



ランニングパフォーマンスを改善しよう
〜原理を知って練習しましょう

山崎 健
新日本スポーツ連盟
附属スポーツ研究所所長
ランニング学会公認指導員

1. パフォーマンスを決めるもの

ランニングパフォーマンス（様々な距離のレースでのタイム）を決めるものは何なのでしょう。日本の運動生理学の権威・故猪飼道夫先生は、 $P=C \cdot \int E (M)$ という式で、パフォーマンスが制御技術：C（サイバネティクス）と意欲：Mを含むエネルギー供給系：Eとの関係で決まることを指摘しました。まさに「心・技・体」なのですが、どうも禅問答のようで、具体的にどうしたらよいのかは明確ではありません。

また、単にエネルギー供給系が向上（体カアップ）したからといって単純にパフォーマンスが変わるようにも思えません。軽自動車に2000ccのエンジンを載せて初心者マークのドライバーが運転してもなかなかうまくいかないように、それぞれの関係性を見ながらトレーニングを進めていかないと効果は限定されてしまうように思うのです。

では、それぞれの構造とその関係性はどうなっているのでしょうか。

2. 3つのエネルギー供給系

私たちの筋肉が連続して収縮し続けるためには筋肉内にエネルギー生産系が必要です。このエネルギー生産系は、いわば「ソーラーパネル付きハイブリッドエンジン」に例えられます。最も速いものがバッテリーに相当する「クレアチンリン酸系」、スポーツ活動の主役になるのがガソリンエンジンに相当する「解糖系」、長時間エネルギーを供給し続けるものがソーラーパネルに相当する「有酸素系（主役は細胞内のミトコンドリア）」です。

長距離レースの主役になるのが筋グリコーゲンで、解糖系でも有酸素系でも重要なエネルギー源です。400m走などでこれを無酸素的に分解する解糖系では、筋グリコーゲンを消費するとともに代謝産物の「乳酸」を生成し「キツイ」という感覚を生じさせます。一方、有酸素系でもグリコー

ゲンを分解するのですが、細胞内のミトコンドリアが豊富なので乳酸を生成しないといわれていますが、短時間に多くのエネルギーを生産することはできません。つまり短時間の激しい運動では乳酸が蓄積するがゆっくりとした長時間の運動では乳酸もエネルギーに変換されるので「キツくない」のです。ただし、ゆっくりとした長時間の運動だけではレースで周りにおいていかれてしまいますので、何とか皆についていこうとスピードアップするので乳酸値が高くなります（最悪ついていけなくなり歩いてしまう）。

東京大学の八田秀雄先生は「乳酸シャトル」というモデルを示し、速筋線維が生成した乳酸をやや遅い速筋線維や遅筋線維がミトコンドリアの有酸素機能を使ってエネルギーに変換する可能性を示唆します。筑波大学の鍋倉賢治先生は「ガチ・ユル走」という、「高強度運動」で乳酸を生成した後「ゆっくり走って」エネルギー生産性の改善を図る練習法を提唱しています。

つまり私たちは、ガソリンの「残量計」とソーラーパネルの「チャージメーター」を交互に眺めながらペース配分を工夫し、ゴールでのベストタイムを目指しているようなのです。

3. ランニングスキルと3つの筋線維

「ドライビングテクニック」に該当するものが制御系の「ランニングスキル」です。これは、いわば燃費に相当するもので「ランニング効率」と表現されます。オートマチック車で、アクセルやブレーキを多用する「パワードライブモード」と定速走行を基本とする「エコドライブモード」

での燃費の違いといったイメージです。ただし、燃費優先のエコドライブモードだけではガソリンが残ってしまいますので、効率よくドライビングモードを使い分け、「ゴールでガス欠」となるのが理想のペース配分といえます。

また、3つのエネルギー供給系のバッテリーに相当する要素は、高速で走るためだけではなく、いわばランニングスキルを支える制御系（コンピュータ）の電源供給にもなっているものと考えられ、効率よく上手に走るためには「ドライビングテクニックの切りかえ」が重要なのです。

私たちの筋肉には速筋系と遅筋系の2種類の筋線維があり、更に速筋系は普通の速筋系と「スーパー速筋系」の2つがあり、3種類の筋線維が協働してランニングスキルを支えます。ストライド型で走るのかピッチ型で走るのか、エネルギー供給系の減少に合わせて前半と中盤と後半でどう切り替えてゆくのかは、この3種類の筋線維がどのような比率でランニングスキルに参画してくるのか、にかかっています。

4. パフォーマンスのモデルを考えよう

この3つのエネルギー供給系と3種類の筋線維から構成されるものが「3×3モデル」です。（山崎、チャレンジする前に知っておきたいランニングの生理学：ランニングハンドブック、Vol.32）

しかし、長距離レースではエネルギー供給系はレースの進展に応じて減少してゆきますので「同一のランニングスキル」だけに頼ってはいは失速してしまう可能性があり、エネルギー供給系の減少に対応してランニングスキルを変える必要があるのです。図1はこのモデルです。

$$Y = \begin{bmatrix} \text{PCr0} \\ \text{PCr1} \\ \text{PCr2} \\ \vdots \\ \text{PCrN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Gly0} \\ \text{Gly1} \\ \text{Gly2} \\ \vdots \\ \text{GlyN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Mtc0} \\ \text{Mtc1} \\ \text{Mtc2} \\ \vdots \\ \text{MtcN} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Sm } \alpha \\ \text{Sm } \beta \\ \text{Sm } \gamma \\ \vdots \\ \text{Sm } \omega \end{bmatrix}$$

図1

PCrはクレアチンリン酸系、Glyは解糖系、Mtcは有酸素系のエネルギー生産系、Smはランニングスキルのモードでエネルギー供給系(例えばある時点ではPCr3+Gly2+Mtc1の供給モード)に応じてランニングスキルが変容して適応する


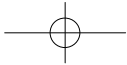

(山崎、2011を改変)

前半ではそれぞれの供給系は「満タン」なので α モードで走れるのですが、レース中盤あたりからエネルギー供給系が減少して β や γ のモードで走らないと破綻をきたしてしまうというモデルです。実際に、全日本大学駅伝に出場した新潟大学の長距離選手の10000mレースを解析した結果では2000m地点と比較して4800mと8800m地点では「ピッチ型」のランニングモードに変容していました。「〇〇選手、ここでピッチを上げてスパートです！」という表現は実は適切な表現だったのです。

5. ランニングスキルの改善は？

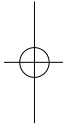
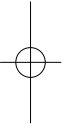
では、このようなランニングスキルの切り替えや改善はどのようにしたら獲得できるのでしょうか。

2012年に放映されたケニア人長距離ランナーの強さの秘密を探るNHK番組：ミラクルボディでは、「フォアフット接地」の有効性が示されていました。「踵接地」では推進力にブレーキがかかり接地衝撃とそれを緩和するふくらはぎの腓腹筋の筋活動が倍近くに達するとのデータも示されており、メキシコの走る民族：ララムリの特集でもサンダ



ルのような「ワラッチ」を履いて走るとフォアフット接地になり、ハーバード大学のD.リーバーマン先生は長距離走の理想的フォームであることを指摘していました。また、ケニアの子どもたちの生活実態から、裸足で山道を走ることによって「深部足底屈筋群」が発達しフォアフット接地を可能としていることも指摘されていました。

つまり、ランニングシューズを履いて走るとクッション性が良いので「踵接地」になってしまうということで、裸足やソールが薄くて踵の高さのない“ベアフットシューズ”の使用が良いということとなります。しかし、裸足や5本指シューズや足袋型などは「衝撃吸収性」が低いので走り込みによるランニング障害を誘発する可能性が高くなります。



以上の事から、もしも余裕があるのならば複数の種類のシューズ使用をお勧めします。同一のシューズで同一のペースだけで走っているランニングモードの変容を体感することはできず、ランニングスキルの改善は進みませんし、単一モードではストレスが集中しランニング障害をまねく可能性もあります。

本来、私たちの身体は大変巧妙にできていて、条件変動に柔軟に対応することができます。ある程度のトレーニングによって1時間ほど快適に走ることができるようになったら、いつものフラットな舗装路だけではなく、野外走やガチ・ユル走などの多様な条件で走ることをお勧めします。シューズもフォアフット（フラット）接地を体感する踵とソールの厚みの同じゼロドロップ（ベアフット）タイプの使用も取り入れてランニングスキルの改善にチャレンジしてみてください。ただし、衝撃吸収性は低いので「走り込

み」では従来のタイプのシューズを使用します。

また、ランニングハンドブック (Vol.32) で提案したように、100mの歩数を1割増やして同一タイムで走る100mピッチアップドリルもお勧めです。



6. トレーニングでの持久的能力の改善は？

先ず必要なことがランニングの運動強度の推定です。正確には血中乳酸値を計り、練習時の60%強度の2.3Mmol/dlとマラソンレース時の80%強度の4.0Mmol/dlのランニング速度（1キロ当たりのタイム）を算出するのですが、日常的な練習では「カルボーネン法」を用いて簡易に心拍数から推定する方法をお勧めします。例えば40歳の方で安静時心拍数が65拍/分であれば、推定最高心拍数（100%）は180拍/分となり、安静時とのキャパシティは180-65=115拍で、60%強度では115×60%=69拍+安静時60拍で、129拍/分、80%強度は152拍/分となります。

最近発光ダイオードを利用して、手首から心拍数を計測する時計型機器が増えています。胸部ベルトの拘束感が少ないのですが、手首で機器が動くとき精度に若干の問題が生ずる場合があります。測定原理は、手首の血管を血液が流れる（脈拍）とヘモグロビン濃度が上がり光を吸収します。その脈拍間隔を読み取って心拍数に換算して表示するものです。GPSを内蔵したものはランニング速度やピッチ、コー

スを地図上に表示する機能もあります。コイン型のアダプターを腕に巻いてスマートフォンにBluetooth転送するタイプのものも最近市販されていますので、これらを利用できればトレーニングを効率的に進めることができます。

60～70%強度のランニングを実施すると、私たちの身体は適応を起こし「脳由来神経成長因子」「線維芽細胞成長因子」「血管内皮成長因子」「エリスロポエチン（EPO）」といった物質が分泌され、筋内の毛細血管の増加や酸素運搬能力の改善が起きます。

走り始めたころは80%強度キロ10分だったものが、キロ

表 運動強度のとらえ方（糖尿病治療研究会『糖尿病運動療法のでびき』、2001）

自覚的運動強度（RPE） 強度の感じ方、その他の感覚を参考に RPE 数をきめる		$\dot{V}O_2\max$ からみた 強度		脈拍数からみた強度 $\% \dot{V}O_2\max$ に相当すると思われる脈拍数				
強度の 感じ方	その他の感覚	RPE 点数	$\% \dot{V}O_2\max$	1 分間当たりの脈拍数				
				60 歳代	50 歳代	40 歳代	30 歳代	20 歳代
最高に きつい	からだ全体が苦しい	・ 20 ・ 19	100%	155	165	175	185	190
非常に きつい	無理、100%と差がないと感じる、若干言葉が出る、息がつかまる	・ 18 ・ 17						
きつい	続かない、やめたい、のどがかわく、がんばるのみ	・ 16 ・ 15	80%	135	145	150	160	165
やや きつい	どこまで続くか不安、緊張、汗びっしょり	・ 14 ・ 13	70%	125	135	140	145	150
やや 楽である	いつまでも続く、充実感、汗が出る	・ 12 ・ 11	60%	120	125	130	135	135
楽である	汗が出るか出ないか、フォームが気になる、ものたりない	・ 10 ・ 9						
非常に 楽である	楽しく気持ちよいがまるでものたりない	・ 8 ・ 7	50%	110	110	115	120	125
最高に 楽である	じっとしているより動いたほうが楽	・ 6 ・ 5	40%	100	100	105	110	110
			30%	90	90	95	95	95

（体育科学センター資料および RPE より、1987、伊藤改変）

7分になり、キロ5分になるのが持続的能力の改善のメカニズムです。そして、ランニングスキルの改善を図りながら持続的能力の改善を目指します。

60%や70%強度でのランニングは運動強度や接地衝撃もそれほど高くないので、逆に動きを意識する余裕があります。ストライドもピッチ型にすることで制限されより身体重心の近くに接地することで「踵接地」を改善することができます。

また、ランニング時の姿勢の意識も重要です。モデルさんのウォーキングの姿勢は、壁に踵・お尻・肩甲骨・後頭部をつけ、肩関節を前から上に回して壁側にストンと持っています。この姿勢は腹筋や体幹の筋を使わないと維持することができません。そのまま適度に前傾して行って自然に走り出すことでランニング姿勢の改善を図ります。

また、その姿勢でつま先（屈曲部）に軽く抵抗を加え、片脚全体を前上方に持ち上げようとする「大腰筋」を意識することができます。大腰筋はインナーマッスルを代表するもので「深部腹筋」ともいわれ脚を前方に運ぶうえで大変重要な働きをします（スプリンターで発達していて加齢による転倒予防にも有効と指摘されている）。

60%や70%強度でのランニングは、運動強度に余裕がありますので、常に「姿勢」や「脚運び」を意識することができます。

7. ランニング障害の予防

ランナーを悩ませるのがランニング障害です。図2はスポーツ障害発症の模式図です。

ランニング負荷の増大に伴い痛みが増加します。そして、適応レベルの限界を超えてストレスが加わるとスポーツ障害が発症して回復が困難となります。

スポーツ障害の発生(回復不可)

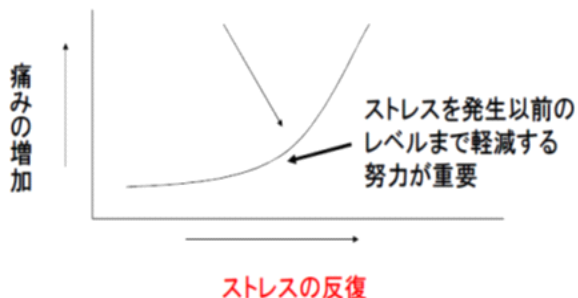


図2 スポーツ障害発症のモデル (山崎, 2001)

ランニング負荷

は「強度」「時間」「頻度」の3要素に加えて準備運動や整理運動の有無、シューズの衝撃吸収性や走路面の硬さ、そしてランニングフォーム（接地衝撃）など様々な要因が関与してきます。毎日5分のペースで20Kmを休まず1週間走り続ければ何らかの兆候が表れます。休養日を設けたりペースを落としたりシューズを変えたりしてストレスを軽減することが重要です。

また、ストレッチやマッサージを行うことで身体の状態を把握することも重要です。特に長時間ランニングを実施した後は、翌日まで筋緊張が残っていて関節可動範囲も狭くなっていて着地ストレスを軽減することができません。柔軟運動での血行の促進、低周波刺激装置やEMSの使用、マッサージ薬（クリーム）との併用、円皮鍼（市販のもの）などの使用も考える必要があるかもしれません。

女性ランナーや高齢ランナーの方では、脚筋力が弱いので「膝の痛み」を感じている方も多いと思います。太もも的大腿四頭筋の強化としてスロージョギングのスク

ワットや20cm程度のステップ運動も有効です。踵を持ち上げる「カーフレイズ」も筋トレとしてだけでなく可動範囲と血行の改善を図る狙いもあります。

また過度の走り込みによる臀部の梨状筋の痛み（坐骨神経痛と表現される）も注意する必要があります。椅子などに脛の外側を載せて背中を伸ばして前屈すると梨状筋をストレッチすることができます。また、鷲足炎といってO脚気味の方の膝の外側の腸脛靭帯の炎症も注意が必要です。腸脛靭帯のマッサージやO脚改善のための機能タイツの使用をお勧めします。

毎日の練習メニューもランニングだけではなく多様な運動を取り入れることで「ストレスの集中」を防ぐことができます。

8. シューズを選択

皆さんはどんな基準でランニングシューズを選んでいますか？

シューズに求められる「衝撃吸収性」と「反発性」は相反する機能です。柔らかか過ぎる素材では衝撃を吸収し跳ね返りが悪くなりランニング効率が低下しますが、硬すぎる素材では衝撃による脚部へのストレスが増加します。また、片足の重量が350g以上で重ければ、衝撃吸収性は良いのですがエネルギー消費量が増加し後半疲労感が増します。かつて製造されていた100g以下のレースシューズでは、エネルギー消費量は少ないのですが衝撃吸収性や耐久性は低下します。また、重量バランスもあり、つま先部が重く感じるものはエネルギー消費量が増えます。

足型（ラスト）も重要です。通常は「長さ（cm）」と「幅（2E～4Eなど）」が表示されていますが、「エジプト型」という親指部が最長のタイプ（日本人の70%程度）と「ギリシャ型」という第2指が最長のタイプ（日本人の25%程度）とではフィット感が異なります。シューズは、通常第2指と第3指が最長となるデザイン（1cmほど余裕が必要）ですが、「どこを長さ表示しているのか」はメーカーによって異なります。また同一メーカーでもジョギング用とレース用で0.5cm程度異なることがあるので「現物合わせ」が必要です。

また「ドロップ高」といって、踵部の厚さとソール部の厚さの差もランニングフォームに影響を与えます。1cm以上の差があると足が前に出やすいのですが踵接地になりがちです。0.5cm程度だと「フラット接地」が体感でき、すべてフラットの“ゼロドロップ”では「フラット感」や「裸足感」があります。ただ、初めて履いた時は「違和感（足が前に出ない、後傾気味に感ずるなど）」が生じ、また稀にアキレス腱の過伸展による痛みを発症することもあります。アキレス腱に不安やトラブルのある方はドロップ高のあるシューズをメインに使用したほうが良いと思います。

靴紐の結び方も、通常販売されているものは「オーバーラップ」といって穴の上側からひもを通しますが、「アンダーラップ」といって穴の下側から通す方法はフィット感があります（ただし締めすぎによる血行障害に注意してください）。また、内側から外側（外側から内側）へクロスするときどちらを上にするのかも見た目も含めトライしてみてください



さい。

また、締め付けが緩過ぎると、接地時に靴の中で足が前方に動いて親指や人差し指に血豆ができることがあります。これは足運び（接地の仕方）とも関連しています。

靴底の摩耗もランニングフォームを反映しています。通常は踵の外側から接地して母指球で蹴りだしますが、踵接地とフラット（フォアフット）接地とでは摩耗の程度が異なるようです。O脚気味で踵接地の方は外側の摩耗が激しく、X脚気味の方は踵内側の摩耗が激しい傾向があります。このタイプの方はランニング障害に注意をしてください。また、摩耗して過度に擦り減ったままにしておくと接地の仕方が助長されてランニング障害を誘発する可能性があります。

最近のランニングシューズは耐久性が向上しているのでゴム系の「ソール補修材」をつかって補填をしてください。ヤスリでソール面をきれいにし、2回塗り（1回目が固まってから）をしてください。2日間ほど使えませんが、別のタイプの靴と交互に使用すればよいと思います。ただし、あくまでも補填なので、擦り減ったらこまめに補修をしてください。自分にフィットしたシューズは、思い入れも強く思い出も多いのでいつまでも履き続けたいものです。

参考になる書籍：

- *新日本スポーツ連盟全国ランニングセンター：ランニングハンドブックVol. 32（2019年）
- *ランニング学会編：ランニングリテラシー（大修館書店 2011年）
- *八田秀雄：乳酸を使いこなすランニング（大修館書店 2011年）

