新潟マスターズ陸上競技連盟講習会（2024/02/25）

短時間高強度トレーニング（HIIT）の理論と方法

～　一回4分週2回でOK？　～

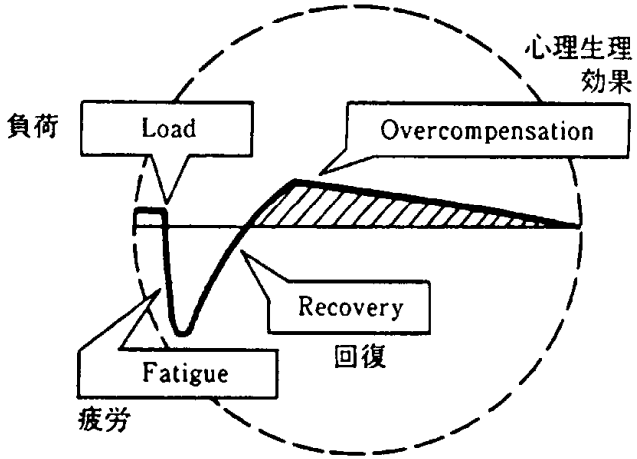
山崎　健（新潟大学名誉教授）

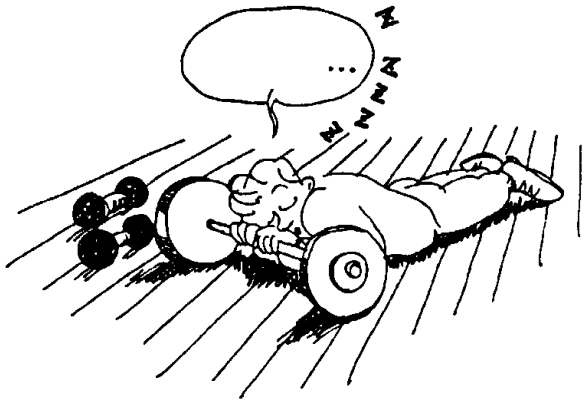
ベテランアスリートのトレーニング

- 年齢による筋機能の低下は避けられない？
  運動関連遺伝子の個人差とトレーニングの継続・内容
- 回復過程の変化？
  疲労が抜けにくい？ ⇒ 休養の必要性が増加？
- 関節可動域の制限とスポーツ障害発症
  レジスタンストレーニング
  ストレッチングやマッサージ、ケアは重要
- 食事内容の検討も必要
  食習慣の再検討が必要？ ⇒ サプリメントは限定的？

大会まで2か月半

「運動」「栄養」「休養」のマネジメント





「運動」をしてから「食事」をとって「休養」すれば低下を防げる！
　が、「年齢差」と「個人差」が厳然と存在する・・変えられないか？

スポーツパフォーマンスを支えるもの

- 運動(トレーニング)
- 栄養(食事)
- 休養(睡眠)

  それぞれの関連の理解が重要
- 24時間×365日×5年間が基本戦略となる？

  個人別の筋力低下度とトレーニング方法と課題

  種目別に要求される運動遂行能力とスキル

  トレーニング頻度と回復状態＋スポーツ障害の予防

運動を継続できるメカニズム

- 動きを作り出すシステム
  骨格-関節-靭帯-筋
  三種類の筋線維（遅筋系と2つの速筋系）
- エネルギーを作り出すシステム
  クレアチンリン酸系
  解糖系（グリコーゲン ⇒ ピルビン酸＋乳酸）
  有酸素系（ミトコンドリアのTCA回路での効率的変換）
- 「動きを作り出すシステム」×「エネルギーを作り出すシステム」

3×3システムということ

動きをつくり出すシステム

エネルギーをつくり出すシステム

	Type Ⅰ	Type Ⅱa	Type Ⅱb
ATP-PCr系	△	○	◎
解糖系	○	◎	◎
有酸素系	◎	○	△

定本ら(1987年)の図を
山崎が改変

運動を作り出す筋肉の働き

- 骨-関節-腱-筋肉 の複合構造
- 筋肉が強くとも腱が脆弱ではケガを誘発
- 筋肉が発達していてもプロポーションが・・

  パワー＝筋力×収縮距離（筋の長さ）

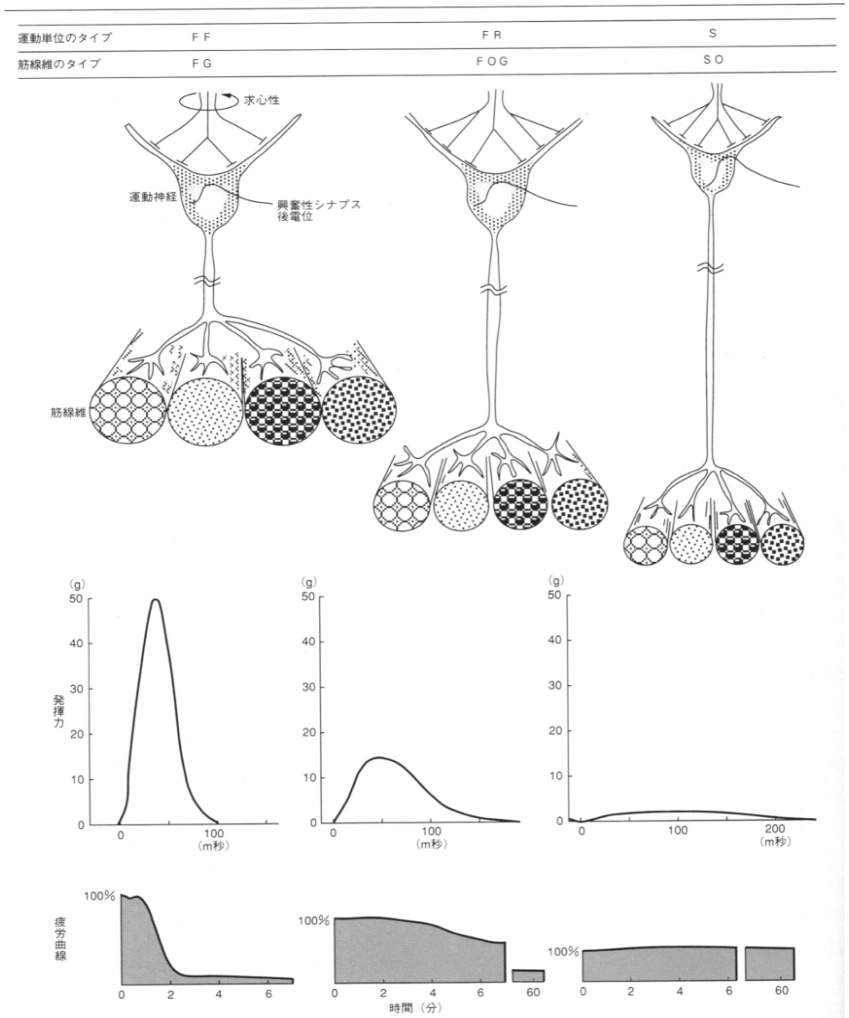
  筋肉の柔軟性（筋緊張が少ない）

  筋肉の太さ（筋肥大・・主として速筋系）

  複数筋を上手く組み合わせる（スキル）
- 高齢化で速筋・遅筋線維構成が変わる例も報告されている

三種類の筋線維

FG:さらにFG1、FG2・・？
FOG:トレーニングでFGへ
SO:長距離選手の腓腹筋では
80%を占める



運動単位は、その短縮特性から以下の３タイプに分類できる。
●ＦＦ（速い短縮で疲労しやすい）
●ＦＲ（速い短縮で疲労しにくい）
●Ｓ（遅い短縮）
この短縮特性と各筋線維の組織化学的特性との間には対応関係がある。
●ＦＦ→ＦＧ（速い短縮で解糖）
●ＦＲ→ＦＯＧ（速い短縮で酸化と解糖）
●Ｓ→ＳＯ（遅い短縮で酸化）

図５－３　運動単位のタイプと活動特性（バークとエジャートン，1975年　一部改変）

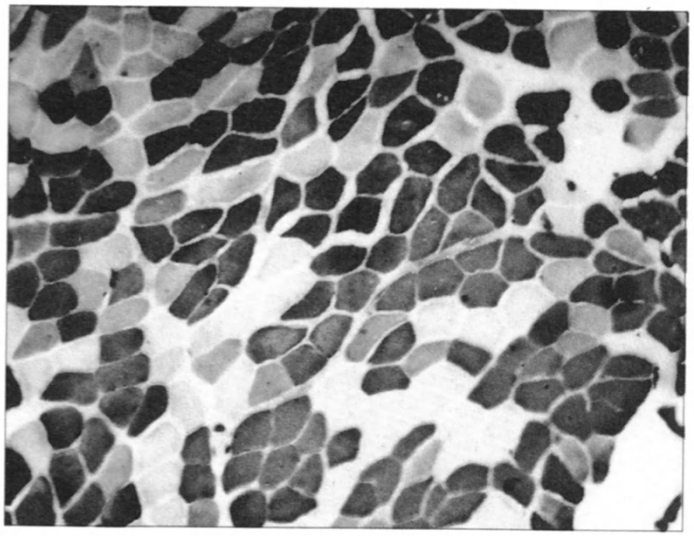


写真５－２　筋線維の分布（武藤ら，1983年）
黒くみえるのは遅筋線維（タイプⅠ）、白っぽくみえるのは速筋線維（タイプⅡａとⅡｂ）。

トレーニングによる筋線維組成の変化

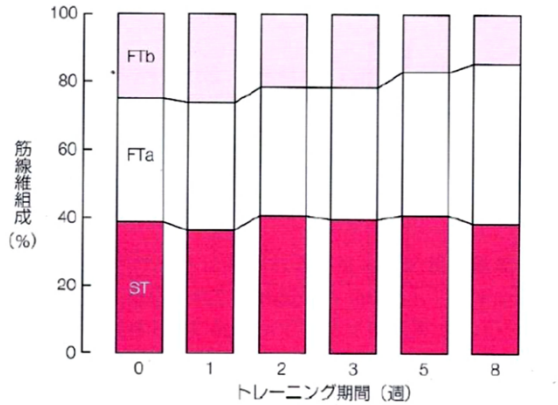


図 2. 7　持久性トレーニングによる筋線維組成の変化（Andersen と Henriksson, 1977 を改変）
トレーニングの結果，FTb 線維が減少し FTa 線維が増加した．これは FTb 線維から FTa 線維へのタイプ移行が起こったためである．

図 2. 8　トレーニングによる筋線維のタイプ移行
トレーニングを行うと，FTb 線維のいくつかに，FTa 線維へのタイプ移行が起きる．しかし，トレーニングを中止すると，再び FTb 線維へ戻ってしまう．

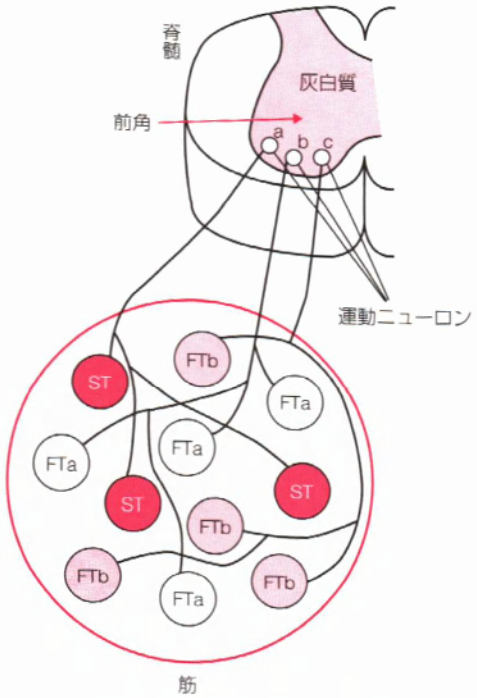


図 3. 8　運動単位の模式図
1 つの運動単位に属する筋線維のタイプはすべて同一である．図の例では，運動ニューロン a は ST 線維を，b は FTa 線維を，c は FTb 線維を支配している．

実は筋ごとに筋線維組成が異なる

各関節ごとの動作(役割)の違い
各個人ごとの筋組成の違い
「ヒラメ筋」は何故共通性が高いのか？

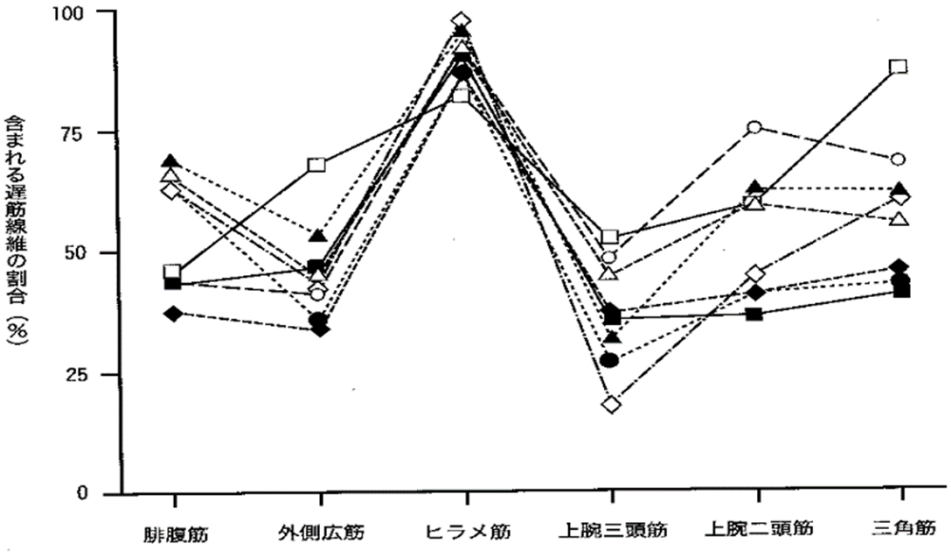


図 4-11　ヒト骨格筋の筋線維組成

スキルを支える
速筋系線維
⇒ 主要な張力発揮と運動方向を決定？
(“初動負荷理論”との関連も‥)

遅筋系線維
⇒ 補完的張力発揮とミトコンドリアによる乳酸利用？

筋収縮と3つのエネルギー供給系

表 1.2　エネルギー供給系とスポーツ種目との関係

運動時間	主たるエネルギー供給系	スポーツ種目の例
30 秒以内	ATP-PCr 系	砲丸投げ，100～200m 走，盗塁，ゴルフやテニスのスイング，50m 競泳，フットボールのランニングプレイ，サッカーのゴールキーパー
30 秒～1 分 30 秒	ATP-PCr 系と解糖系	400m 走，500～1,000m スピードスケート，100m 競泳
1 分 30 秒～3 分	解糖系と有酸素系	800m 走，200m 競泳，体操種目，ボクシング，レスリング
3 分以上	有酸素系	球技系種目，マラソン，1,500～10,000m 走，400～1,500m 競泳，クロスカントリースキー，自転車ロードレース，トライアスロン

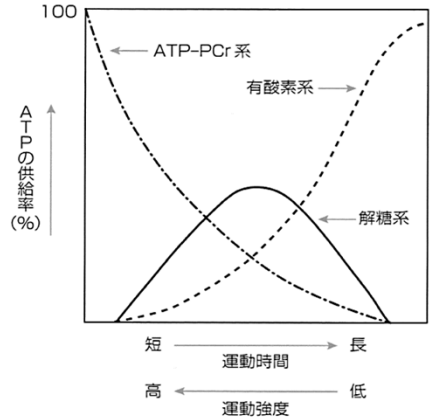


図 1.14　運動時間とエネルギー供給系の関係（Fox，1982）　運動強度が高く運動の継続時間が短い時は，ATP は主として ATP-PCr 系から供給される．運動時間が長くなるにつれ，有酸素系の関与が大きくなる．

クレアチンリン酸（ATP－PCr）系
　クレアチンからリン酸基の遊離
解糖系（もっとも主要な供給システム）
　筋グリコーゲンからの無酸素性解糖
　　＋ 乳酸性生成
有酸素系（速度が出ないソーラーパネル）
　細胞内ミトコンドリアでのエネルギー生産

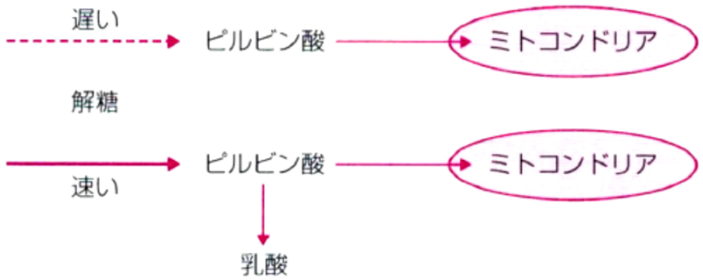
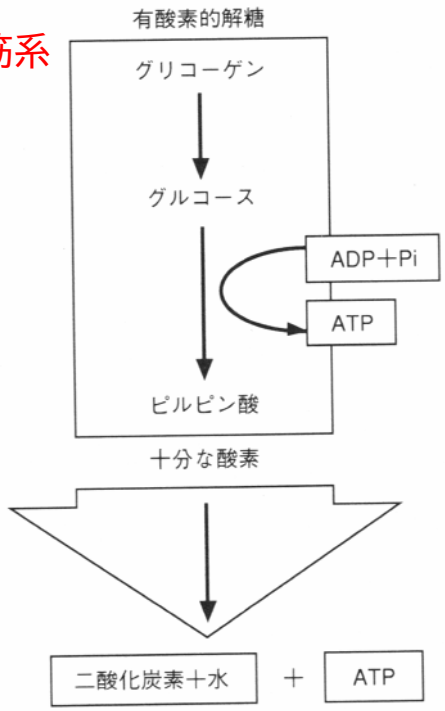


図 1.12　解糖系による乳酸の生成
解糖系の反応が速いと，ピルビン酸の一部は乳酸に変換される．

有酸素的解糖と無酸素的解糖

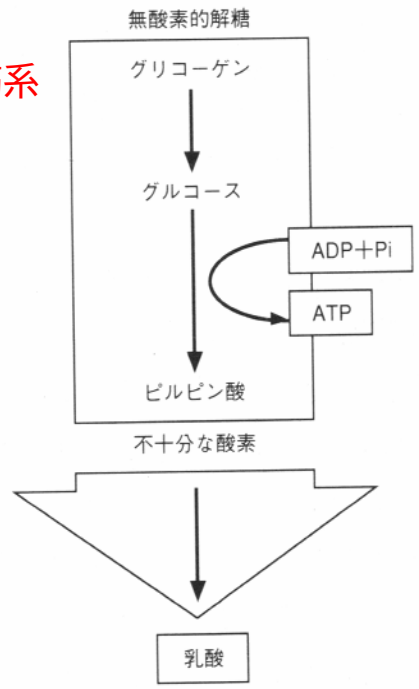
この時には
運び屋の
MCT1が必
要
＝低強度×
長時間トレー
ニング

遅筋系



この時には
運び屋
MCT4が必
要
＝高強度×
短時間ト
レーニング

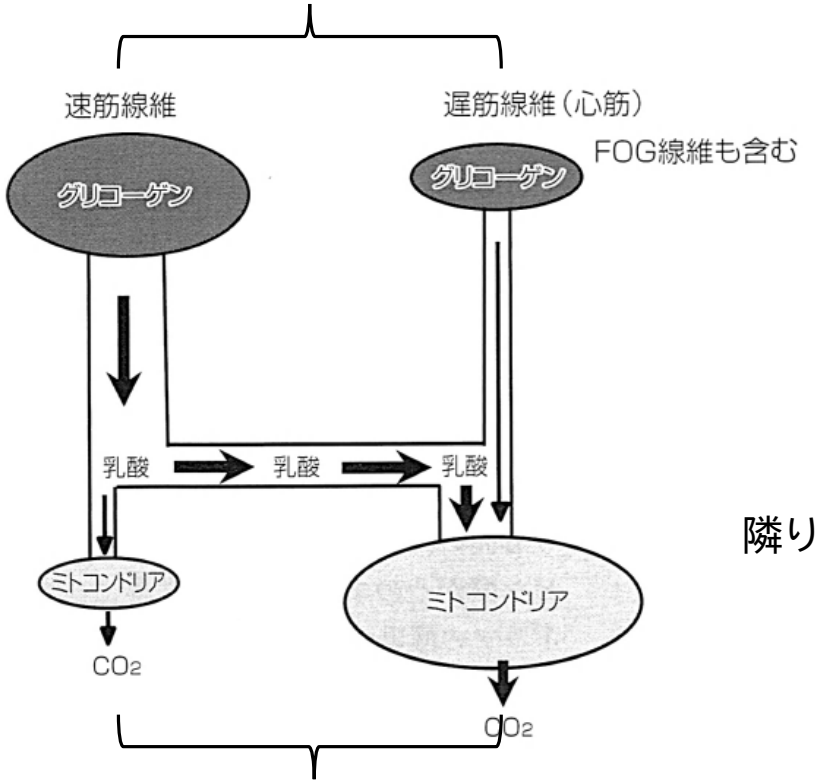
速筋系



フォックスとマティウズ（1981）

「乳酸シャトル」で再利用・・

起始と停止は同一



起始と停止は同一

動きをつくり出すシステム

エネルギーをつくり出すシステム

	Type Ⅰ	Type Ⅱa	Type Ⅱb
ATP-PCr系	△	○	◎
解糖系	○	◎	◎
有酸素系	◎	○	△

隣り合っているので「再利用」が可能

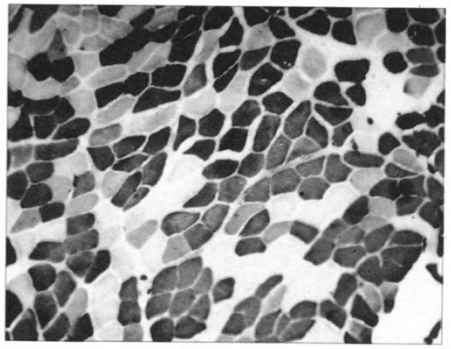


写真５－２　筋線維の分布（武藤ら，1983年）
黒くみえるのは遅筋線維（タイプⅠ）、白っぽくみえるのは速筋線維（タイプⅡａとⅡｂ）。

八田秀雄、乳と運動生理・生化学、市村出版、2009年

マルチレイアシステムで動きを支える

動きをつくり出すシステム

エネルギーをつくり出すシステム	Type Ⅰ	Type Ⅱa	Type Ⅱb
ATP-PCr系	△	○	◎
解糖系	○	◎	◎
有酸素系	◎	○	△

大腿二頭筋（伸筋側）
F/T線維比　33:67

股関節周りの拮抗筋

動きをつくり出すシステム

エネルギーをつくり出すシステム	Type Ⅰ	Type Ⅱa	Type Ⅱb
ATP-PCr系	△	○	◎
解糖系	○	◎	◎
有酸素系	◎	○	△

大腿直筋（屈筋側）
F/T線維比　62:38

短時間高強度トレーニング（HIIT）

文献：

世界標準の科学的トレーニング　～今日から始めるタバタトレーニング

田畑 泉（立命館大学教授）、BLUE BACKS（講談社、2022）

- “20秒運動＋10秒休み”を1セットとして8セットで“疲労困憊”

　そもそもは高崎健康科学大学・入澤孝一先生が嬬恋高校スケート部で実践していた方法

　「20秒運動＋10秒休息」×8と「30秒運動+2分休息」×4

トレーニングの分類

- 筋力トレーニング
  ウェイト／自重／マシン／チューブなど
- 無酸素性トレーニング
  通常４０秒以下の運動で実施
- 有酸素性トレーニング
  低強度長時間運動（きついと感じないレベル）
- コオーディネーショントレーニング
  動作の効率改善／ボディバランス改善など
- クロストレーニング

持久力トレーニングのタイプ

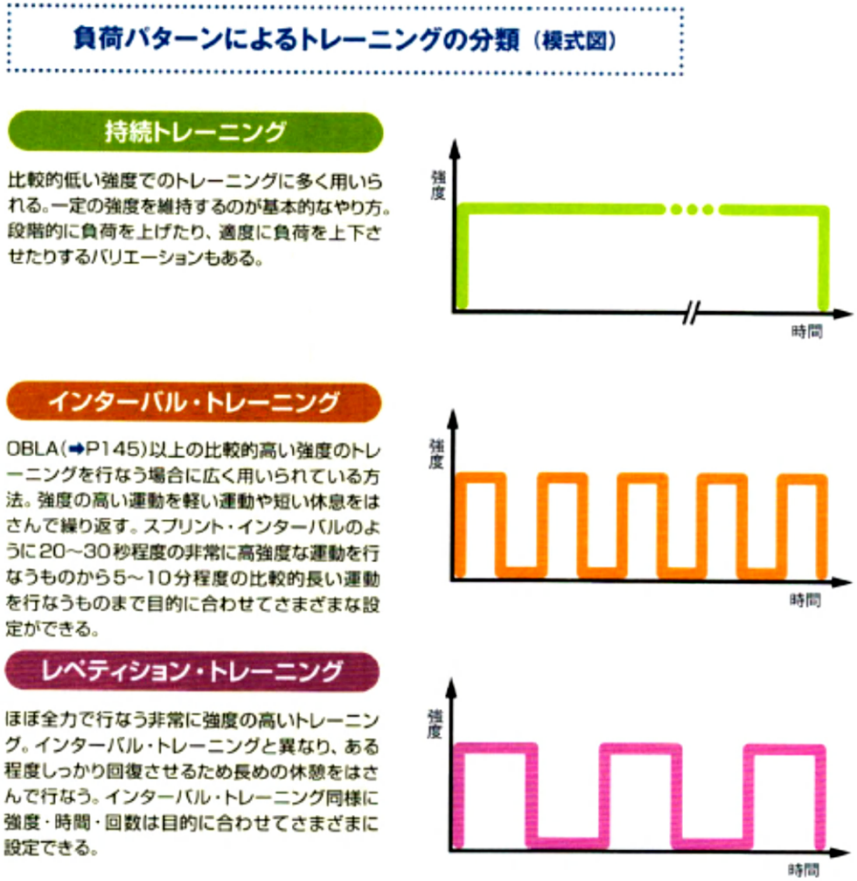
- ディスタンストレーニング

  VO_2Max. の65～70%:1時間以上
- エアロビック・インターバルトレーニング

  VO_2Max.の70～80%:4mM以下、5～15分
- ペーストレーニング

  VO_2Max.の80～90%:8～15mM、3～10分
- アネロビック・インターバルトレーニング

  VO_2Max.の95～120%:15～20mM、30秒～4分間



たった4分で完結するシンプルな方法

- 実は宇宙飛行士のトレーニングでも採用されている
- 厳密には「最大酸素摂取量の170％強度」の運動
  50秒間継続が基本強度 ⇒ これで20秒間実施する」
- 有酸素性（持久系）と無酸素性（瞬発系）の両者への対応？
  ハイブリッドエンジンとしてのエネルギー供給系
  最大酸素摂取量の170％ということは有酸素系はMax.
  実は「有酸素系のトレーニング」は60％強度で実施されている
  有酸素系能力の100％を超えた分は「無酸素系」が代行

短時間高強度トレーニング（HIT）

- 20秒間の全力運動
  +10秒間の休息
  連続3セット×週3回
  （つまり週3分！）

ただしこの自転車型ハイパワーエルゴメーターは高価（50万円）・・通常のエアロバイクと異なる点
かわりになる運動は・・・

タバタメソッドの例
tabata
再生（k）
0:00 / 4:43

動作と関連した筋出力改善

「使える筋力」と「使えない筋肉」？

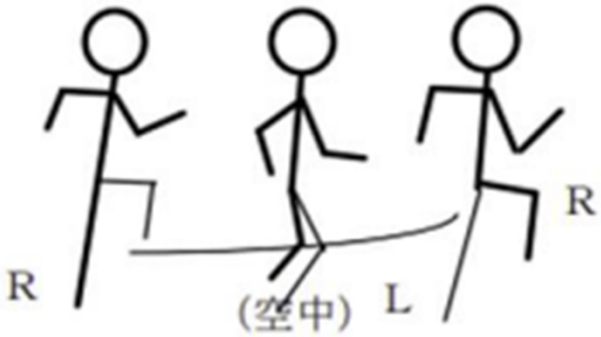
HIITで用いる運動形態は・・

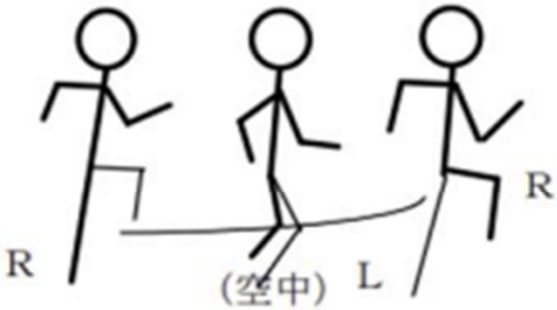
- 下肢や体幹の筋を用いる運動
  「スクワット＆ジャンプ」「その場駆け足」「バーピージャンプ」
  「自転車エルゴメーター」（市販のエアロバイクは強度が不足）

- 陸上運動の様々なスキップドリルを利用する
  「スキップ」「サイドスキップ＆ラジアン」
  「ワンツースキップ」「3拍子ワンツースキップ（切り替え）」
  「プライオメトリクスジャンプ」

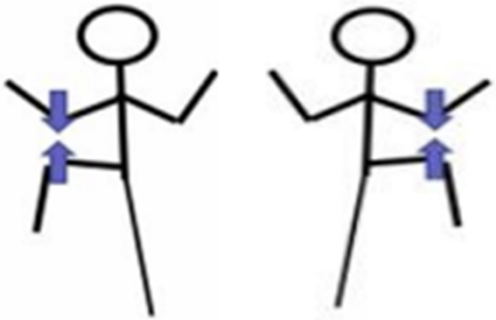
• ツースキップ

・ワンツースキップ

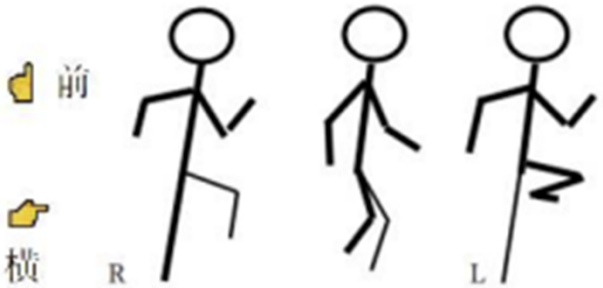




• ラジアン



・ハードルスキップ



脳からの運動司令は”動作パターン“で出力される

- 基本的運動形態（這・歩・走・跳・投・泳などなど）
  ベテランアスリートは「動き方」はわかっているが・・
- 認知動作型トレーニング（東大・小林寛道先生）
  “スプリントマシン”や“アニマルウォーキングマシン”など
- 最近話題の “ファンクショナルトレーニング”
  筋力トレーニングとコオーディネーション
- 体幹トレーニングは “動く体幹” を想定すること
  「キネティックチェーン」という概念

認知動作型マシン

①スプリントトレーニングマシン（ＳＰＫ-6）

世界に類のない「走る動作」を学習するトレーニングマシン。立位姿勢バランスや歩行能力、ランニング能力の向上に効果がある代表的なトレーニングマシンです。 すり足運動によって、左右の体軸形成や膝腰同側動作の神経支配の基本を身につけます。ペダルを回転させる運動によって動的な片足バランス能力の向上をはかり、体幹深部筋の代表である大腰筋や腸骨筋の働きを活かした脚の運び方を身につけます。 このマシンでトレーニングすることにより骨盤や腰椎部を含めた腰部の柔軟性が向上し、歩行動作の改善もはかることができ、高齢者の寝たきり、要介護の予防や、リハビリなどへ、幅広い応用が可能です。 また、このマシンを使用した身体操作は脳を活性化する効果をもつことが確かめられています。

②スプリントパワーバイク（ＳＢＫ-4）

楕円軌道のペダリングができる自転車型のトレーニングマシンで、大腰筋など体幹深部筋を強化することができます。身体に２つの軸（左軸・右軸）を交互に安定して形成できるようになり、左右の軸の乗り換えによって、体重の効果的な移動と体幹深部からのパワーの発揮を高めます。歩行やランニングの基本動作である「同側動作」の神経支配をトレーニングすることができます。

通常の筋トレマシンでは鍛えにくいインナーマッスルを
効率的に鍛えることができる

認知動作型トレーニングマシン

先進のスポーツ科学やバイオメカニクス（身体運動学）などの科学的研究の成果を生かして考案されたもので「正しい動作や身体の動かし方を学習する」という革新的なコンセプトを持つ次世代型のトレーニングシステムです。

スプリント トレーニングマシン

世界に類のない「走る動作」が学習できるマシン。ランニング記録の向上や歩行能力が改善される。大腰筋（体幹深部筋）の強化が図られる。姿勢バランスの向上。

特徴

- おもりを使わない画期的なトレーニング
- 関節が弱い児童や車椅子の方であってもトレーニング可能
- 力まずにトレーニングできるため、血圧が上昇せず、高齢者でも安心して取り組める
- トップアスリートから低体力者まで、幅広い人々が利用できる

東京大学 小林寛道名誉教授によって開発された トレーニングマシンを一部紹介いたします。

ストレッチ・ロウイング

日本古来の労働動作の研究から生まれた従来にない発想のマシン。体幹部に「揺れ動作」を生じさせ、脳にリラックス効果を生み出す。体幹部を中心に全身の筋群を刺激する。身体バランスの向上。

大股ストレッチマシン

股関節周辺部の柔軟性を向上させるマシン。股関節のリンパ節を刺激し、リンパの流れを促進させる。内転筋などのストレッチの強化。全身の柔軟性が向上。

車軸移動式パワーバイク

左右の軸の乗り換え動作によって、重心の効果的な移動を学習するマシン。全身のパワーを高め、走り方、歩き方が改善される。膝腰肩同側動作の神経支配を学習する。大腰筋、内転筋の強化。

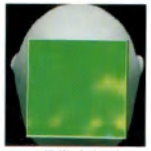
アニマルウォークマシン

肩甲骨と骨盤の連携動作を学習するマシン。脊柱を軸に腕と脚が連動する力強い動き。脊柱の柔軟な動きと同側神経支配を生かしたパワー発揮動作能力が高まる。体の深い部分での腹式呼吸が身につく。

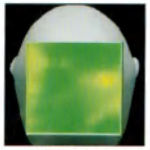
脳・神経系の活性化効果も明らかに！

※脳内血液酸素化動態モニター装置を用いた認知動作型トレーニングの研究

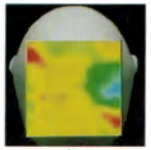
最近の研究でインナーマッスルを使う運動が脳を刺激し、活性化させる事が明らかになり、認知動作型トレーニングは身体運動機能の向上だけでなく、脳・神経系の活性化も期待できます。



通常歩行時



通常の筋力トレーニングマシン



スプリントトレーニングマシン