

大阪体育学会第52回大会 基調講演

成人期以降における筋への有効なトレーニングの方法

Effective training methods for muscular strength in people after adulthood

谷本 道哉*

Michiya Tanimoto

佐川 基調講演とシンポジウムを開催させていただきます。司会を務めます近畿大学の佐川と申します。よろしくお願ひします。本日の基調講演は『成人期以降における筋への有効なトレーニングの方法』というテーマで谷本道哉先生にご講演をいただきます。谷本先生については、私からご紹介するまでもなく、テレビなどで、皆さん既にご存じかと思ひます。簡単にご経歴などを紹介させていただきます。谷本先生は大阪大学工学部をご卒業後、東京大学大学院総合文化研究科博士課程に進まれ、国立健康・栄養研究所特別研究員、順天堂大学博士研究員を経て、現在は近畿大学生物理工学部で教鞭を執っておられます。筋肥大、筋力増強および健康維持増進のためのトレーニングおよびスポーツ動作や日常動作の分析などをご専門に研究されています。運動は、私たちにとって健康を維持・増進するために不可欠なものです。最近では有酸素運動だけではなく、レジスタンストレーニングも併せて行うことが効果的であるということが分かっております。

本日は、中高年者が安全で効果的にレジスタンストレーニングを行う上での原理、方法などをお話いただけると期待しております。では、谷本先生よろしくお願ひします。

谷本 よろしくお願ひします。僕は筋トレのことが好きで筋肉のことを研究したいなと思っ

るうちに、こういう立場でお話しさせていただくことになりました。筋トレが好きなので、筋肉を鍛えてます。生涯スポーツを行って行く中で筋の萎縮をおさえしっかり筋を保持していくということはもちろん大事です。どうやったら筋肉が強くなるのかということでお話をさせていただきます。自分の場合は、やり方として非常に悪い例で行っています。重さにこだわるようなトレーニングをすることが多いです。トレーニングされている方は分かると思うのですが、バーベルのプレートというのは一番大きいので20キロディスクがあります。僕の場合、20キロディスクみたいなのを、15キロ、10キロ使って重さを調整するのは男らしくないんじゃないかという考えを持っています。ベンチプレスで100キロで、ウォーミングアップするわけです。140キロで、フォームアシストをして、その後220キロで最後、少し動きが小さいんですけど、パッシブなトレーニングしていきます。

肩が得意だったので、バックプレスもします。頭の上に挙げる種目です。60キロでアップをしてから徐々に重量を上げていきます。そういうようなことをしていたことで現在、椎間板がほとんどつぶれています。ここにきていらっしゃるご高齢の方と変わらない背骨の画像をしています。良くないんですね。筋肉は鍛えれば鍛えるほど強く大きくなります。どんなに年を取っ

* 近畿大学生物理工学部

てからでも強くなりますし、大きくなります。骨も30歳がピークとかいう言い方をしますがそんなことは全然なくて、いくらでも硬くなります。しかし関節に関しては血管が走ってませんので、基本的には消耗品と考えていますから、いたわってトレーニングをする必要がある。僕のようなことをしてしまうと、関節、その中の椎間板ですけど、背骨の関節が使いものにならなくなってしまいます。今はそういう重いトレーニングはしないのですが、やり方を工夫すればこの程度の身体になるということではちょっと写真を使っています。

最初数枚、専門の方には釈迦に説法の内容になりますが、非常に基本のお話をしてから筋トレの話を進めていきます。筋トレというのは、筋肉を鍛えるものですね。筋肉は身体を動かすためのエンジンになりますから、筋トレをするだけで、パフォーマンスが上がるという具合にはいきません。車で書いてますけど、早い車というのは大きなエンジンが必要です(図1)。それから車が走り続けるためには吸排気系が必要です。これは心肺機能に該当します。それから上手なドライバーが必要です。これは脳神経系に該当します。筋トレはこのうちのエンジンに相当する筋肉を鍛えるものです。ここの部分がないと、まず動くことができないという部分にアクセスするのが筋トレです。非常に大ざっぱですけど、スポーツパフォーマンスを高めるためにはエンジンを良くすることで、それからエ

ンジンにエネルギーを送る。もっといろいろ細かい要素があるのですが、車でいうと吸排気系のものというのが持久力を上げる筋トレ。そういった運転手のドリルにあたるのが脳神経ですが、スキルトレーニングが必要です。筋トレの標的は、このうちの筋肉の部分です。そして基本的に能力は形態に依存しますので、筋肉は太く大きくしてあげるほど力が強くなります。

もう少し基本的な話を続けます。こちらは筋肉の力と速度の関係を示しております(図2)。神経的な要因もあるのですが、筋肉が大きくなると基本的にエンジンの基本能力としては、力が強くなるというグラフですね。力が強くなると、この図を簡単に説明しますと、太くなれば強くなる。形態でいうと、長くなれば、長い分だけたくさん縮むようになります。早く縮むのですが、筋肉は太くなりますが、長くはなりませんので、太くすることで強くなる。長くすることで速くすることはできません。では、筋肉は強くなれるけど、速くなれないのかというと、当然そういうことはありません。筋肉が太くなって強くなれば、相対的な負荷がかかります。例えば重りを10キロ上げる。ゆっくりしか上げられなくても速度が速くなります。ということは、筋肉の場合であれば、同じような形で出せるスピードが上がるとことを示しているグラフになります。

それから物理的な法則からいうと、物体に与えられる速度というのは、加速度が付いてきます。加速度というのはニュートンの法則ですね。 $F = ma$ という式で表しますが、力が強ければ強いほど大きく加速できる。得られる速度が上がります。ですから、こういった力-速度関係のグラフから見ても、それからニュートンの物理法則から見ても、筋肉を太く大きくして力を上げてあげれば、発揮できるスピードも上がります。ですからエンジンの能力を上げるためのベーシックなところは筋を肥大させれば強くなります。そして強くすれば速くなるという前提があります。生涯スポーツということで、スポーツをされている方も多いと思いますが、パフォーマンスを上げるには、まず最初のベースと

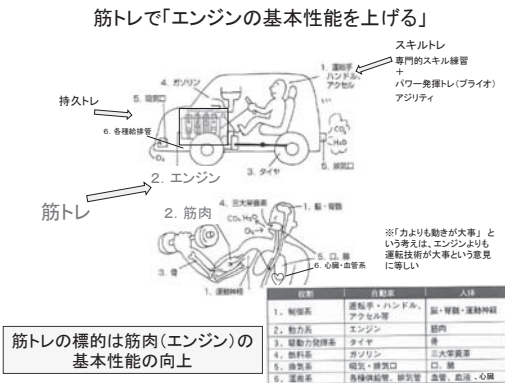
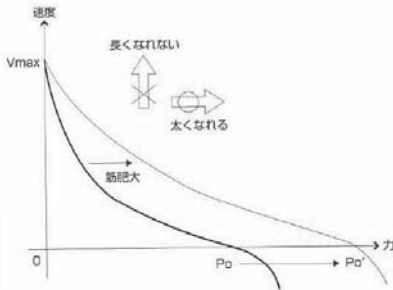


図 1

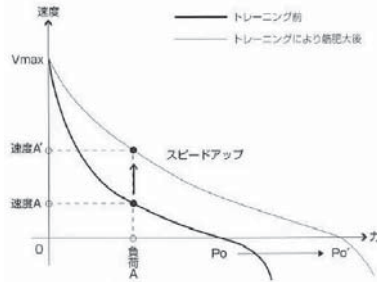
筋肉の形態変化による基本性能の変化(力・速度)

※スキルの要素は除く

筋肥大による筋力増強



筋力増強による短縮速度の増加(生理特性)



筋肥大によって力・速度が共に上がる →
スポーツパフォーマンスUP

筋力増強による短縮速度の増加(力学特性)

速度は加速度より生じる : $V = \int a \, dt$
 加速度は力に比例 : $F = ma$
 → 発揮速度 \propto 発揮筋力

図2

して筋肉の能力を上げる。上げる方法としては、ベーシックには筋肉を肥大させてあげる。それでパフォーマンスが上がります。

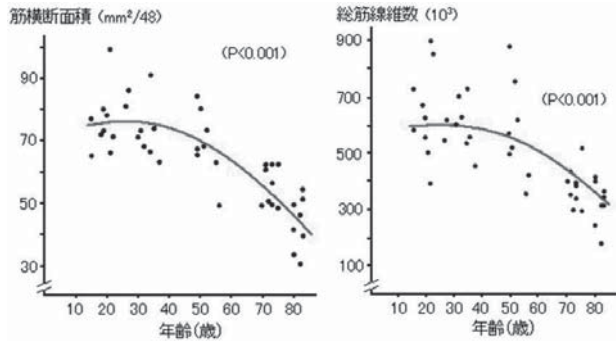
スポーツにおけるパフォーマンスも重要な話ですが、日常生活の問題に話を移します。年を取ってくるとどんどん筋肉が細くなっていくわけです。このうちの、特に皆さんから向かって右側ですね(図3)。筋線維質とありますが、筋肉の細胞、筋線維というのは筋細胞、筋肉の細胞自体が減っていきます。50歳ぐらいから急速に減っていきます。細胞というと、入れ替わるもので、死んで新しいものになるというようなイメージがあるかもしれませんが、神経細胞や筋細胞のような非再生系の組織もあります。ですから筋肉の細胞の数が減っていくというのは、死滅していくということです。非可逆的なもの、何とかこれを抑えてあげたいということになってくるわけです。もちろん厳密にいうと神経細胞にしても筋細胞にしても、もともとなる幹細胞がありますので、全く新しいものがないというわけではありません。基本的には、再生系のものでなく非再生系で、もともとあるものはずっとついてくる。少しばかりは補

充できますが、減って行って死んでしまっていくものというような取り返しのつかないものであるというふうに考える。ここを見て分かるように、大体50歳、60歳ぐらいから急速に筋細胞は減っていきますので、ここを何とか止めてあげたい。マスターズで活躍しているような50、60歳代からトレーニングを行って、このサルコペニアを予防していくことが大事になります。

では筋肉を大きくする、サルコペニアを防止する、これにはどうしたらいいだろうということになります。どんな刺激を加えれば筋肉が大きく育ってくれるかということです。これは身体の適応反応なので、どういった刺激を加えれば適応してくれるのか、つまりどういったストレスを身体に与えてあげればいいのでしょうかということになります。筋肉を大きくするためのストレスを与えると、そのストレスに対して反応してくれるようなストレス、どのようなものがあるでしょう。全部分かってるわけではもちろんありません。いろいろなものがあります。ここでは話を整理しやすくするために極めてシンプルに絵に描きます。

サルコペニア防止のために

“老いは足元からやってくる”



Lexell et al. 1988

加齢に伴い筋断面積、筋細胞数とも60歳代から急激に減少する

図3

大きく分けて、ここでは二つに話をまとめています(図4)。左側の緑のほうですね。物理的ストレスという具合に、僕はまとめています。一つは大きな力を加えてあげる。そうするとそれに対して影響します。それから筋に損傷を与えてあげる。これはよく言いますが、これは筋肉を大きくするためのストレスの一つですね。非常に強力なものの一つですが、これをしなければいけないというわけではなかなかできない。特に下ろす動作のようなエキセントリック重視の収縮が筋損傷を起こしやすい。それから対照的にバリアフリーストレスというふう呼んでいるものがあります。筋肉の中に代謝物がある、エネルギー反応の中間代謝物の乳酸であると水素イオンであるとかといったものが筋内にたまっていく。そういう代謝反応ですね。そういったところの過酷な状態を作ってあげます。それからエネルギーをたくさん使うような部分だと、筋肉の中の酸素をたくさん使う低酸素の状態になります。こういった低酸素の状態になって、さらに低酸素状態だと活性酸素が出たりします。そういった刺激を与えるということも、筋肉を肥大させる刺激になるんです。

ここに同僚研究者の著書が控えています。そういった刺激を与えるのが、筋肉を大きくするためにいいだろうということです。

大まかに二つに分けられるんです。こういったストレスを与えるとこれが筋細胞から筋の幹細胞、もともになる細胞のDNAに働きかけて、これに対してタンパク構成促されなければいけない。それから幹細胞が分裂しなければいけないというような反応をしてくれるわけです。そして強い負荷を与える。

化学的ストレスのほうは筋内に代謝物がたまりますので、感覚としてはパンプという言い方をしますが、筋がすぐく張ってくる感じがするので、ヘビーとパンプ、こういった2種類の刺激があるという具合に整理しています。これ非常にザックリとした分け方なんですけど、こういった定義づけの仕方をすると、トレーニングのテクニックについて理解がしやすくなりますので、こういった分け方をしています。では、こういったトレーニング負荷がいいかといったことを、かなり昔からいろいろな条件で調べ、どれだけの重さで、どれだけの回数やったらいいかということをもとめてみました。およそ30年

筋肥大を促すのに適したトレーニング刺激

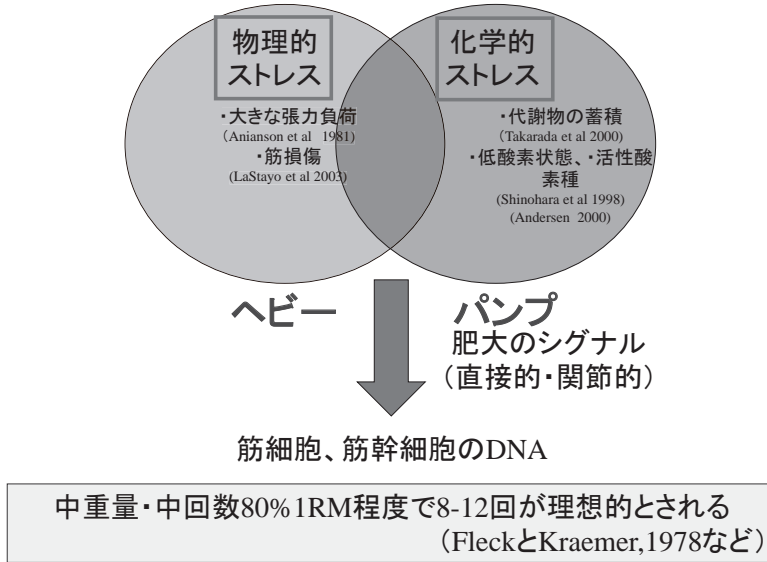


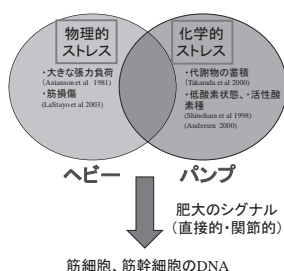
図4

ほど前の1987年の段階で、さまざまな研究報告をまとめると、いわゆる中重量・中回数、ザックリいうと10回上げられるとかどうかというところで、上げられる回数だけ頑張って上げましょうというのが、一番筋肉が大きくなるということが分かるんです。

理解の仕方としては、非常に重いもので低回数する、非常に軽いので高回数するのではなく、中ぐらいの重さで中回数する。10回ぐらい上げられるぐらいということというのは、ここに挙げた物理的なストレスと化学的なストレス(図5)がちょうどいいあんばいに、両方かけられる。だから一番効果があるんじゃないかなというふうに理解すると分かりやすい。筋トレのやり方はいろいろありますから、80%の負荷で10回というトレーニング方法だけではないようですね。非常に多種多様の方法があります。その多種多様の方法は一体どういうテクニックなのかということを考えるときに、物理的ストレスが優先なのか、化学的ストレスが優先なのか。どっちをより強調したやり方なんだろうかと考えると、いろいろなトレーニングテクニックが分かりやすくなります。

ですから一般的に筋トレのベースは80%で10回です。これはもう完全な黄金律だと言っていると思います。ただし、こういったトレーニングばかりやってるわけではなくて、トレーニングシードをいろいろ変えたほうが良いということもあります。状況によってトレーニングの方法、その回数によって変えたほうが良い。いろいろありますから、ここをベースに考えて、さまざまなテクニックがあります。物理的なストレス、化学的なストレスがちょうどいい感じでやられるのが80%で10回する。するとここをより左側に寄せたものをより右側にしたものの、どんな感じのものがありますかということ、たくさんあります。もう、トレーニングマニュアルに使ったらいくつでも出てきます。何ページにもわたるほどトレーニングテクニックがあるのですが、代表的なところだと、より左多くですね。物理的ストレスにフォーカスした方法でエキセントリック、100キロで普段トレーニングしてる人が、120キロで下すトレーニングをする。上げるのは別、こういったやり方ですね。あとパーシャルでナローの狭いほうを使う。チーティングは反動を使う。こういったいろいろ

中重量・中回数：80% 1RM程度で8-12回 をベースとした様々なテクニック



→より物理的要素にフォーカスした方法

- ・エキセントリック
- ・パーシャルレップ
- ・チーティング



→より化学的要素にフォーカスした方法

- ・アイソレーション法
- ・ハイレップス法
- ・スロー、加圧トレ



→両方にフォーカスした方法

- ・マルチパウンデージ
- ・ディセンディング
- ・ピラミッド法

中重量・中回数(80% 1RM×8-12回)をベースにアレンジした
様々なトレーニングテクニックがある

図 5

なテクニックで、とにかく重い負荷をがっちりかち上げる。そういったような方法もあれば、逆にアイソレーション法というのは、その筋を単独で動かすような形で、じわっと力を入れ続けながら高めの負荷をかけるという方法もあります。

分かりやすいのがハイレップス。ハイレップスは少し多めにやります。20回、25回といった回数でいろんな筋トレ方法があります。50回、100回というのはお勧めしないです。精神的な要素に頼る部分が大きくなりますし、あまりにも回数が増えてくると神経要因のほうが前に出てしまいますから、筋はあまり追い込めない。150、120ではなくて、まず一般的に筋トレの世界で行うハイレップス法というのは20回、多くて25回ぐらいだと思います。ボディビルなんかのテクニックでは、せいぜいそのぐらい。それ以上の回数は、筋自体が目的の場合は通用しない。この後お話ししますが、スロートレーニングという方法や加圧トレーニングは、あまりこういうようなことしませんから、より化学的ストレスにフィーチャーしたような、フォー

カスしたような方法になっております。

本当にいろいろやり方があるんです。最初は左からスタートして右に行くような形ですね。マルチパウンデージ、重いので何回かやったらちょっと休んで確認して行う方法です。ディセンディングは、重い方から軽い方へ、ピラミッド法は上げてから下げる方法ということですけど、いろいろトレーニングテクニックがあります。トレーニングのマニアの方は、ものすごくたくさんテクニックを知ってるわけです。考え方としては、この物理的なストレスと化学的なストレスの、どちらによりフォーカスした仕方なのかというふうに考えて、もともとは10発を上げられるぐらいというのが一番ベースになります。そこからさまざまなアレンジが利くということになります。

トレーニングのテクニックはいろいろあります。ひと昔前までは、最低でも70% RM、1発上げられる重さの7割以上ぐらいの負荷を使わないと筋肉は大きくならないというふうにいわれていました。また、高齢の方においてもそう。軽い負荷で筋力トレーニングを行ってもらいま

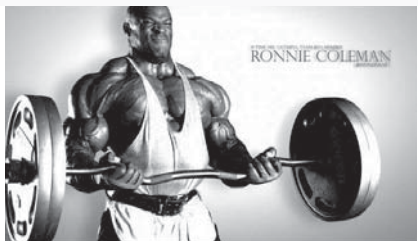
す。重要な研究が、高齢者の場合は80年代ぐ
らいまでは行われていたのですが、その割に筋
肉が肥大しませんので、俺の身体は筋トレやっ
ても駄目だと、いわれていたんです。それでも
どう考えても、ムキムキのおじいさんってう
のがその頃からいたわけです。ですから、高齢
の方でも筋肉は大きくなるだろうということ
で、80年代後半ぐらいから高負荷のトレー
ニングを試したところ、高齢者にとっても筋
肉が大きくなるというようなことがありました。

最近になってきて、もっといろいろなテク
ニックがあるのではないかとということで、軽め
の負荷でも筋肉は大きくなるというような話
が、先ほどあった化学的負荷によりフォーカ
スした方法として見いだされました。後ほ
ど紹介しますが、要はスロートレーニングと
呼ばれるものです。僕の例は悪い例です
から、ベースとして行う筋トレ方法は80%
、10発ですから、非常に強い負荷があり
ます。それで筋肉は使ってるわけですが、
そういったトレーニングをずっとしてると、
問題は特に関節ですね。関節の中は、最
初も言いましたが血管が走ってませ

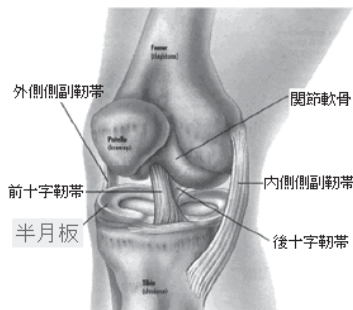
ん。血管が走ってませんから、回復が非常
に遅いです(図6)。ですから運動すればす
るほどいいということは、関節においては当
てはまらないです。筋肉は鍛えれば太くな
ります。骨も硬くなります。関節はどんど
んもろくなります。特に膝、椎間板、それ
だけではありませんが、こういった関節に
問題が起こることが多いです。このあたり
をいたわりながら取り組むようなトレー
ニングが必要であるということです。そこ
で筋トレの仕方として関節にやさしい方
法を一つ紹介します。

一発のけがだけではなくですからね。くり
返し、くり返しでどんどん悪くなる。あと
、筋トレに限らず、インパクトの競技は全
般に危険だと思います。走ることもそう
ですし、投げる場合は肘関節をいたわる
ことが必要。運動はやればやるほど、頑
張れば頑張るほどいいとは限らない。
きょうは筋トレを例にお話ししますが、
他の競技においても同じことになります。
関節をいたわりましょうというお話です
が、少し関節のお話をさせていただきます。
関節機能を維持するために、近年ロコモ
ティブシンドローム

金属疲労をためないトレーニングの工夫を カラダ(特に関節)は消耗品



高重量にこだわることも大事だが



カラダは消耗品。特に血液循環の
ない関節内部は回復が遅い。

膝関節、椎間関節に傷害
が頻発(特にアスリート)

図6

というようなことがいわれています。関節機能の維持には基本的に運動が大事ということがよくいわれます。程度の問題です。めちゃくちゃやり過ぎると、関節には完全にマイナスですが、一般的には、動かないことによって関節が悪くなるということのほうが多いです。

まずその話を考えてみますが、変形性膝関節症なんかになると大腿四頭筋鍛えなさい、とよく言われます。なぜ大腿四頭筋鍛えればいいのかというと、膝の場合ですと、筋力が弱くなってきて、まともに着地動作ができなくなってくると関節への負担が増えます。脚の筋肉が弱いので、こういうクッションになる着地ができなくなって、ドーンと降りてしまうと、非常に関節への負担が多くなります。そういった意味でしっかりブレーキをかけられるほどの筋肉が必要ですよ、ということで筋肉を鍛えなさいということがいわれます。あと、固定作用がありますから、これも脚の場合でいうと大腿四頭筋とハムストリングは共縮、同時に力が入ると関節がぐっと固定されます。膝でいうと前十字・後十字靭帯が関わっています。こういった関節内の

負担を減らすことができますよという話です。あと、これも大事で、関節の中は血管が走ってませんから新陳代謝が極めて遅いんですが、動かすことによって少し良くなりすよということが分かりました。関節をよく動かせば、ポンプ作用が働いて、関節内の滑液の循環が促進される。滑液の中の循環が良くなれば新陳代謝が早くなりますし、滑液の中の組成も良くなります。動かさないと滑液中のヒアルロン酸濃度、落ちてしまいますよということも分かるんです。

よく動くところは、ヒアルロン酸というのはすべてを良くする物質ですけど、ヒアルロン酸がしっかり保たれるので摩擦が小さくなってすり減ることはありません。あまりに動かない人にとって、あまりに動かなくて筋力の弱い人にとっては、筋肉をしっかり付けてよく動きましよう、運動しましようということが大事ですよ、という話になるわけですが、レベルの問題です。あまりに強い負荷がかかるような、筋トレもそうですし、他の競技もそうです。筋力でカバーできると言っても限界がありますし、循環を促

関節機能維持に運動は大事 でも・・

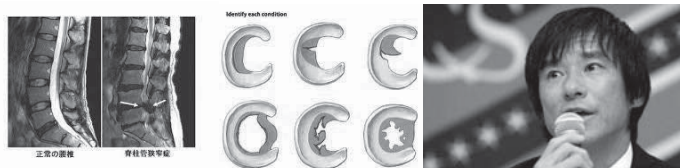
筋力が関節を守る： 緩衝作用(ブレーキ)と固定作用(共縮)

関節運動はポンプ作用により、滑液循環を促進する

関節不動は滑液中のヒアルロン酸濃度を低下させる

とはいえ

筋力によるカバーには限界がある(筋肉信仰者は注意!)。
循環を促進できても代謝が遅いことに変わりはない



関節機能低下も「体力低下」「老化」の1要素

図 7

進するといっても、代謝が遅いことには変わりありません。生涯スポーツをなさってる方、とにかく頑張ってる、筋肉をしっかりと付けるようなトレーニングしてればいい、というような方は注意していただく。筋肉を信仰してる人には落とし穴がありますよというようなことを覚えておいていただきたいと思います。僕の椎間板なんてこんな感じです(図7)。

膝なんかが悪くて、これは半月板が損傷してる様子ですけど。これはゴン中山選手ですが、中山選手は体力がある。筋力は強い、持久力がある。自身は全く体力の衰えを感じてないから引退なんかしたくないって言ってましたね。でも中山選手は、膝の半月板がほとんどないんです。それも体力の衰えです。体力の衰えを自身は感じてない。そんなことはないんです。軟骨がすり減ってるというのは大きな体力の衰えですし、大きな老化ですから、これも老化の一つ、体力の低下の一つというふうに理解しないといけないわけですね。ですから背骨なんかでいうと、ここがかなり老化をする。ですからこれをいたわるようなことをしなきゃいけない、という話になります。

これは、生涯スポーツ的な問題とは少し違い

ますが、関節の話が出たので一つだけ補足します。ジュニアの場合はさらに関節が弱いんです。背が伸びる間は、ここの骨端線といわれる部分は成長軟骨ですけど、ここの部分が極めて弱いです(図8)。骨端線に障害が起こると、ひどい場合は成長障害が起きます。こんな例がありました(図9)。ピッチャーです。投げまくります。伸びなくなります。35センチも短い。こういうことがあり得るんですね。野球は右ばかりで投げますから、野球のせいではなかったということが分かりますが、バスケットボールと

ジュニアの骨端は障害に弱い
骨軟骨障害

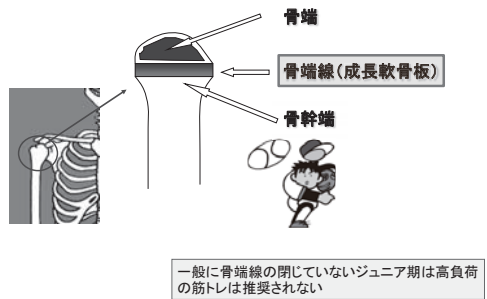
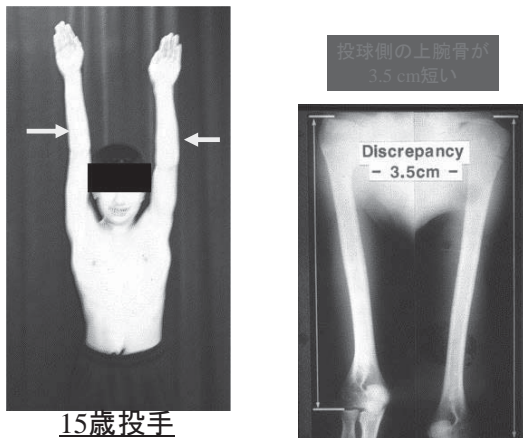


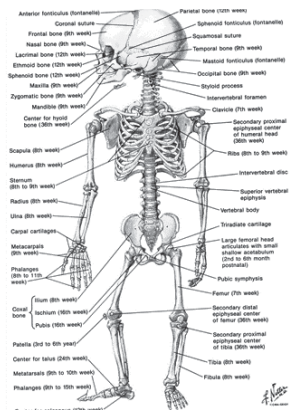
図8

上腕の成長が止まった少年



15歳投手

骨端は全身に存在する



ピンク色の部分が骨端

F.H.Netter

図9

かサッカー、くり返しの着地で骨端線が障害されて背が伸びなくなっても、そのせいで背が伸びなくなっただけで分からないんですね。だから結構いると思います。ジュニアにとっても、筋トレだけじゃなくて、筋トレであるとかスポーツで強い負荷をかけ過ぎるということは危ない、ということは覚えておいていただきたいなと思います。これは当たり前ですけど、背が伸びるっていうところに骨端線はありますから、全身どこにでもありますので、どの部分に対しても強い負荷をかけ続けることはよろしくありません。

ではメインテーマに戻ります。ここまでお話ししましたが、筋トレはもともとベーシックなところは80%で10発です。それに対していろんなテクニックがあります。あまり強い負荷をかけ続けると、代表的なところは関節ですが、身体が悪くなってしまいますので、何とかそれをセーブして、軽めでもしっかり筋肉が付く方法があるといいんじゃないか、というような話になります。軽めでも筋肉が付くということが、最近報告されたのは加圧トレーニングです。1999年、宝田先生の報告ですが、全力の50%で

も筋肥大しますよ、ということが99年に報告されました。もう15年前になりますね。その後、研究がたくさんされて、一番極端なのは15%ぐらいで筋肉が大きくなります、というような報告もあります。

このことから物理的な刺激は必須ではないんじゃないかというような考えが出始めました。加圧トレーニングと呼ばれるものも一例ですね(図10)。ただし、加圧トレーニングはすごくいい方法なのですが、ベルトを巻かなきゃいけないんです。ベルトが高いんです。特許の関係がありますので手と脚で15万ぐらいするんです。加圧の指導ライセンスを取るのに100万円するんです。その100万円を回収しなきゃいけないので、クライアントさんから100万回収するのに高い授業料を取るわけです。それでちょっとセレブリティなところがあったりする。特許がもうすぐ切れるという話がありますから、そのあたりは変わるかもしれないですけど、広く普及するにはちょっと難しいかなと考えています。非常にいい方法だとは思いますが、あと、問題は腕と脚しかできないんですね。大きな筋肉はほとんど体幹に付いてます。体幹って、胴体

軽負荷筋力トレーニングの可能性

<50%1RMで肥大する加圧TR

大きな物理的的刺激は必須ではない？



加圧TRという選択肢 Takaradaら,1999など

- ※加圧TRは専用の装具が必要
- ※上肢・下肢以外は適用外
- ※外的加圧による痛み



持続的な力発揮を行うことで血流の制限が期待できるスロトレ

加圧TRと類似の効果？



スロトレという選択肢 Tanimotoら,2006など

※どちらも高齢者における筋肥大の報告もあり

(Abe et al., 2010) (Watanabe et al., 2011)

図 10

を動かす筋肉だけでなく、手足を動かす筋肉のほとんど胴体に付いてるんです。トレーニングというよりも、かなり限定されてしまうというのが問題になります。手と脚に加圧ベルトを巻いて、痛い思いをしながら腹筋をするというようなことをやってるジムもあるようですが、それは痛い思いをしながらおなかを鍛えられるというだけのことで、意味が全く分かりません。

加圧トレーニングは非常にいい方法で、しかも画期的ですね。軽めでも効果が出るということ、世界で初めて報告したやり方で、非常に画期的ですが、いくつか問題点もある、というお話をしました。では似たような方法はあるのではないかと、きょうのスロープログラムに入っていきます。筋肉は力を入れると硬くなりますから、硬くなると血管が閉塞されるわけです。その状態を続けてあげれば、筋肉内が変わることに似たような感じになるんじゃないかというのがスロートレーニングです。これは2005年に、われわれが報告したのが最初なんです。加圧から6年ほど遅れていますが、スロートレーニング自体は昔からある方法です。ボディビルなんかの分野では30～40年ぐらい前

からある方法ですが、そのあたりを学術的に、生理学的に報告したというのは2005年が最初です。

きょうは生涯スポーツが一つのテーマになっています。加圧トレーニングは99年、スロートレーニングは2005年からいろんな報告があります。その後どちらもOLの方を用いた実験で、しっかり筋肉が大きくなるということを報告しています。ですから高齢者の方についても適用できるということです。ビハインドを非常に簡単に、少し時間が限られますが、スロートレーニングというのは、力を入れっ放しで動く方法。これは必ずしもやらなきゃいけないわけではないのですが、力を入れてる状態で動き続けるということを意識するために、スクワットでしたらしゃがんだ状態、ここ必ず力入れます。しゃがんでスクワットをしますよというこの形で、しっかり力が入ってることを確認してから動作を始めるほうがいいんじゃないかというふうに考えました(図11)。力が入り続けた状態を保つために、当然上で立ち上がりきってということはしません。速く動かなければ慣性で、力が抜けるということがありませんから。その状態をノンロック相という言い方をしますが、

スロトレ(LST)の方法と筋肥大誘発のメカニズム (仮説)

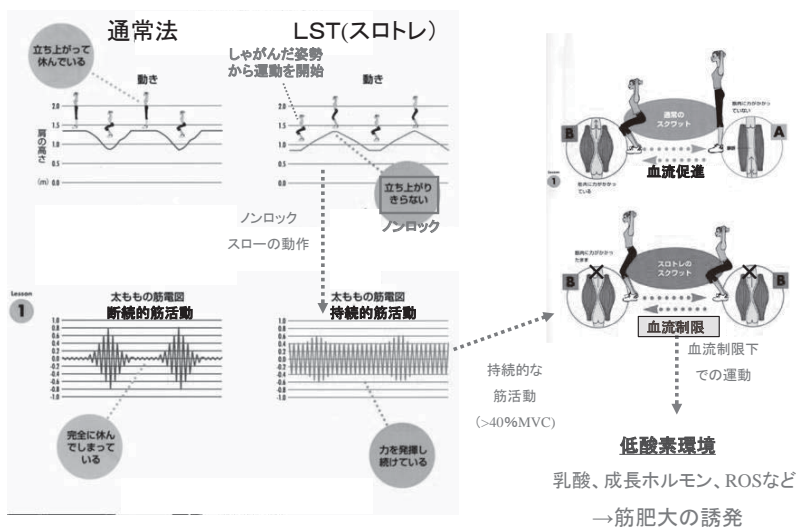


図 11

筋放電にすごく表れます。

力が入り続けていますから、大体、最大の発揮張力の3割、4割以上の力が出てると、多くの制限があります。ですからめっちゃくちゃ軽くてもいいってわけじゃないですね。最大での3割か4割の力がかからなきゃいけないわけです。そうすると血流が制限されて加圧トレーニングと似たような筋内環境になる。これが筋内の酸素、代謝環境を非常に過酷にしています。いわゆる化学的ストレスを、それも大きくすることで筋に対する負荷をかけるというのがスロートレーニングです。加圧トレーニングも含めての側面。実際に、筋肉内はどのようになっているのか、それから筋肥大効果、介入してあるのかということ調べました。行った方法は単関節の種目が研究として調べやすいので、単関節動作、その中で一番大きな筋肉を動かすということで、膝の上げ伸ばし運動で評価をしています。条件としては、対象としてまず一般的に行われるコース、8回を目いっぱい動く。ま、80%ぐらいの重さで8回行うというのが今の筋トレ。それに対して同じ8回オールアウトですが、スローで3秒。3秒ぐらい動作をすると、扱う重

量が半分近くになります。全力の50%ぐらいの重さで行います。対象として、スロートレーニングと同じ方法、同じ重さを使って1秒で上げ下げする。その方法で行う。ですから軽くして普通に動いちゃうと効果は多分ないだろうというようなことを予想する。というこの三つで評価をします(図12)。

一例のグラフですけど(図13)、スローで行うと、筋放電に持続的活動がみられます。高負荷な筋トレ、低負荷でも普通の大きさと、2回ぐらいしますが、筋放電は脱力することで関連付けます。下が筋酸素レベルですが、3セット行っているときの筋酸素レベル、筋内の酸素濃度、筋内に含まれている酸素の安静時に対する割合です。見ていくと、筋トレはそもそも下がるんですけど、スローで行うともものすごく下がる。これを3セット行っていく。一番左のスロートレーニングが断然下がっている。それからもう一つ、終わった後に筋内の、これも化学的な刺激の一つの指標になるんですが、筋内に乳酸などがたまると、血管の拡張作用がありますから、終わった後に血流がパーと流れる平均酸素化レベルは、終わった後に高くなる。平均値

実験による仮説の検証 Tanimotoら,2005,2006より

運動種目	:レッグエクステンション		
セット数	:3セット(60秒インターバル)		
頻度・期間	:3回/週 12週間		
被験者	:トレーニング未経験男子学生8名×3グループ		
グループ	動作	重量	回数
LST(スロトレ)	3秒下・3秒上・1秒止	8RM(約50%1RM)	8回(max)
HN(高負荷通常法)	1秒上・1秒下・1秒休	8RM(約80%1RM)	8回(max)
LN(軽負荷通常法)	1秒上・1秒下・1秒休	LSTと同重量	8回

n:各群8名

レッグエクステンション



図 12

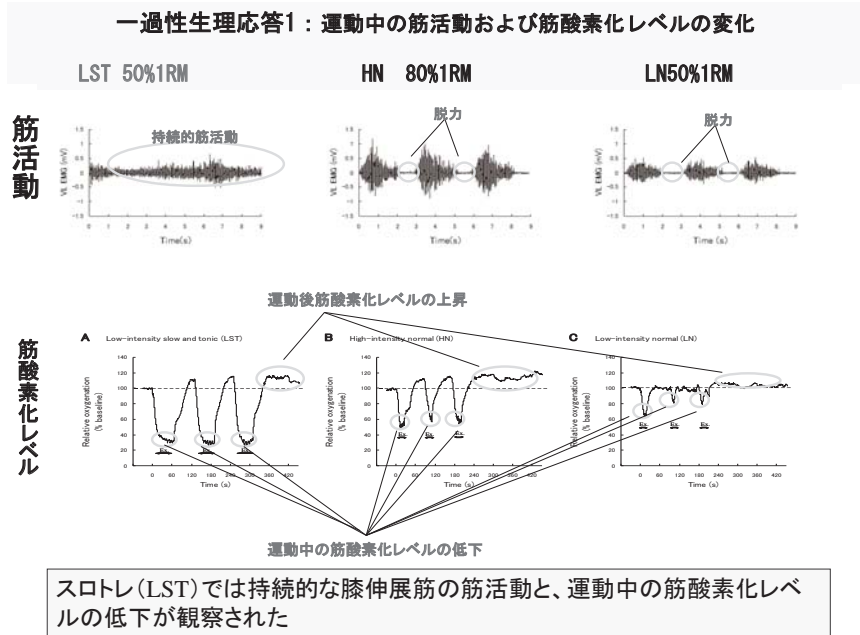


図 13

で見ると、一番左のスロートレーニングが一番よく酸化レベルが下がります（図 14）。それから終わった後ですね。代謝的負荷の指標がありますが、終わった後はゆっくりして高酸素、低酸素から高酸素への変化というのも一つのポイントです。低酸素から高酸素一気に転じると活性酸素種がたくさん出るんですね。

心臓の手術の術式なんかで、血の流れを止めておいたら、治療を終えて、流れを回復しているようです。活性酸素があまりにも出過ぎて心臓が壊死してしまうというようなことを、人の場合ですと起こす訳にはいきません。実験上で試して麻酔などを打って、虚血再還流、低酸素から高酸素に戻るときに活性酸素がたくさん出るというようなことが明らかになりました。筋力トレーニングで行われるレベルはそれほど強いストレスではありませんから、ちょうど筋肉を大きくするような刺激になってるんじゃないかなというふうに理解できそうです。ちなみに、こちらは加圧トレーニング、それからアイソメトリックトレーニングも比較してみましょう。加圧トレーニングとスロートレーニングは基本的

に似た挙動を起こします。力を出し続けなければいいのかということで、動かないです（アイソメトリック）というのも良さそうです。アイソメトリックの場合は、力学的な仕事をしませんので、筋酸化レベルが下がることは非常に下がりますが、終わった後に一気に高酸素になることがあります。代謝物のあまりたまらない型と考えられます。

あと、血中乳酸濃度。これも代謝的負荷の一つの指標ですが、血中乳酸濃度は高回数でも加圧と同じくらいです。それから血中乳酸濃度だけ効いているわけではありませんが、こうした代謝物の蓄積も一つの刺激になるので、放出が上がると考えられる成長ホルモンなんかも、スロートレーニングは大きい筋肉だと、同じように上がります（図 15）。先ほど言ったように、加圧アイソメトリックも同じ条件で調べてみたのですが、加圧トレーニングとスロートレーニングは大体、似たような状況です。アイソメトリックは、力学的仕事量がゼロになりますから、あまり代謝物はたまらずにホルモンを抑えるというような結果が出ます。3カ月、実際にやった

筋酸素化レベル変化の平均値の比較

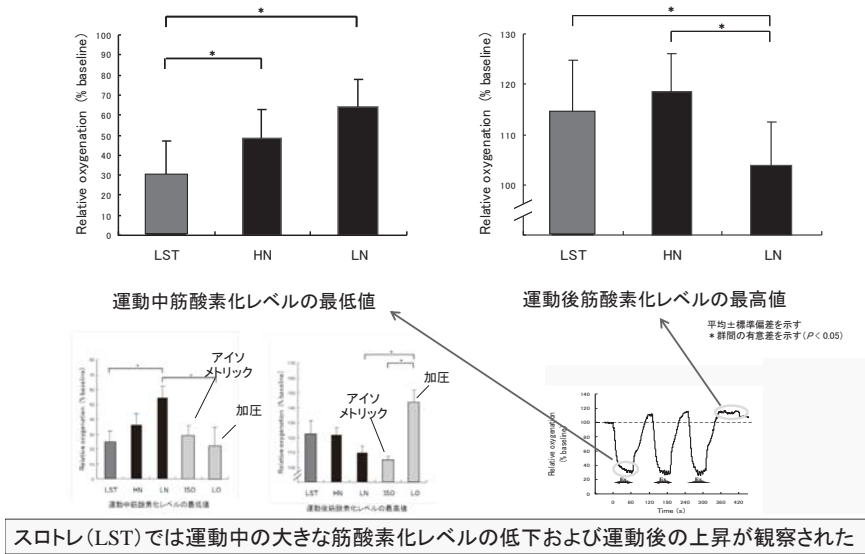
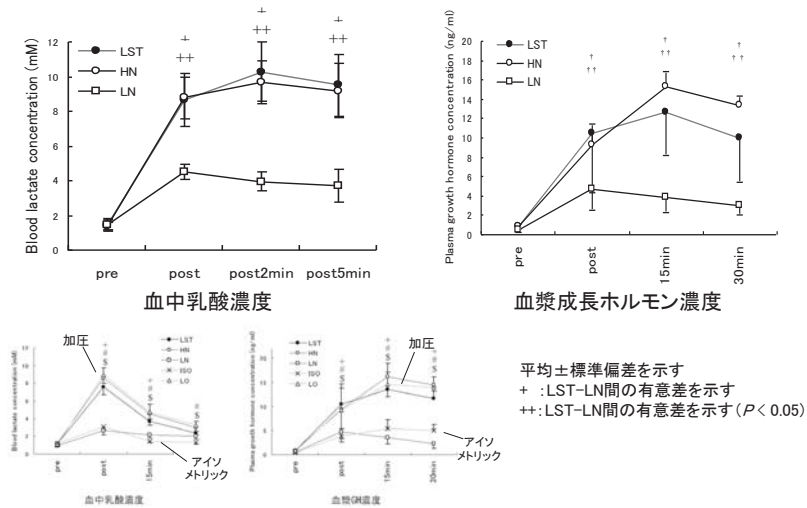


図 14

一過性生理応答2：運動中の血中乳酸濃度・血漿成長ホルモン濃度



スロトレ(LST)では通常高負荷法(HN)や加圧と同等の乳酸、成長ホルモン濃度上昇が観察された

図 15

らどうなのかというと、肥大します(図16)。普通の筋トレと同じぐらい肥大します。それから筋力も同じぐらい上がるということが分かっています。

ここまではスロートレーニングのお話をしてきました。少しここから発展的な話をしていきましょう。このスライド(図17)はいつもどよめきが出るのですが、鍛えるところまできます。ただしこの人たちは、お薬を使う人たちなので、普通の人はここまでパーセルを上げません。ジムに行って、ボディービルダーとかのトレーニングで、すごい身体してるのに、軽い重さでやっているような状況を目にされたことがある方、いらっしゃいますか。すごい身体してるんです。とんでもなく力が強そうなんですけど、びっくりするぐらい軽いのでやってるんです。僕も昔、そういうのを見て一体何だろうと疑問を持っていました。軽めの負荷でも、しっかりと筋肥大ができる人たちというのは、筋肉内をスロートレーニングやってるときと同じような状況にできている。動きはそんなにゆっくりではないのですが、力を入れ続けるというような

ことで筋内の代謝環境を悪くしてるといったようなことが考えられるわけです。力を入れ続けているためだけか、どういうことか分かりませんが、筋内環境の追い込み方はスロートレーニングに似てそうだとすることを少し考えて調べてみました。

これ、何の力かという、こういった知り合いが居るわけですね。こういった知り合いの方は、ちょっと意味の分からないことを言っても通じるわけです。ここ赤で書いてますね(図18)。軽めの負荷でじっくり利かせて10回で上がらなくなってください。意味が分からないと思います。重かったら10回で上がらなくなります。この方たちは、普段は、普通に行えば、すごく重いので10回できるんですが、それよりもずっと軽くして10回で上がらなくなってくださいって伝えるんですね。そうしたら、分かりましたとやってくれます。前に出てきたこの方たちもそういうことをするわけです。ベテランになってくると、そういったトレーニングテクニックが身に付いてくるわけです。軽めで利かせてくれ、この一言で通じます。

3か月のトレーニングによる筋肥大・筋力増強効果

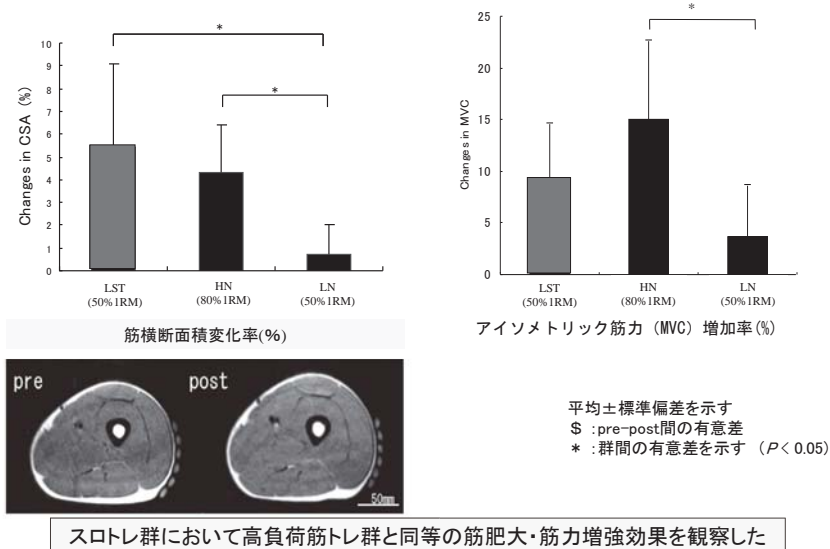


図 16

スロトレ課題1: トレーニング上級者(ボディビルダー)はスローでなくても持続的な力発揮・パンプアップが出来る?



Serge Nubret vs 1980 Top Form...

サージ・ヌブレ

ポール・ディレット
(マッスルハンド・ジョー?)

ボディビルダーの中には
重いウェイトを使わない選手も多い



ロビー・ロビンソン

Tonicに動作するコンティニューアステーション法を好んで行っていたことで知られる

ベテランのボディビルダーは軽めの負荷でも上手に筋肥大の刺激(パンプアップ)を与えられる選手が多い

図 17

トレーニング上級者の“効かせるテクニック”と筋酸化レベルの変化

(谷本ら 2006より)

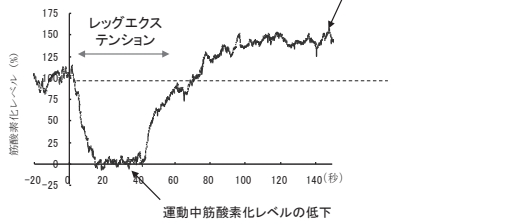
Tonicな動作でのレッグエクステンション(上げ・下ろし速度2秒弱程度)

「軽めの負荷でじっくり効かせて10回くらいでオールアウト」と指示



K選手
2006 アジア大会3位

典型例



運動負荷強度			筋酸化レベル(%)		血中乳酸濃度(mM)	
重量(Kg)	%MVC	反復回数	運動中最低値	運動後最高値	安静時	運動後最高値
128.8±20.2	36.5±5.2	10.3±0.8	6.7±6.5	123.0±16.5	1.2±0.2	12.2±2.6

▲
負荷は小さめ

▲
過酷な酸素環境

▲
過酷な代謝環境

トレーニング上級者では、スローでなくても持続的な筋力発揮によって十分に追い込める(パンプアップ)

図 18

実際に軽めで利かせてくれとお願いすると、使用重量はMVCの35%。MVCですから、1RMの60%か50%の間ぐらいです。一般的には1RMの80%でやりますから、その半分強ぐらいの重さでオールアウトしてくれます。10回ぐらいでオールアウトしてくださいってお願いしますから、本当に10回ぐらいで上がらなくなります。9回の人もいれば12回の人もある、ということで平均で10.3回です。さすがですね。10回ぐらいでオールアウトしてくださいと伝えれば、本当に10回ぐらいでオールアウトできるんです。そのときの筋酸素化レベルからいうと、アジア大会に出てる日本のトップビルダーの方で、筋酸素レベルがあつという間に、ほぼもたなくなってます。これ、マイナスになったりもします。しばって虚血したときをゼロとしますから、その状態よりも低い状態に下がったりします。平均でいうと6.7%下がりました。これ、加圧やスローの値よりも低いんです。この方たちは加圧、スローをやっていないので、何とも言えないですが、一般的な方が加圧トレーニングだったりスロートレーニングをするよりも、この10回で軽めでオールアウトしてくださいの一言。一言、そういった動きをしてみてくださいってお願いするだけで、同じぐらいに筋肉内を低酸素に追い込むことができます。

あと血中乳酸濃度も12.2まで上がりましたが、レッグエクステンションで10を超えというのは相当高いです。普通の高負荷で10発、女の人と同じぐらいだと思います。その条件の下で計れば、彼らはそれはやってないんですが、言えることはここに赤い字にあるようなちょっとよく分からないようなテクニックを希望すると、スロートレーニングや加圧トレーニングなどと同じように筋肉内の酸素環境、代謝環境を過酷にすることができてるといことです。ただこれ、言ってる内容が学術的にどういう位置づけになるかよく分からないので論文には出てないですが、こういうことが分かるということです。

どういうことかという、これは上級者のテクニックをすごく知りたくて行ったわけですが

ど、書いてある仕方としては逆なんですね。上級者がスロートレーニングみたいなことでできているのではなくて、これまでこういった方たちにしかできなかった、軽めで筋を大きくさせるというテクニックを、誰でもできるようにしてるのがスロートレーニングというふうに解釈、こう書きました。しかし、トレーニング上級者の行うトニックの力出し方からするという言い方をすると、筋トレやってる人だと、トニックに利かせると言われればある程度できますし、すぐ分かっていただけます。それは普通の人にはできませんから、そういった上級者が軽めでじっくり利かせて、非常に筋肉を肥大させる。筋肉内の代謝環境、酸素環境を過酷にするといったような、キャリアが長くしないとできないようなテクニックを、非常にゆっくり、非常にということではないんですけど、力入れっ放しになるようにゆっくりとノンロックで動作してくださいという、右下の筋トレをこれまでやったことがないような高齢のおじいさんの場合でもできるようになるというふうに言えそうです(図19)。

ですから軽めの負荷で、ボディービルダーは肥大することができる人になる訳です。そういったことが、誰でもできるようにアレンジしたものがスロートレーニングじゃないかなというふうに考えられます。ちなみにこのサージ・ヌブレというボディービルダーの方は、いわゆるトニックに利かせるといトレーニングですご

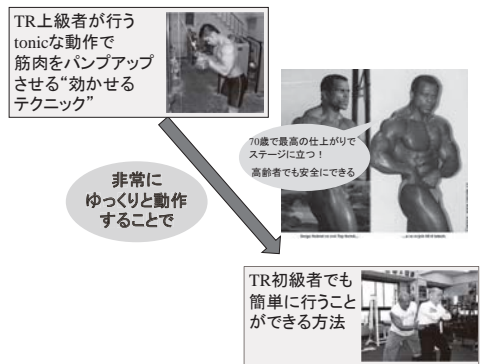


図19

い有名です。信じられないくらい軽いものでやると、いうことでよく知られてますが。そういった方は僕みたいに椎間板がつぶれることなく、高齢になってもずっと筋トレができる。左が現役の頃、右が65歳の頃です(図19中段)。僕は何とも思わないですけど、65歳の人、見たら怖いです。これが65歳。100までこの身体でいてくれるんじゃないかなと期待してはいたんですが、残念ながら70歳で亡くなってしまいました。筋肉に関しては、死ぬまで若いというか、非常に大きなボリュームを保持しています。ここまではならないと思いますが、スロートレーニングのテクニックを使うと、ベテランの上級者の人でなければできないようなことができるようになるというふうに言えそうです。こういうことができただんですね。70歳、最高の仕上がりでステージに立ちたい。僕のトレーニングの仕方なら、それが可能だということを知ってたんですが、70歳で亡くなってしまいましたので、それは見れませんでした。こういうことができるということですね。あと二つ、あと三つかな、スロトレに関する話題があります。

スロートレーニングは軽めの負荷で行われるタイプのトレーニング。加圧トレーニングなんかもそうなんですが、物理的な負荷が少なければ、筋の損傷、膝の損傷なんかも小さくなりますから、高頻度でできるんじゃないかということが考えられそうです。スロートレーニングの理想頻度はどれくらいだろうということ、調べなければいけないのですが、頻度のトレーニング研究は、なかなか大変です。しかも差を出さなければいけませんから、相当なサンプル数が必要になります。なかなか統計的に出ないといったような言い訳をしてまだやってないわけですけども、参考になる研究が一つあります。加圧トレーニングによって、加圧は極めて軽い重さでやればものすごくパンプします。化学的なストレスはめちゃくちゃかかりますが、物理的なストレスが極めて小さくなるので。化学的なストレスメインで、物理的ストレスを極限まで小さくするような方向性は、相当な高頻度でできるのではないかと、ということ、東京大学の阿部先生(当時)が考えたわけなんです(図20)。

歩くというやり方ですから物理的な負荷は相

スロトレ課題2：軽負荷で行うスロトレの理想頻度は？

高頻度加圧トレーニングの実験 (Abe et al. 2006より)

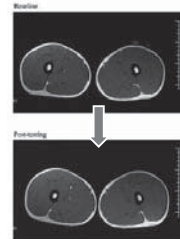
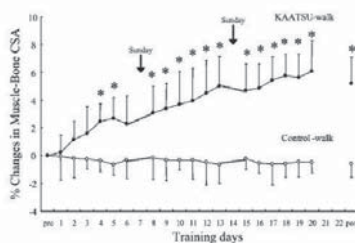


加圧ウォーク50m/min

2分×5回(1分rest)

×

1日2回×週6日×3週間



- ・代謝的・化学的刺激は回復の時間が短い?
- ・最適なトレーニング頻度が短い?

→短期間の肥大効果?

1日2回×週6日×3週間の加圧ウォーキングで6%もの劇的な筋肥大

→スロートレーニングも理想的な頻度が高めである可能性

※そもそも通常筋トレでも理想頻度は方法により異なる

図 20

当小さいわけです。その代わり、歩くということを加圧トレーニングで1日2回やるんです。筋トレというのは週2回ぐらいが一番肥大するというのがこれまでの正論ですから、もう捻破りにもほどがあるわけです。1日2回もやっちゃうとどうなるかという、ものすごい勢いで肥大します。これは3週間で5%ぐらい肥大します。で、筋全体、他の部分も含めてですから、ここの筋肉をとりだしてみるともう少し肥大している。脚で5%というのは、一般の若者の場合は3カ月ぐらいの筋トレが理想とするぐらいですから相当早いです。頻度を縮めることによって短期間で肥大がでちゃうという報告になります。

考えとして、物理的負荷（ストレス）を小さくしてあげれば頻度を高くできるだろうという考えは、合っていそうだといいことですね。これ見ると、私もやりたいって思うかもしれませんが、スロートレーニングもそうですけど、効果がある方法は楽じゃありません。加圧で1日2回歩くというのは、とてつもなくきついです。これは阿部先生の所の研究室に所属する大学院生なんかメインの被験者になったのですが、先生、もう勘弁してくださいと頼むほどです。阿部先生はかなりジャイアン的な恐ろしい感じですから、素直な被験者では逆らえないわけです。そのお蔭で、こういった結果が得られています。論文にはきつい思いをしたということは書いてませんが、とてつもなくきつい思いをしたらしいです。

ここで大事なポイントは、物理的負荷（ストレス）を小さくしてあげると頻度は上げられそうだといいことになります。加圧トレーニングは、週2回の普通の筋トレと同じぐらい肥大したという報告がありますし、頻度を下げると効果がないということにはなりません。僕の所で行っているスロートレーニングは、週3回で普通の筋力トレーニングと同じぐらい肥大しています。頻度を同じように上げてはいけないということではなくて、もっと詰めてもできるだろうということが言えそうです。この辺、もうちょっと検証していかなければいけないの

で、どこが理想的かはまだ分かりません。

ひとつだけ補足すると、筋力トレーニングの理想頻度というのは、NSCAとかACSMとかでも言ってますが、週2回、もしくは3回ぐらいというのが一般的なスタンダードです。研究報告例としては、体幹の大きい筋肉に対しての報告で、週2回が一番効果が上がるといわれています。それはあくまでも一つの答えに過ぎませんから、筋トレはやり方次第で頻度が全然違います。一つの部位に対して1種目を3セット行ったという実験条件で、筋トレを今までやったことがない人においては週2回が理想的でしたが、やり方次第です。1セットしか行わない場合はもっと頻度を上げていいと思いますし、ボディービルダーみたいに一つの部位に対して何種目も行うような人というのはもっと頻度は下がります。一般的にボディービルダーのトレーニング頻度は週1回というような方が一番多いです。やり方次第で変わりますという前提がまずあって、特に物理的にストレスの小さいようなやり方は、同じ方法に比べたら、例えば1部位1種目3セットを、通常の筋トレをやる場合とスロートレーニングで考えたら、スロートレーニングの場合は、もう少し頻度を上げて行ってもいいだろうというような答えになるだろうと思います。

次はパフォーマンスに対することですね。マスターズの競技をやる方も多いと思いますので、ここは気になるところです。あえてゆっくり動作するスロートレーニングはダイナミックな競技とか、下手になるんじゃないかと思われがちです。スロートレーニングに限らず筋トレ全般に対してこういう印象があります。筋トレでつけた筋肉は使えないじゃないか。これはあり得ると思います。あり得るという研究結果もあります。受動的な力で行うスロトレというのは、競技では存分に使う動きがないわけですね。一般的な競技における日常の動きは、慣性と反動を使います。あと、代償行為とって、その関節動作をする部分のところも使います。例えば、腕を振るために脚で地面を蹴ってそのエネルギーを順に伝えていってつなげていきま

す。そういうようなことをするんですが、スロートレーニングは特にそうですし、筋トレも全般的にそうですが、そういったことを基本的にしないで標的の筋肉にしっかり負荷をかけるということを行います（図21）。その方が筋肉が大きくなるから行うのですが、そういった行為は外部にエネルギーを伝達するという意味では効率も悪いです。筋肉に刺激を与える意味では効率がいいんですが、外部にエネルギーを伝えるには効率が悪くなる。だから下手になるんじゃないのという印象を持たれます。

自転車のこぎ方を指標にして調べてみました。スローでスクワット（脚のトレーニング）した後に動きがどう変わるのかについてです。なぜ自転車にしたかというのと、同じ動きが再現できるからです。トレーニング前後で全く同じ条件で動いたにもかかわらず、筋の力の発揮の仕方が変わったら、これはすごいですね。そうすると僕が自分で自転車に全然乗らなかったときに、筋トレばかりしてたんなんですが、自転車に乗ると平地をこぐだけで脚がパンクするんです。その辺に行って帰ってくるだけで脚がパン

パンになるんですね。これは多分、筋トレ時の力を入れっ放しかなんかの癖が付いてるんじゃないかというふうに思ったことがありましたので、関心を持ち、自転車で行いました（図22）。

スロトレをすると筋力は伸びます。筋肉も厚くなります。ですから筋トレとしては成功してるわけです。筋トレとして成功してる上で、こういったのがどう変わるかというのを結果から見てみます。これ被験者全員の筋電図を、上が筋電図で下がペダル踏力になります（図23）。この波形がどう変わるかというのと、同じ条件でこいでも、驚くほど変わります。瞬間に大きな力がこういった変わった形状していたのが、こぎ初めからこぎ終わりまで同じぐらい力を出すような形状に変わりました。

それからもう一つが、脚を戻す局面のところは抜けてなきゃいけないんですけど、これ、大腿四頭筋で膝を伸ばす筋ですが、戻すとこの脱力ができなくなります。力入れっ放しの癖なんだと思います。力のほうは抜いても大体同じ感じね。一番力が出るところで、筋肉が変わったのはちょっと丸い感じ、こぎ初めからこぎ終わ

スロトレ課題3：動的動作に与える影響

あえてゆっくり動作するスローTRは、動的な競技動作に悪影響を与えないか？

持続的な力発揮を行うスロトレは
競技では目いっぱい使う
「慣性、反動、代償行為」
をあえて使わない“不自然”な動き

スローでつけた筋肉は使えない？
スポーツ下手になるんじゃない？



図21

検証：スローTRが自転車漕ぎ動作に与える影響

Tanimoto et al. in press より

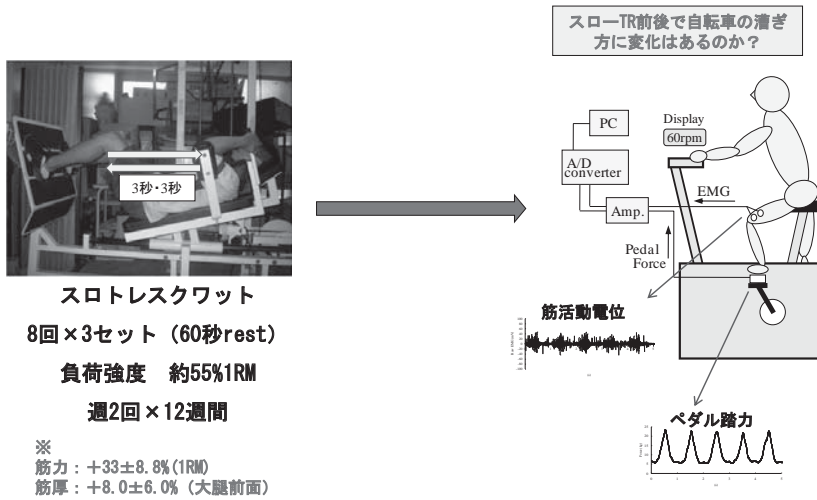
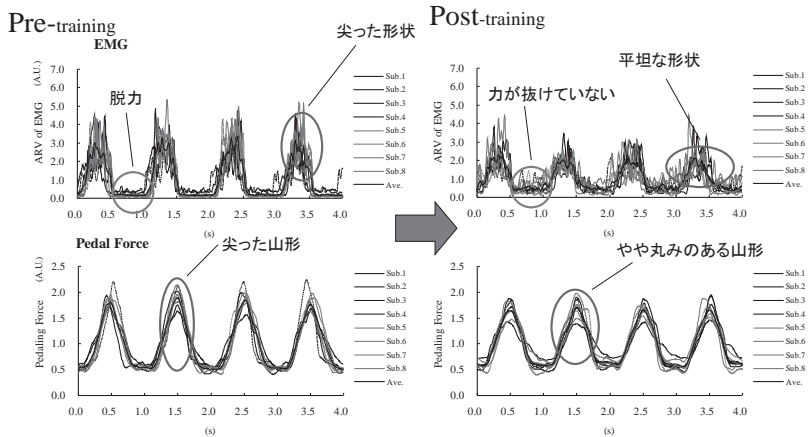


図 22

自転車漕ぎ動作中の筋電図・ペダル踏力の波形変化



スローTRによって自転車漕ぎ動作の力発揮がtonicに変化、また遊脚期の脱力ができなくなった

図 23

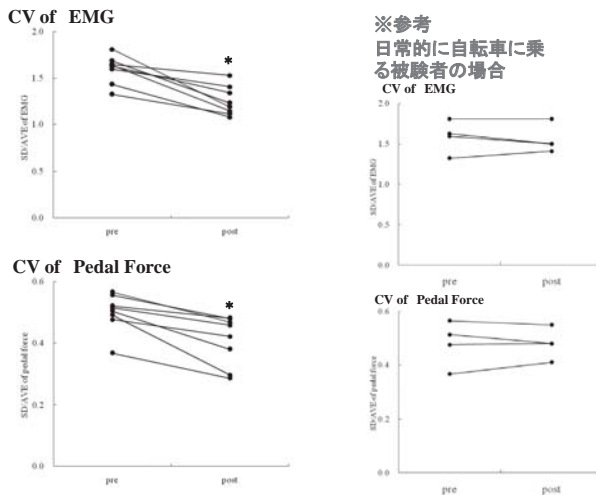
りまで。均等に近いような形に変わる。ですからそれをスロートレーニングもすると明らかに動きに影響を与える。このCVというのはバラつきですので、要はバラつきが大きいほど瞬間的に力を出してるところ、出てるところ、出ていないところの差がありますから、これはバラつきが大きい（図24）。一定の力を出してるとバラつきが小さいので、バラつきで評価をすると全員バラつきに差があります。瞬間的な力の発揮から、持続的な力の発揮に全員が変化しているということです。これは自転車に乗ったことがない、あるいは自転車を持っていないと普段は乗らない被験者の結果です。

実験の最中に、自転車に乗ってる姿を一度でも目にしたら、君には謝金を一銭も払いませんという契約の上で実験に参加してもらうんです。他に、自転車通学してる学生さんにも登場してもらいます。自転車通学してる学生さんは変わらないです。ですから動きの要素はまた別ですから、動きに影響は与えますが、動きの練習自体をしていけば、恐らくこれは悪影響なんですけど、こういった悪影響は防ぐことができます。

言えます。これは前から見たかっていう話ですけど、基本的には瞬間的な力というのは動きです。細かく説明するには時間が足りませんので割愛します。バドミントンなんかでもこういった力が入った振りかぶり、打つ、瞬間的な部分、ここはメインの動き。ジワーと力が入るのがピギナーの動き（図25）。自転車走ると、ちょっと大腿四頭筋のほうが長かったのですが、これを下腿の筋肉でいうと、上級者は瞬間、初級者はスローな力を出し方をしていますから、やはりスピードの飛び方としてはマイナスになる。ただし、自転車通学してる人は、影響してませんから、動きの練習をすればすむ話。スロートレーニングをすることで関節への負担を軽くして、しっかり筋肉を育てることができます。それだけしかしてなかったら当然動きがマイナスになりますので、競技の練習は競技の練習。動きを調節するようなことをしていく必要があります。

スロートレーニングで筋肉を肥大させる。で、パワー発揮系のトレーニングで動きの練習をしておけば、競技の練習そのものもいい。そうす

EMGおよびペダル踏力のCVの変化



LSTによってEMG、ペダル踏力ともにCVが有意に低下した。ただし、自転車に乗る習慣のある被験者では変化は見られなかった。

図 24

一般に動的動作は習熟者ほど筋活動波形はacute

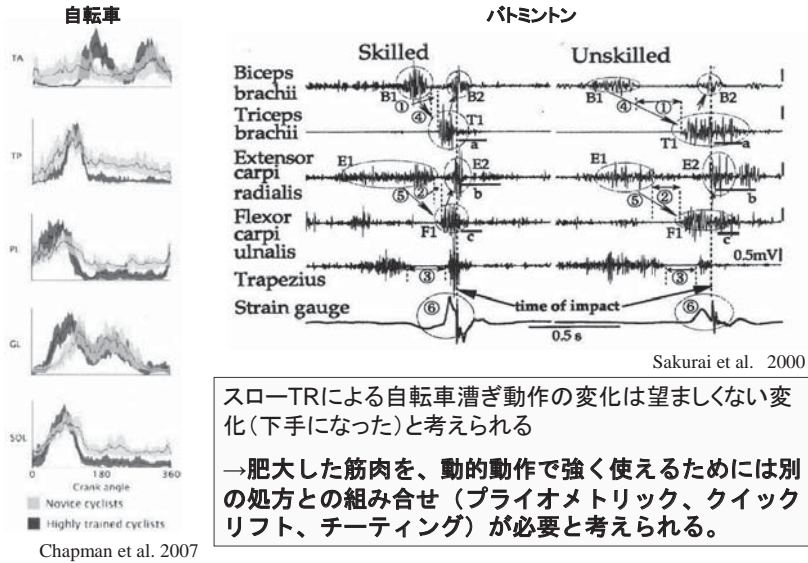


図 25

ると機能的に強い力が出せるような筋肉を作ることができますので、生活活動のほうで考えても同じですね。スロートレーニングなんかをして筋力を高めたり、筋を大きくしたり。それから動作を含め動きを調整するようなことをすることで生活活動を元気にできます(図26)。時間になりましたね。最後は動脈血管系に与える影響についてです(図27)。時間がありません

ので一言でいうと、筋トレをすると強い、血圧がすごいそのときは上がるので、それに対する適応として血管が硬くなります。いわゆるアテローム性動脈硬化とは違うんですが、血管自体が硬くなるという適応をしてしまうことが問題視されていますが、スロートレーニングの場合はそういうことは起きなかったという研究報告をこの後付けてます(図28)。

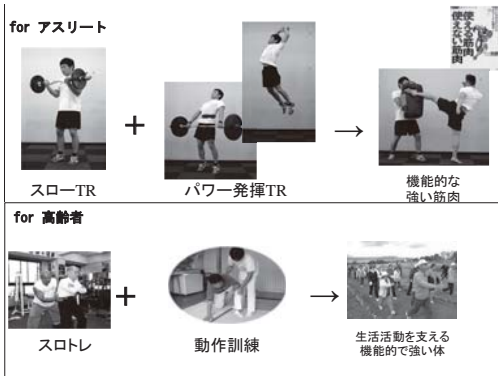


図 26

それから血流量、血流量というか代謝量のことを表しています。血流がいい、悪いというのは、基本的にその先の筋肉で普段からエネルギーをよく使うかどうかということなんです。ですから筋血流量が上がるということは、筋の基礎代謝量が上がるということとほぼ一致するわけですが、持久的な運動をしても安静時の血液量は上がりません。筋力トレーニングをすると安静時の血流量が上がります(図29)。筋の普段からの代謝量が上がる。しかも普段からの代謝する能力が上がりますので、糖尿病の予防なんかにもなるというふうにいわれています。筋トレは血管が硬くなっちゃうけど、代謝を良くし血

スロトレ課題4：動脈・血管系機能に与える影響

運動中の血圧上昇の高くないスロ
TRでも「動脈硬化度」は増加するの
か？



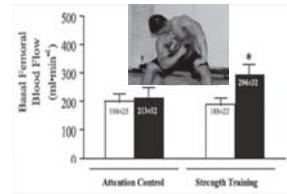
エアロビック○

？



レジスタンス×

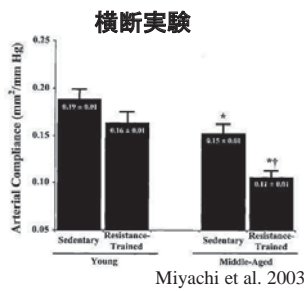
スロTRでも「安静時筋血流量」
は増加するのか？



筋カトレーニングで四肢
血流量は増加する

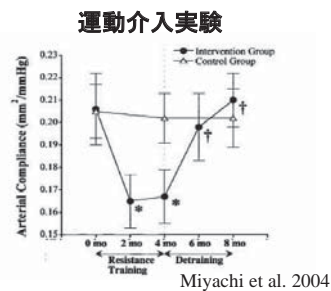
図 27

高負荷筋力TRは動脈伸展性を低下させる



筋トレ愛好家※の動脈伸展性は有意に低い

※ベンチプレスMAX117kg(若年),97kg(中年)



若年者の筋トレ介入※は動脈伸展性を低下させる

※週3回全身6種目

図 28

高負荷筋力TRは安静時筋血流量を増加させる

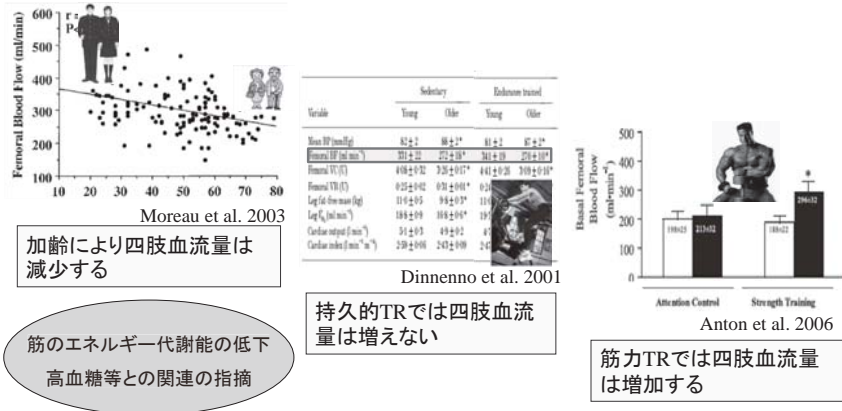


図 29

流を良くしてくれるという効果があります。一方でマイナス、一方でプラスの要素があるのですが、スロートレーニングの場合は、僕が調べた研究ではどちらにもプラスの効果がありました(図30・31)。ちょうど時間になりましたので、これで話を終わらせていただきます。ありがとうございます(図32)。

佐川 どうも谷本先生、ありがとうございます。時間ですが、一つだけ質問があればお受けしたいと思います。

北田 きょう筋肉のことをお話ししていただけるということで、一つ伺いたかったことがあります。イチロー選手の筋肉は、とってもフワフワのように聞いています。筋肉の硬さというものについては、きょうはお話がなかったかなと思います。私たちが動かしているときには、筋肉が硬いほうがよく働くというような感じています。その辺はどうなんでしょうか。

谷本 まず筋は全身、いろいろな所ありますから

ら全部のことは分かりませんが、イチロー選手は硬いことで有名です。非常に硬いことで有名だと思います。筋肉の硬さは、硬過ぎると動作範囲に影響します。逆にいうと野球のピッチャーなんかはすごく特殊です。野球のピッチャーは、特に外旋方向と水平外転がめちゃくちゃ柔らかいです。それは動作によって必要だと思います。ほとんどの競技の動作において、非常に大きな可動力が必要という場合は、むしろ少ない。可動範囲をいっぱい使わないような競技ではそんなに柔らかい必要はないと思いますが、硬くなると筋肉の受動的な張力が上がるんですね。筋肉が自分で力を頑張ってしまうよという張力と、筋肉が伸びてるから、伸びてる場所から戻りましょうという張力と、二つの張力の足し算になるんです。あまり大きく動く必要のないところの筋肉の場合は、むしろ硬いほうが、受動張力になります。強い力が出せるのでプラスに働く場合が多いです。状況にもよります。柔らかいほうがいい場合と硬いほうがいい場合という具合です。研究報告でいうと、マラソンな

検証：全身スローTRプログラムによる動脈硬化度・筋血流量の変化

Tanimoto et al. in press, in preparationより



8回×3セット×5種目
 2回/週×13週の運動介入
 HN: 通常の高負荷法 (約85% 1RM)
 LST: 筋発揮張力維持法(約55% 1RM)
 CON: 対象群

※

筋力は HN : +41.2±7.8%、LST : +33.0±8.8% (1RM)
 筋厚は HN : +9.1±4.2%、LST : +6.8±3.4%

運動介入前後での筋力・筋量および、
 動脈硬化度、筋四肢血等の変化を観察

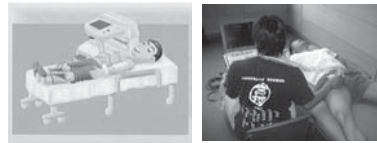
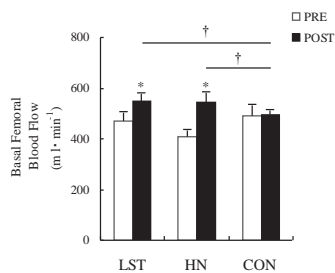
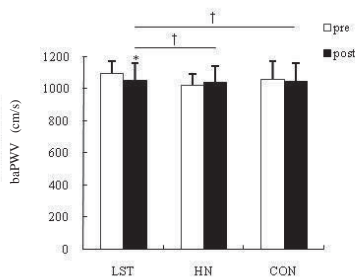


図 30

動脈硬化度・筋血流量の変化

動脈硬化度(脈波伝播速度: baPWV)

筋血流量(大腿動脈血流量)



LSTによって動脈硬化度(脈波伝播速度: PWV)が有意に低下した。
 HNでは増加傾向であった。

LSTではHNと同等に安静時筋血流量が増加した。

スローTRは動脈硬化、血流量のいずれにおいても好ましい変化を与えた

図 31

まとめ

スロトレは比較的軽負荷でも高負荷TRと同等の筋肥大・筋力増強効果がある 血圧の上昇度も低めで安全性は高い

課題1: TR上級者の低負荷TR

→ スローでなくても持続的な筋力発揮によるパンプアップが可能

課題2: 最適頻度

→ 通常TRより高頻度である可能性

課題3: 動的動作に与える影響

→ 望ましくない影響を示唆

筋力発揮能力の改善には別の処方との組み合わせの必要性

課題4: 動脈・血管系機能に与える影響

→ 動脈硬化度、血流量ともに望ましい効果を示唆

図 32

んかだと硬い人のほうがエネルギー効率がいいです。硬いほうが受動張力を使って走っていると、受動張力は特にエネルギー消費しませんから、硬いほうがスマート。硬過ぎると今度は脚を前に出すのに頑張って力を出さないといけなくなります。ちょうどいいあんばいというのは、それぞれの競技によって異なります。だから、硬ければ硬いほどいい、柔らかければ柔らかいほどいいっていうぐらいの感じが多いのかもしれませんが。マラソンだったら高橋尚子さんがものすごく硬かった。硬くしたから良かったというより、ちょうどいい硬さだったから上までいけたんだなっていうことになると思います。動きによりけり、競技によりけりで、より硬く、

柔らかくしないほうがいい場合と、できるだけ柔らかくしたほうがいい場合というのが出てくると思います。走りなんかは研究がたくさんあります。複雑なことなので一概には答えられないのですが、理屈的にいうと、そういうことが考えられます。

佐川 たくさんもっとお話をお聞きしたいんですが、時間になってしまいました。申し訳ありませんが、ここで終了させていただきたいと思います。谷本先生、きょうはお忙しい中、沖縄から直行していただき、本当にありがとうございます。もう一度盛大な拍手を。どうもありがとうございます。