±3.9 | 14.7±3.3 | 14.4±3.8 | 13.7±3.5 | 0.01 | .932 |
| Peak ankle dorsiflexion during SGS (deg) | 14.6±3.9 | 14.7±3.8 | 13.0±4.2 | 12.4±5.6 | 0.23 | .637 |

NOTE: Values are mean ± SD. Interaction effect testing is a result of 2-factor repeated-measures ANOVAs. Abbreviations: FCGS, freely chosen gait speed; SGS, set gait speed.
*Significant change from baseline to 8-week assessment within the group based on tests of simple main effects (P<.008).
†Significant group interaction effect based on repeated-measures ANOVA (P<.05).

図41 ストレッチングによる柔軟性の改善にもなる抗加齢効果

(Christiansen, Arch Phys Med Rehabil 89:1421-1428, 2008)

高齢者(72歳)が8週間(週2回)のストレッチングのトレーニングによって柔軟性が向上し、自己快適ペースの歩行速度が速くなった。

ということがよく議論されるのですが、私のなかでは、バリスティックストレッチは自分の身体の一部の重みを利用して重力に応じて反動をつけて伸ばすストレッチングだと考えています。一方でダイナミックストレッチは、伸ばそうと思った筋肉の反対側、いわゆる拮抗筋群にしっかりと力を入れることを意識し、重力に反した動きを用います。それによって本当に起きているかどうかは、明らかにはなっていませんが、相反性抑制と言われる一方の筋を収縮させると、反対側が弛緩するという反射をうまく利用して伸ばす方法だと思っています。また、自分が実際に行うスポーツ動作をシミュレートすることによって、その動作自体の動きをなめらかにしたり、速くする、そういった働きかけによる伸張運動がダイナミックストレッチだろうと思っています。

この考え方を受け入れてくれる方もいるのですが、ダイナミックストレッチはストレッチングなのかと言われると、「そうではないのではないか、これはウォーミ

ングアップだ」というような言われ方もよくされます。そこで答えるのが、「ダイナミックストレッチも柔軟性を向上させます」、「柔軟性を向上させる1つの方法として、筋肉を伸ばしているので、ストレッチングの範囲に入れてもいいのではないですか」と申し上げますが、今はそのように申し上げることしかできないですね。

—ストレッチングを筋の伸張運動とすると、スポーツではダイナミックな方法で行われていて、『ボブ・アンダーソンのストレッチング』とは別にアメリカンフットボールのコーチでポール・ユーラムという人の「ダイナミックストレッチング」の本も出ていました。長座体前屈で背中を押して行うような「柔軟体操」は伸張反射を誘発し、収縮しようとする筋を外側から強制的に伸長するので損傷を起こす危険がある。しかし、スタティックストレッチならその危険がなく、柔軟性も向上する。この理屈で、一気に世界中に広まった。そのスタティックストレッチングを「ストレッチング」という日本では目新しい表現で呼んだので、ストレッチングと言え

| 出版年 | 著者 | 条件 | 部位 | 量 | 速度 | 休息時間 | 指標 | 結果 |
|------|-------------------------|-----------------------|---------|--|--------------|------------|--|---------------------------------|
| 2005 | Faigenbaum et al. | DS① DS+30J② SS③ | 下股 | 13m 区間×2 13m 区間×2 15秒×1-2 | 規定なし | 2分 | VJ 高 立ち幅跳び距離 シャトルランタイム | ①>②>③ ②>③ ①>②>③ |
| | Yameguchi & Ishii | DS | 下股 | その場で 30秒 (15回) ×1 | 遅く | 移動のみ | 等速性伸張性神経伸張トルク 等速性短縮性神経伸張トルク | ↑ |
| | Papadopoulos et al. | W-up+DS | 下股 | その場で 15秒 (15回) ×6 | 規定なし | 移動のみ | 等速性伸張性神経伸張トルク 等速性短縮性神経伸張トルク | ともに変化なし |
| 2006 | Faigenbaum et al. | W-up+DS W-up+SS | 全身 | 10 ヤード区間×2 30秒×1-2 | 規定なし | 1-2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 DS>SS 変化なし DS>SS |
| | Little & Williams | W-up+DS | 下股 | 30秒 (15回) ×1 | 規定なし | 2分 | VJ 高 10m 走タイム 20m 走タイム 縦跳びタイム | ↑ ↑ ↑ ↑ |
| | McMillan et al. | DS W-up | 全身 | 10回 or 20-25m 区間×1 | 速度はゆっくりから中程度 | 約2分 | VJ 高 T字走タイム MB 投擲距離 | ↑ ↑ ↑ |
| | Duncan & Woodfield | DS W-up | 下股 | 12m 区間×2 | 規定なし | 10分以内 | VJ 高 | ↑ |
| 2007 | Yameguchi et al. | DS | 下股 | その場で 30秒 (15回) ×2 | 遅く | 5分以内 | 等速性伸張性神経伸張トルク 等速性短縮性神経伸張トルク | ↑ |
| | Herde et al. | DS | 下股 | その場で 30秒 (12-15回) ×4 | 規定なし | 4.2分 | 等速性伸張性神経伸張トルク | ↑ |
| 2008 | Torres et al. | W-up+DS | 上 体幹 | 30秒×2 | 規定なし | 5分 | 30%IRM ベンチプレス 5kg 投擲距離 | すべて変化なし |
| | Mansel et al. | W-up+DS | 下股 | その場で 30秒×3 | 遅く | 4分 | 等速性伸張性神経伸張トルク | ↑ |
| | Christensen & Nordstrom | W-up+DS | 下股 | 5回×1-2 | 規定なし | 約2分 | VJ 高 | 変化なし |
| | Dezaki et al. | W-up+DS | 下股 | その場で 30秒 (15回) ×3 | 規定なし | ? | ベンチプレスIRM レッグプレスIRM | ともに変化なし |
| | Jeggars et al. | W-up+DS | 下股 | 15回×2 | 遅く | ? | VJ 高・威力・パワー | パワー↑、 その他は変化なし |
| | Pearce et al. | DS+W-up W-up+DS | 下股 | 10回 or 10m 区間×1-2 その場で 30秒 (15回) ×1 | 規定なし 遅く | 移動のみ 2分 | VJ 高 VJ 高 | ↑ ↑ |
| 2009 | Curry et al. | W-up+DS | 下股 | 10回×2 | 規定なし | 5分 | VJ 高 | 変化なし |
| | Needham et al. | W-up+DS W-up+SS | 下股 | 20 ヤード区間×2 15秒×2 | 規定なし | 移動のみ | VJ 高 10m 走タイム 20m 走タイム | DS>SS DS>SS DS>SS |

図 42-1 ダイナミックストレッチングの具体的な方法

| 出版年 | 著者 | 条件 | 部位 | 量 | 速度 | 休息時間 | 指標 | 結果 |
|------|---------------------------|--|----|---|-----------------|------|--|-----------------------------------|
| 2010 | Dalrymple et al. | W-up+DS | 下股 | 18m 区間×2 | 規定なし | 1分 | VJ 高 | 変化なし |
| | Fletcher | W-up+連 DS① W-up+連 DS② | 下股 | 10回×2 10回×2 | 50回/分 100回/分 | 2分 | VJ 高 DJ 高 SJ 高 | ②>①、①変化なし ①、②ともに↑ ①、②ともに↑ |
| | Fletcher & Montia-Colombo | W-up+DS | 下股 | その場で 12回×2 | 規定なし | ? | VJ 高 DJ 高 等速性伸張性神経伸張トルク 等速性短縮性神経伸張トルク | 変化なし 変化なし ↑ ↑ |
| | Sekir et al. | W-up+DS | 下股 | その場で 30秒 (15回) ×2 | 遅く | ? | 等速性伸張性神経伸張トルク 等速性短縮性神経伸張トルク 等速性伸張性神経伸張トルク 等速性短縮性神経伸張トルク | ↑ ↑ 60度/秒↑、 180度/秒↑;変化なし |
| | Gelen | W-up+DS | 全身 | 15m 区間×2 | 規定なし | 4-5分 | 30m 走タイム 30m ドリブルタイム PK ボール距離 | ↑ ↑ ↑ |
| | Amiri-Khorasani et al. | W-up+DS | 下股 | 動きながら 30秒 (15回) ×1 | 規定なし | 2分 | アグリテテストタイム | 変化なし |
| | Cheouachi et al. | W-up+DS | 下股 | 30秒×2 | 規定なし | 2分 | VJ 高 アグリテテストタイム 5kg 投擲距離 | すべて変化なし |
| | Fletcher & Montia-Colombo | W-up+DS | 下股 | 動きながら 12回×2 | 規定なし | ? | VJ 高 20m 走タイム アグリテテストタイム | 変化なし ↑ ↑ |
| | Murphy et al. | W-up+DS | 下股 | 20秒 (10回) ×1 | 規定なし | 5分以内 | VJ 高 | 変化なし |
| | Perrier et al. | W-up+DS | 全身 | 18.3m 区間×2 | 規定なし | 移動のみ | VJ 高 反応時間 | ↑ ↑ |
| 2011 | Turki et al. | W-up+DS | 下股 | 20m 区間 (約 14回) ×4 | 規定なし | 15秒 | VJ 高 | ↑ |
| | Van Gelder & Bertz | W-up+DS | 下股 | 4-20回×1 | 規定なし | 移動のみ | アグリテテストタイム | ↑ |
| 2012 | Behm et al. | W-up+DS | 下股 | 30秒×8 | 規定なし | ? | VJ 高 DJ 高 バランス 反応時間 動作時間 | ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ |
| | Turki et al. | W-up+DS×1① W-up+DS×2② W-up+DS×3③ | 下股 | 20m 区間 (約 14回) ×1 20m 区間 (約 14回) ×2 20m 区間 (約 14回) ×3 | 規定なし | 5分 | 10m 走タイム 20m 走タイム | ↑ ↑ ↑ |

図 42-2 ダイナミックストレッチングの具体的な方法

ば、スタティックストレッチングと思う人も多い。では、たとえば、キャッチボールはダイナミックストレッチングか？

それはダイナミックストレッチングではなく、私は専門的ウォーミングアップに入っていますが、ダイナミックストレッチングは動作をシミュレートはしていますが、実際の競技の動作ではないということですかね。その辺りはうまくクリアされていません。ランニングになってしまうと、判断は難しいですね。

— サッカーで言う「ブラジル体操」はわりとわかりやすい。ダイナミックストレッチングでパフォーマンス向上に「もっともよい量」というのはあるのですか？

まず回数で指定したいと思い、先行研究をいろいろとあたっていったところ、10～15回、1～2セットの研究でパフォーマンスが向上したことが明らかにされています(図 42-1、42-2)。図の網かけの研究がパフォーマンスの向上しなかった研究なのですが、なかには10回でも向上しなかったものもあります。しかし、総じて考えると10～15回、1～2セットでよい傾向でした。それより回数が多くなってしまえばパフォーマンスは向上しません。たとえば15回を6セットあるいは12回を4セット行ったり、15回を3セット行ったりという研究に関してはパフォーマンスは向上していません(図 42)。そう考えてい

くと回数は10～15回が妥当なのだろうと思います。ただ、スポーツ現場でダイナミックストレッチングを行う場合には、距離をコーンなどで区切ってそのなかで動きながら行きます(図 43)。そのように距離で区切って動きながら実施するのがよいということが30m 走のタイムを検討した研究で明らかになっています。距離で区切った研究をみていくと、実は多くの研究でパフォーマンスが向上していて、1つの研究だけが18m 区間を2セット行った合計36m の条件ですが、パフォーマンスに変化がみられませんでした(図 42-2)。

もう1つ意味深い研究があります。20m 区間のダイナミックストレッチングを何セット実施したときにパフォーマンスに有効かをみた研究で、20m の区間、ダイナミックストレッチングを1セット行った場合、20m 走が速くなり、2セット行った場合でも同じだけ速くなりました。一方、3セット行くと遅くなったのです(図 44)。したがって、多くやりすぎたり、セット数がかさむとよくないと言えます。したがって、10～20m を1セットくらいでいいというのが、量として現状を示せるところかと思います。

ダイナミックストレッチングの動作の速度に関する研究

— 動作の速度としては、最初はゆっくり大きく動作を確認するようにして、その後だんだんと力強く素早く行うようにするのがよい？

動作の速度についての研究もいくつかあります。サッカーのブラジル体操をみると、かなりゆっくりと行われているのですが、どうもそうではなく速く行ったほうがいいのではないかということが示唆されます。図 45 はジャンプ力への影響をみた研究で、テンポなので厳密には速度ではないのですが、ダイナミックストレッチングをしない場合に比べて1分間に50回のペースで行うよりも、1分間100回のペースで速く行ったほうが、すべてのジャンプ

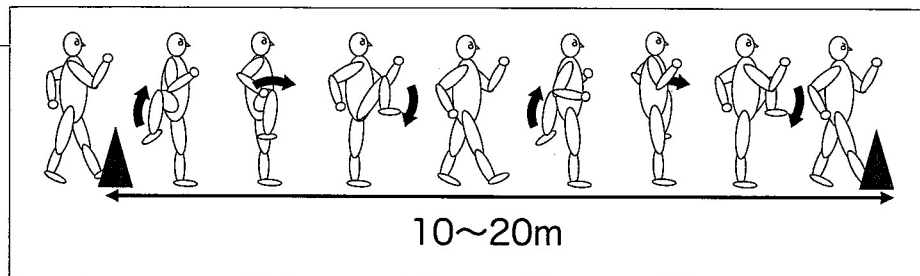


図 43 ダイナミックストレッチングの具体的な方法

(山口&石井, CREATIVE STRETCHING 21:1-6, 2012)

- はじめは立位で動かすに10~15回×1~2セット行う
- 慣れてきたら10~20mの距離をウォーキングやランニングしながら行う
- 最初はゆっくりと大きく動作を確認するように、その後、段々と力強く素早く行うようにする

TABLE 3. Data in this table illustrate the mean and SDs of sprint times after the 3 warm-up protocols.*

| | | Conditions | | |
|-----------------|------|---------------|---------------|---------------|
| | | 1セット | 2セット | 3セット |
| 20-m Sprint (s) | Pre | 2.96 ± 0.08 | 2.96 ± 0.08 | 2.96 ± 0.07 |
| | Post | 2.88 ± 0.06†‡ | 2.88 ± 0.10†‡ | 3.04 ± 0.06†‡ |

*ADS = active dynamic stretching.
 †Significant difference, $p < 0.001$ between prestretching and poststretching.
 ‡Significantly different, $p < 0.05$ from ADS.

図 44 ダイナミックストレッチングの具体的な方法

(Turki et al. J Strength Cond Res, 26: 63-72, 2012 を改変)

3セット繰り返すと疲労が溜まるのか？ パフォーマンスが低下する。1セットと2セットの効果が変わらないので、1セットで十分では？

パフォーマンスが高くなったということが明らかになっています。

研究のなかでダイナミックストレッチングの速度を規定していないものもありますが、「速く」と速度を規定している研究は、すべてでパフォーマンスが向上しています(図 42)。したがって、ダイナミックストレッチングによってパフォーマンスを向上させるためには、最初は準備も含めてゆっくりと大きく動きを確認する。それからだんだんと素早く力強い動作を意識して行っていったほうが、よりパフォーマンスを高めるためには有効な方法なのではないかと考えています。

——現場的にはよくわかる話ですね。

それ以上のことで、たとえば、終わってからのどのくらいの時間をおかないといけないのか、あるいは実際にどういう運動がどの動きによいのかということなどについては、まだ研究レベルではまったく明らかになっていません。そういう部分に関しては、さらに検討していくべきだと思いますが、それらを研究で明らかにできるかという、私は明らかにしきれないと思います。そこは科学と現場の違いのところだと思います。

す。

——先生は、以前、ウォーミングアップではダイナミックストレッチングのほうが良いと、コーチング雑誌に書かれていた。

2005年です。

——10年近く前になりますが、当時は結構反響がありましたか？

反響というか、反発が多かったです(笑)。ダイナミックストレッチングがよいというよりも、スタティックスストレッチングがよくないということに対して反発が非常に大きかったです。まだそのときは学生で、若気の至りと今は反省しています。その後多くの新しいことに気づいたので、今はスタティックスストレッチングは悪くないということは、しっかりと伝えさせていただいているつもりです。

Table 1 Mean (±SD) of jump type measures post-experimental interventions (n = 24)

| Intervention | カウンタムーブメントジャンプ (cm) | ドロップジャンプ (cm) | スクワットジャンプ (cm) |
|--------------|---------------------|---------------|----------------|
| ストレッチなし | 48.0 ± 7.9* | 47.5 ± 7.6* | 45.1 ± 7.5* |
| 50回/分 | 48.4 ± 8.4** | 49.2 ± 7.7*** | 46.7 ± 7.6*** |
| 100回/分 | 50.4 ± 8.5*** | 51.9 ± 8.9*** | 47.6 ± 8.5*** |

* Significant differences between NS, SPS and ADS conditions.
 ** Significant differences between SPS and FDS conditions ($P \leq 0.05$)

——しかし、あの記事はストレッチングについて考える1つのきっかけにはなったと思います。どっちがいい、悪いという話になると、誰でもそれは言いすぎ、あるいは言い切れないだろうということになると思いますが、最近レースや試合前にスタティックスストレッチングはやらない、やっても少しという話が出てきています。でも、実際のパフォーマンスでは、何がよくて、何が悪いか、本当のところはなかなかわからない。

持久力とストレッチング

最近では持久力に対するスタティックスストレッチングの効果、つまりスタティックスストレッチングを行った直後の持久的なパフォーマンスについても調べられています。たとえば、ある一定の速度に設定して、自転車こぎなりランニングを行い、呼気ガス分析器をつけて、そのときにどのくらい酸素を摂取しているかをみて、エネルギー消費を測定するのですが、スタティックスストレッチングやパートナーにスタティックスストレッチング(PSS)をしても、とくにコントロールに比べてエネルギー消費は変わらないという研究もあれば(図 46)、トレッドミルのデジタル表示板を隠して、本人にどのくらい走ったかわからないようにして、30分間できるだけ速く走り続けてもらい、終わってからどのくらいの距離を走ったかをみると、スタティックスストレッチングを行った場合で、距離が200mくらい短くなったという研究もあります(図 47)。

自転車ですと85% \dot{V}_{O_2max} というマラソンよりやや強度が高い負荷に設定を行って、オールアウトまで自転車をこがせたら、

図 45 ダイナミックストレッチングの具体的な方法

(Fletcher, Eur J Appl Physiol 109: 491-498, 2010)

50回/分よりも100回/分のペースで行うことでより垂直跳びを向上させた。

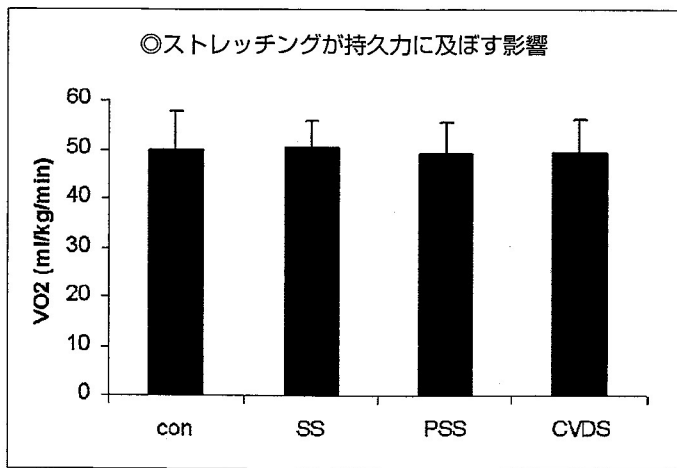


図46 ストレッチングは持久的パフォーマンスを向上させるのか？
(Hayes et al. J Strength Cond Res 21:1227-1232, 2007)
ダイナミックストレッチングは持久的な能力を向上させない。

スタティックストレッチングをした場合で自転車こぎの時間が短くなってしまった。そのときの関係として、先ほどから述べているようなエネルギー効率がスタティックストレッチングを行うと悪くなったということが明らかにされています。

また、ちょうど昨日みつけた研究では坂道を登っていく条件をトレッドミルで設定し、パフォーマンスへの効果を検討していました。先ほどのスタティックストレッチングによってトレッドミルの走行距離が短くなったという研究と同じ研究者のグループの研究です。彼らは今回、足部の接地時間と下肢の筋電図活動もとり、1マイル(約1600m)のランを終えるまでの時間がスタティックストレッチングを行った場合に伸びたことを示しました。つまり、持久走のパフォーマンスが低下したという結果とともに、そのときの筋電図の活動から、ストレッチングを行ったときのほうが筋が活動していたことを示しました。

ここで何が問題になるかという点と、接地している時間がスタティックストレッチングをした場合に長くなったという点です。彼らの結果の解釈ですと、筋腫のバネの能力が落ちてしまって接地時間が長くなる分、筋の活動量を増やした。その結果、筋疲労も蓄積し、パフォーマンス自体も落ちてきてしまったのではないかと推察しています。ただ、やはりどの研究もストレッチングの時間が長い。30分あるいは20分、下半身全体に行っています。おそらく

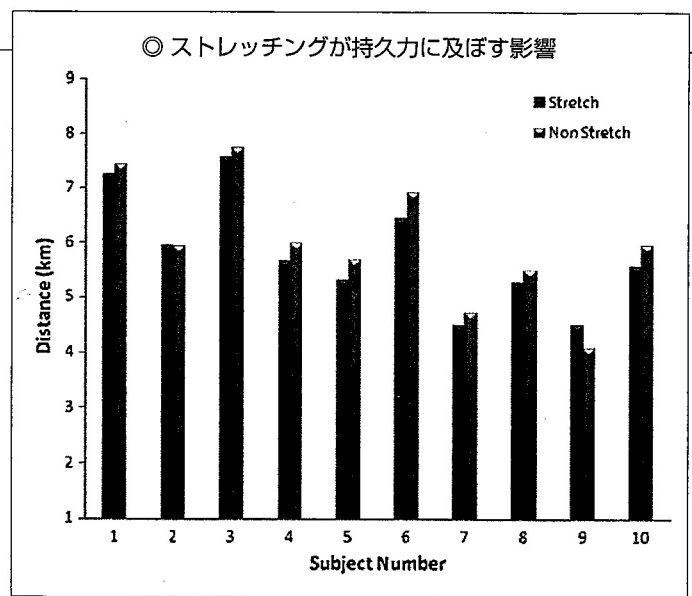


図47 ストレッチングは持久的パフォーマンスを向上させるのか？
(Wilson et al. J Strength Cond Res 23: 2274-2279, 2010)
スタティックストレッチングは持久的な能力を低下させる(6.0km vs. 5.8km)。

持久走の選手がウォーミングアップで30分もストレッチングを行っていることはほとんどありません。そこで、私は、最近北海道大学高等教育推進機構の瀧澤一騎先生のグループと1つの筋群に20秒で、脚全体に行っても5分以内で終わらせられるようなスタティックストレッチングのプロトコルを用いて、研究を行ってみました。20秒だけ伸ばしたあとに90% \dot{V}_{O_2max} 、すなわち、5000mくらいを走るような強度でトレッドミル上を全力で走らせ、疲労困憊に至るまでの時間をみたのですが、とくにスタティックストレッチングを行っても20秒程度だと運動継続時間も運動効率もストレッチングなしの場合に比べて変わらないという結果が得られました。これについては、これから学会発表し、論文にしていきます。

いずれにせよ、スタティックストレッチングの秒数が長い、短いということがついて回るので、そこをしっかりと確認しながらスポーツ現場に生きる方法で行わないといけないと思います。実はスタティ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の結果も一人歩きして、ランニング前にスタティックストレッチングを実施するのはよくないなどということが言われ始めています。私自身は、自分の結果に基づき一概に言えないのではな

いかと思っています。またダイナミックストレッチングが持久走のパフォーマンスに及ぼす影響に関する研究は少なく、2つだけです。先ほどの研究結果には実はゆっくりめにスピードをコントロールしたダイナミックストレッチングを行った場合も条件設定されており、その研究ではパフォーマンスへの正負の効果がないことが明らかになっています(図46)。一方、前出のWilsonと同じグループの研究者が、ダイナミックストレッチングを行うとエネルギー効率が下がってしまったことを明らかにしています。ただ先ほどのスタティックストレッチングの場合のような平均距離の減少はないとしています。

一方、先ほどの研究の続きになるのですが、私が行った研究では、ダイナミックストレッチングを行ったところ、運動継続時間は有意に伸びました。もしかしたら、強度の問題なのかもしれませんが、 \dot{V}_{O_2max} の9割の強度での走速度だと、ダイナミックストレッチングをしたほうが、筋の活動レベルを上げるなどして、結果としてよいことも示唆できます。今後これについても公表させていただきたいと思っています。— たぶん時間やタイミングや強さなどを、うまく決めて行わせるのがコーチの腕、あるいはよい選手の優れたところであり、違いを生じる場所だろうと思います。いろいろな

条件が重なってきますから、一概に言えない気がしますね。

本当に狭い範囲しか研究ではできないので、すべての競技種目のアスリート全員に当てはまるわけではありません。いろいろなところで多くの方々の話をうかがいながら検討し、この競技では、このくらいまで研究結果を活かしていただけたらと思います。と、私自身も気をつけながら毎回話をさせていただいています。

——健康の保持増進に寄与するというのは、そういう意味ではそんなに難しくはないけれど、スポーツのパフォーマンス向上となるといろいろな要素をはらんでいるので、なかなか言い切れない部分がありますね。でもこういうデータが出てくることはとてもおもしろいし、ひょっとしたら今やっているこれは違

うかもしれないという示唆は得られますね。ありがとうございました。

〔山口先生の文献一覧。すべてではない。〕

＜ウォームアップにおけるストレッチングの効果に関する実証研究＞

- 1) ひとつの筋群に対する 30 秒間のスタティックストレッチングはレッグプレスパワーを向上も低下もさせない (J Strength Cond Res 19: 677-683, 2005).
- 2) ダイナミックストレッチングはレッグプレスパワーを向上させる (J Strength Cond Res 19: 677-683, 2005).
- 3) スタティックストレッチングは種々の重さの負荷重量における脚伸展パワーを低下させる (J Strength Cond Res 20: 804-810, 2006).
- 4) ダイナミックストレッチングは種々の重さの負荷重量における脚伸展パワーを向上させる (J Strength Cond Res: 1238-1244, 2007).
- 5) 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てもダイナミックストレッチングによる脚伸展パワーの向上効果を抑制しない (トレーニング科学 22: 39-44, 2010).

6) スタティックストレッチングは間欠的なジャンプパフォーマンスの向上に有効ではない (トレーニング科学, 印刷中).

＜その他ストレッチングに関する実証研究＞

7) 間欠的なジャンプ間のストレッチングの実施はジャンプパフォーマンスの低下抑制に有効ではない (トレーニング科学 19: 351-359, 2007).

＜ストレッチングに関する総説＞

- 8) 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 (トレーニング科学 23:233-250, 2011)
- 9) 研究結果からウォームアップにおける良いパフォーマンス発揮のためのダイナミックストレッチングの方法を考える (CREATIVE STRETCHING Vol. 21, 1-6, 2012)
- 10) ストレッチングは健康の保持増進に寄与する (CREATIVE STRETCHING Vol. 23, 1-8, 2012)

2

ストレッチングの研究と現場

ストレッチング研究の 難しさとうま

山本利春

国際武道大学教授、日本体育協会公認アスレティックトレーナーマスター

137号「ストレッチング熟考」という特集で、冒頭に登場していただいた山本先生は、その号でも山口太一先生の研究について言及されているが、今回改めて山口先生の研究について、また山本先生たちの研究について、現場の視点を強く意識して語っていただいた。研究成果を現場はどう活用すべきかという問題についても示唆に富んだ内容である。137号とともに読んでいただきたい。

柔軟性に関するワークショップ

昨年9月14～16日に、長良川国際会

議場で開催された第67回日本体力医学会のワークショップで柔軟性に関するワークショップを行いました。

私が座長で、「1. ストレッチングが筋腱複合体に与える影響」市橋則明（京都大学大学院）、「2. 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」山口太一（酪農学園大学）、「3. 柔軟性改善効果に影響を及ぼす因子とストレッチング条件」笠原政志（国際武道大学）という3先生の発表のあとディスカッションするというものでした。

——そのときはどういう話に？

演題が示すとおり、山口先生は、ストレッチングのパフォーマンスへの影響につ

いて述べられ、笠原先生は、私の研究室で行っているような、ストレッチング変数のさまざまな時間の問題とか、上肢と下肢の違い、あるいは目的別の方法という内容でした。市橋先生は海外ジャーナルにもストレッチングの実験結果などを出されています。細かい点は記憶があいまいですが、市橋先生から提案があったのは、ストレッチングの効果を判定したり評価を行うときのパラメータとして、たとえば通常であれば関節可動域で私たちはみて、可動域＝柔軟性というような捉え方をしてきましたが、その可動域そのものが筋肉が伸びているのか、それとも筋肉以外の腱や関節包などの組織が伸びているのか、あるいは筋肉の弾

スタティクストレッチングは筋力を向上させるのか？

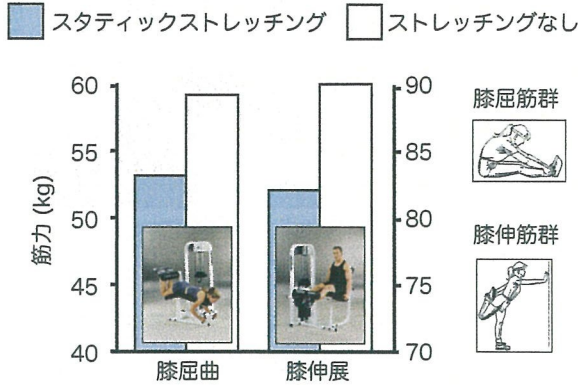


図 1 スタティクストレッチングは下肢の筋力を低下させる (Kokkonen et al. Res Q Exerc Sport 69:411-415,1998)

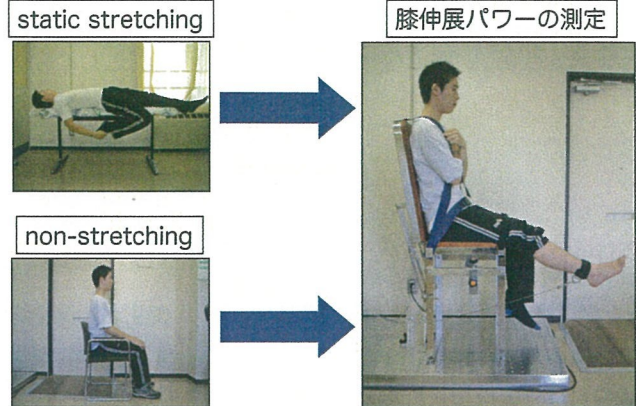


図 3 スタティクストレッチングはパワーを向上させるのか？ (Yamaguchi, ishii et al. J Strength Cond Res 20, 804-810, 2006)

○ 短縮性等負荷性膝伸展パワーの測定:

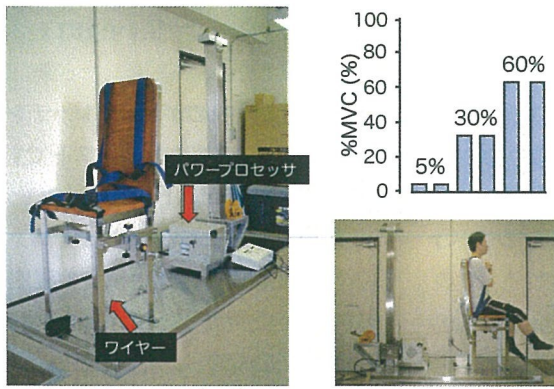


図 4 スタティクストレッチングはパワーを向上させるのか？ (Yamaguchi, ishii et al. J Strength Cond Res 20, 804-810, 2006)

スタティクストレッチングはパフォーマンスを向上させるのか？

★ static stretching

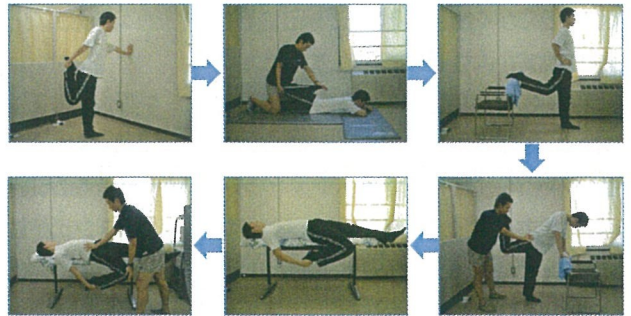


図 6 6種のストレッチングを各30秒×4セット

スタティクストレッチングはジャンプ力を向上させるのか？

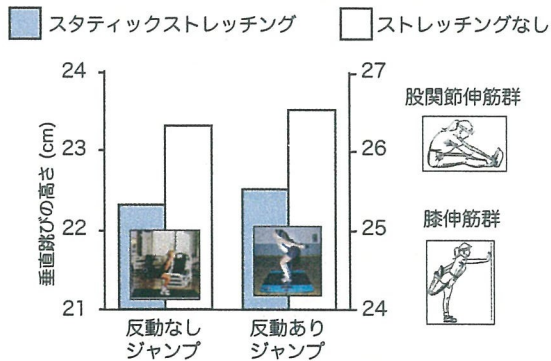


図 7 スタティクストレッチングはジャンプ力を低下させる (Cornwell et al. J Hum Mov Stud 40:307-324, 2001)

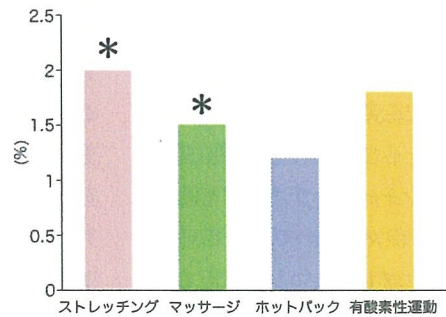


図 16 運動と運動の間のストレッチング (山本 & 山本 体力科学 42: 82-92, 1994)
5秒の全力自転車こぎを20秒おいて8回行う運動を30分間の休息をおいて2セット行った。セット間にホットパック、マッサージ、有酸素性運動、ストレッチング(40秒×2セットほど)、何もしないの5条件を行い、自転車こぎのパフォーマンスに及ぼす効果を比較検討した。

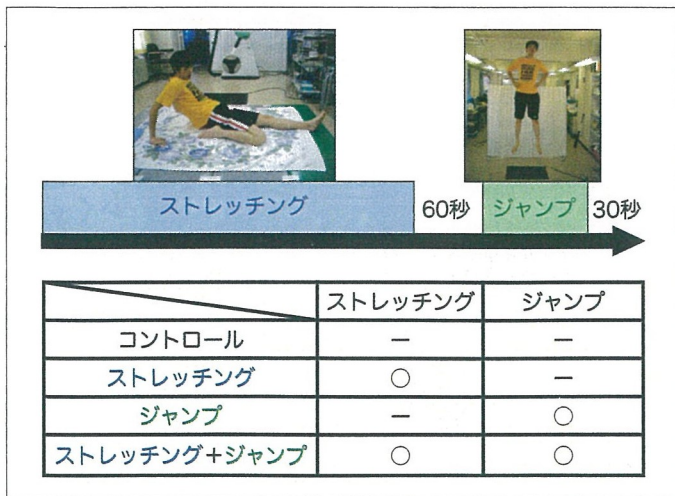


図 18 運動と運動の間のストレッチング
処置は前半 5 分のストレッチング、後半 90 秒のジャンプ、休息の時間を含む合計 8 分とし、以下の 4 処置を設定した。

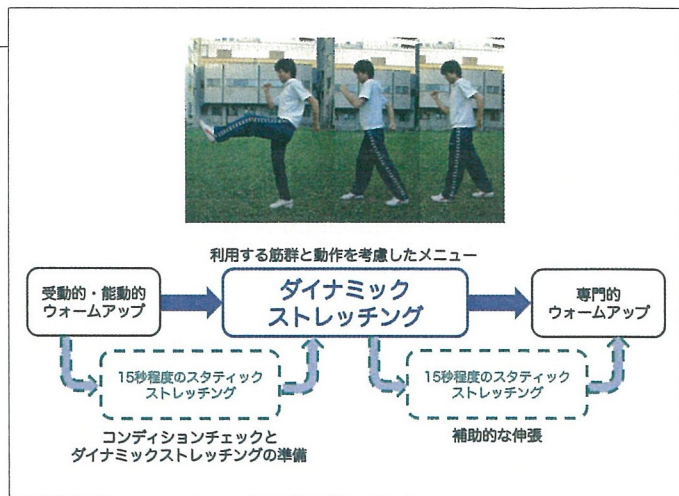


図 23 ウォームアップにおける推奨ストレッチングプロトコル

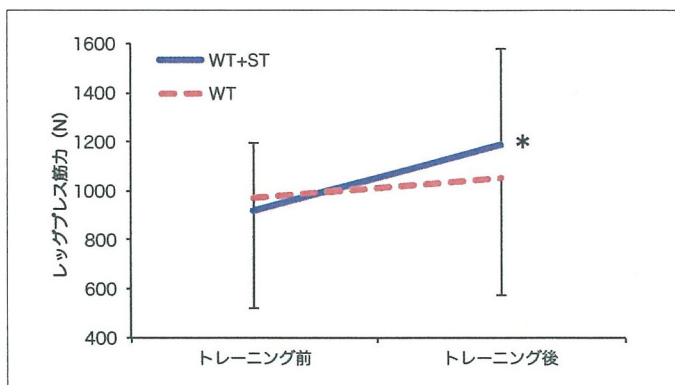


図 28 ストレッチングトレーニングがパフォーマンスに及ぼす影響
(Kokkonen et al. J Strength Cond Res 24:502-506, 2010)
8 週間、週 3 回 (月、水、金) の休息日 (火、木) のスタティックストレッチングによって筋力がより向上した。

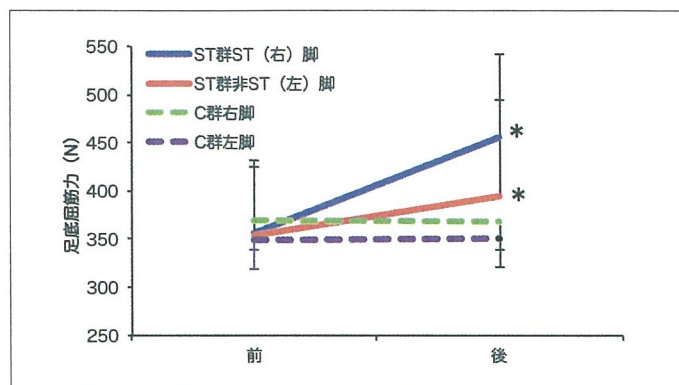


図 29 ストレッチングトレーニングがパフォーマンスに及ぼす影響
(Nelson et al. J Strength Cond Res 26:832-836, 2012)
10 週間のスタティックストレッチングによってストレッチング脚だけでなく、非ストレッチング脚の筋力がより向上した。