

21世紀のスポーツトレーニングの科学と現場への支援 —さらなるフィールドとサイエンスの融合へ

西菌秀嗣¹⁾, 山本正嘉¹⁾, 金高宏文¹⁾, 関子浩二²⁾, 荻田 太²⁾, 前田 明²⁾
鹿屋体育大学 ¹⁾スポーツトレーニング教育研究センター ²⁾スポーツパフォーマンス系

世界的な競技大会となったオリンピック、サッカーワールドカップと共に、20世紀後半からスポーツトレーニングの理論と実際は、本格的な発展を遂げた。もはや、トップレベルのスポーツ競技現場では、スポーツ科学(医学)のサポートなしにはありえない。また最近のスポーツ科学の支援により、トレーニング法や評価法の開発、トレーニング機器の進歩、またコンディショニングの科学的手法、スポーツ障害の予防、スポーツ用具、栄養補助食品の開発がなされるようになった。

● 20世紀のトレーニングとトレーニング科学の変遷

1950年代からトレーニングの基礎理論に重要な研究が進んだ。北欧の研究者達による筋生理学の研究、米国でのキュアトンの体力研究、60年代オスランドの有酸素性能の測定法、筋バイオブシーによる筋線維タイプの解明、等速性筋出力の測定法、70年代さらに筋線維タイプの生理学的な分類がなされ、伸張・短縮サイクルを利用した評価法が開発された。特にFox (1979) によって提案されたエネルギー供給系からみた運動の分類の考え方によって無酸素性過程(非乳酸性・乳酸性機構)と有酸素性過程におけるトレーニング、およびトレーニング効果の評価法の発達、スポーツ科学サポートが高度にシステム化し展開してきている。また、筋力トレーニングでは1950年代にミューラー、ヘティンガーがアイソメトリクス¹⁾の提唱以来、60年代には筋力トレーニングマルチステーションが開発さ

れ、またサーキットウエイトトレーニングからオリンピック選手の筋力養成に使われた。血液検査法の進歩により一度に多項目の分析が可能になり、選手のコンディショニング状態から適切な休養が処方され、栄養摂取状況やバランスの測定から栄養補助(ビタミン等)の処方がなされてきている。スポーツ競技の進化とアスリート個人の体力・身体能力向上のためトレーニング法の革新が進むであろうし、選手、チーム、監督を支援するシステムが重要となる。

● 運動負荷から環境負荷(高地トレーニング)へ

メキシコ五輪(1968)以来、高地トレーニングは日本でも歴史があるが、その効果は約50%とされ、今後改善の余地があることが示唆されてきた。従来は高地に行き、トレーニングと生活するものであり、欠点として、スピードの低下、トレーニング量の低下がいわれている。また、回復が遅く、疲労がたまりやすい。トレーニング効果は、十分な休息と栄養が保たれて、回復期を経て、初めて得られるものであり、そこでインターバル高所トレーニングという1~2週間、低所で休養をとることが考えられた(猪飼)。環境負荷として、従来の低圧室があるが、数億円と高価な上、出入りが面倒(圧力調整のため)という欠点がある。現代の選手のトレーニング量は限界に達しており、コンディショニングの維持の困難さあるいはスポーツ障害等の問題をはらんでいる。そのために量ではなく、質

を効果的に高められる高地トレーニング等の重要性が増す。そこで、本学にトレーニング環境シミュレータを作った。これは1990年始めフィンランドで開発されたアルプスルームがきっかけになり日本で改良されたものである。パイプで引くと大人数のトレーニング可能であり、睡眠・生活・読書などできる。これまで水泳、陸上競技、スピードスケート等多くの競技で取り入れられ、一定の成果が上げられている。 $\dot{V}O_2\text{max}$ 最大血中乳酸濃度、ウインゲイトテストでは差がなかったが、最大下作業時、乳酸が急激にたまり始めるOBLA強度での乳酸値が大幅に低下した。自転車競技の選手はトレーニング実験直後の競技会で自己新をだした。今後、適切な高度（酸素濃度）等の検討、トレーニング処方確立と共に最も重要な個人差に対する改善が図られていくであろう。さらにスポーツ競技により多様化していくことが予想される。

● 一般的筋力トレーニングから伸張・短縮サイクル（SSC）理論を応用した筋力・パワートレーニングへ

これまでパワー、筋力トレーニングに関して広範囲に進められてきたが、選手の筋肥大が優先課題であった。一方、筋肥大により最大筋力は向上したが、スピード、疾走速度や跳躍能力の改善には貢献しない面もあった。スピード能力やジャンプ系能力にはスクワットの筋力より、反動動作、リバウンドドロップ能力が大いに関係する事が知られていたが、その具体的な応用が長い間、課題であった。筋は伸ばされた後、収縮すると大きい力を効率よく出すことができる。つまり、伸張・短縮サイクル運動（Stretch Shortening Cycle Movement）により神経・筋連合系での能力を高めようとする考え方である。筋力トレーニングをすると様々な適応が起こる。筋量の増加、エネルギーの利用が高まり、神経系の要

素が向上、筋線維組成の変化、酵素活性の変化、ホルモン応答、酸素消費量、腱や靭帯などの結合組織、身体密度などが向上するわけである。神経系の適応要因として、運動単位の動員数が増え、同期化が重要で大きなパワーアップが期待できる。重要な要素は筋の太さを増すことであり、この方法により神経系に対する効果、伸張反射機構に対する効果、腱・靭帯に対する効果、運動技術に対する効果が期待できる。陸上競技の跳躍種目のトレーニングについて、筋力トレーニングによって最大筋力をアップすることより、重要な疾走速度や跳躍能力の向上に成功したケースを紹介する。この選手は大学入学後SSC理論によるトレーニングによって記録が上がりました。台の上から落ちてジャンプするボックスジャンプですと大きなエキセントリック筋出力が引き出せ、これがプライオメトリック運動です。スクワットトレーニングとプライオメトリック（ドロップ）ジャンプと比較すると、アイソメトリックの最大脚進展力では27%とスクワットのほうが大きいですが立ち上がりでは24%も（ドロップ）ジャンプで増大した。よって、素早く力を出す能力は（ドロップ）ジャンプトレーニングが有効である。筋電図をみると、主動筋のヒフク筋がトレーニングによって踏み切り局面において、反射機構が改善され大きな筋活動がみられている。プライオメトリックトレーニングの効果は連続ジャンプでの接地時間と跳躍高の比であらわすとよくわかる。日本の跳躍種目一流選手のリバウンドジャンプ能力はパワー指数として4.9にもなっています。これを目標に現在もトレーニングに励んでいる。今後のトレーニング方法として、身体内部の筋のかかわりを調べ、評価する方法が重要となろう。

● トレーニング事例のシステム化 Analytic Training から Holistic Trainingへ

金メダリストのトレーニングはほとんど公開されない。それは競技であり、勝敗にかかわるコーチ、監督の創造的アイデアは尊重されるべきものであり、通常秘密である。しかし、スポーツが文化的価値をもち、人間のトレーニングが科学的背景をもち、歴史的に継承発展していく創造性をもつ以上、グローバルな視点で公開されねば進歩は妨げられる。その意味でトレーニング過程のシステム化、問題解決の流れは重要な意味をもつ。それは目標の設定に始まり、現状把握、分析評価、トレーニング課題の設定、トレーニング手段・方法の設定、トレーニング計画としてプログラム化し、実行する。その過程でチェックし最終的に試合等の成績で評価するものである。本学の選手でシドニーオリンピックに出場するためのプロジェクトを紹介します。目標です。問題解決の流れです具体的なトレーニングに至るまでの問題発見と課題の設定です。休息期の問題発見と課題の設定です。

これら全体の構造から多くの問題が解決されることが示されつつある。

● 日本のサッカー競技にみるトレーニング理論と実際のシステム

サッカーにおいて、世界的にみて長い期間、経験に頼りすぎた指導がなされてきた。日本でも例外ではなく、組織的科学的トレーニングは遅れた。事実、1954年以降ワールドカップ出場に関しては11回にわたり、アジア予選敗退であった。1960年独のクラマー氏の指導により1964年東京五輪でベスト8、メキシコ五輪で銅メダルを獲得したが、以後日本のサッカーは低迷をみる。1993年プロサッカーリーグが始まり、急速なトレーニングの進展、組織化がなされた。そのポイントは科学的トレーニングであった。それを強力に進める

フィジカルコーチの存在であり、体力、身体能力を発達させ、競技力を国際的レベルに引き上げた。試合シーズンを目指した個別の体力要素（スキル系、パワー系、スタミナ系）の期分けトレーニング（periodization）、日本人に適した戦術の採用であった。さらに重要なのは、全国9地域にわけ年齢を4段階とし、有能な選手の発掘、発達理論に基づいた一貫したトレーニング計画と指導、さらに指導者のレベルアップであり、情報伝達の促進であった。現在、活躍している日本代表選手、中田、小野、稲本などはいずれもこの制度の中で養成された選手である。年齢や個人差、種目に応じたトレーニングマニュアルの課題が重要である。特に重要な少年期の中で、ゴールデンエイジとし、年齢に応じたスキルトレーニングを実行された。日本サッカー協会の選手の基本的な体力トレーニングこのように位置づけている。運動時間によってエネルギー供給系が違うことからサッカー固有の運動をみながらトレーニングを課すことが重要である。

● 発育期のトレーニング

子どもから成人にわたる長期のトレーニング計画に基づいた選手の一貫指導システムが各競技において期待されている。成長過程にある未成熟な運動器（骨、筋、腱等）に激しい運動刺激が与えられること（over-training）によってスポーツ障害が生ずる。個人差の大きい青少年について形態、運動能力を的確に把握し適正なトレーニングが必要である。また形態やジャンプ能力による早期の選手発掘法、サッカーの発育期別トレーニング法と練習システムはさらに詳細に検討されることが重要である。

以上、トレーニング理論と実際について近未来的な視点も含め概観してきた。重要な問題は国家の組織的支援であり、国立鹿屋体育

大学スポーツトレーニング教育研究センターと国立スポーツ科学センターの取り組みが期待される。今後、スポーツ競技にかかわる、生きた、重要な情報が現場サイドと科学サイド双方から交錯する状況がさらにすすむであろうし、個別のスポーツ科学がもたらすト

レーニング方法とその評価法の発達を促進しながら、それを選手・コーチを中心として統合的にとらえること、さらなるトレーニングフィールドとサイエンスの融合が重要になろう。

20世紀の科学・テクノロジーの進歩

1921 Energy Metabolism Nobel prize Runner 生理学研究 (Hill, A.V.)

1925 神経系の統合 Nobel prize Motor Unitを定義 (シェリントン)

1927~47 ハーバード疲労研究所 運動、栄養、健康の研究進歩

1950代 北欧の研究者クロー、クリステンセン、アスムッセン 筋生理学 米国 キュアトン 体力研究

1960代 オストランドにより運動中の筋代謝の研究

1966 ベルグストローム 筋の生検法 サルテイン筋構造と生化学

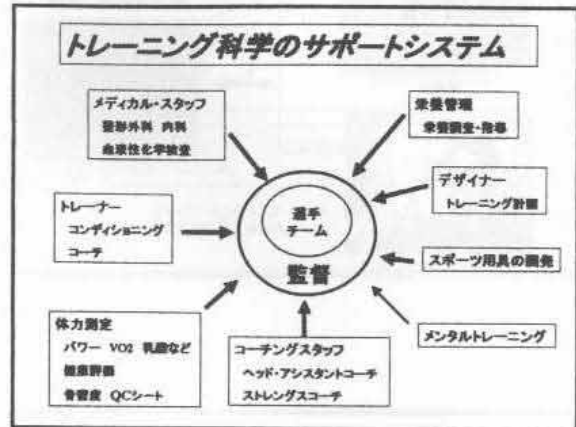
1967 Hislop たち Isokinetic 米国で紹介される

1970代 エジャートン 筋繊維の特性 ゴルニック 筋繊維の生化学

1971 Burke 筋繊維タイプの生理学的分類

1973 Komi 肘関節屈筋のカー速度曲線 伸強/短縮性収縮

1979 Fox 3つのエネルギー獲得機構 非乳酸・乳酸・有酸素性

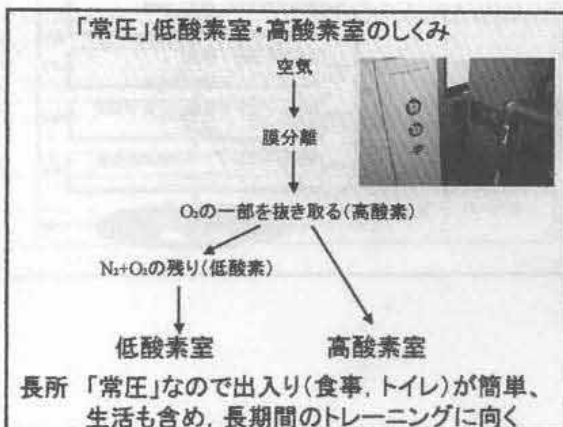


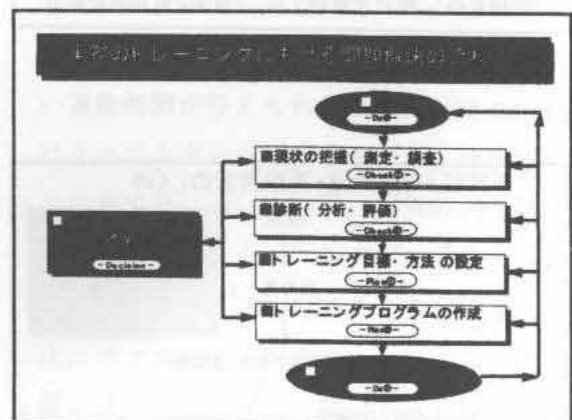
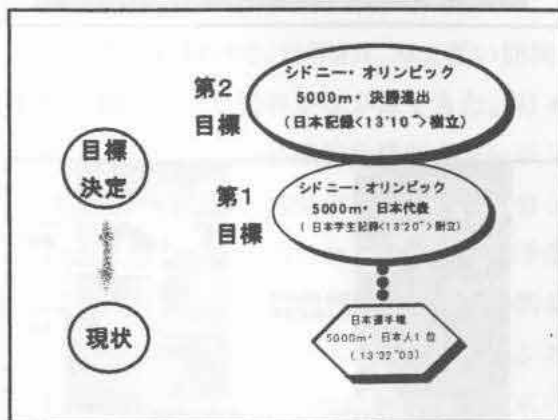
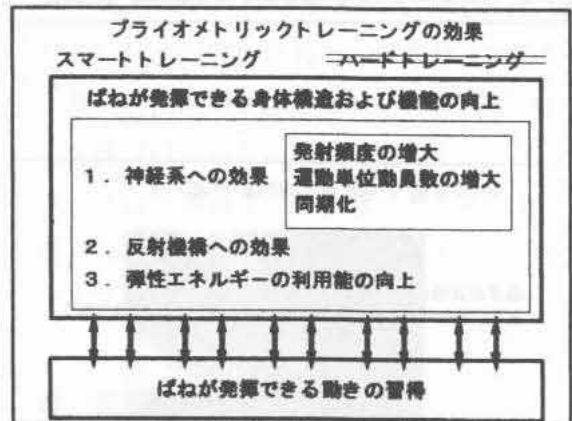
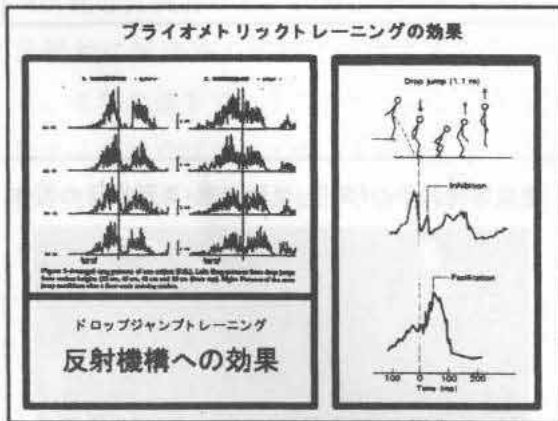
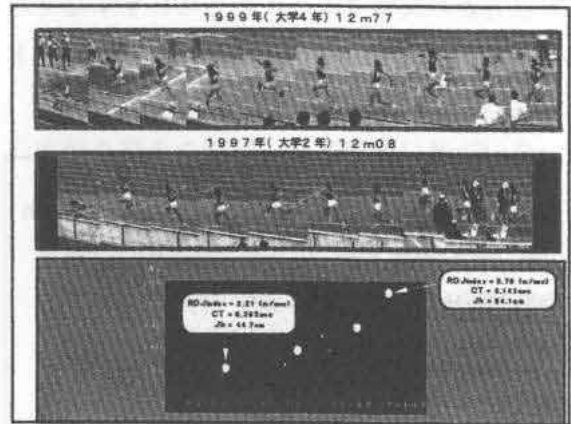
Training-High & Living-High

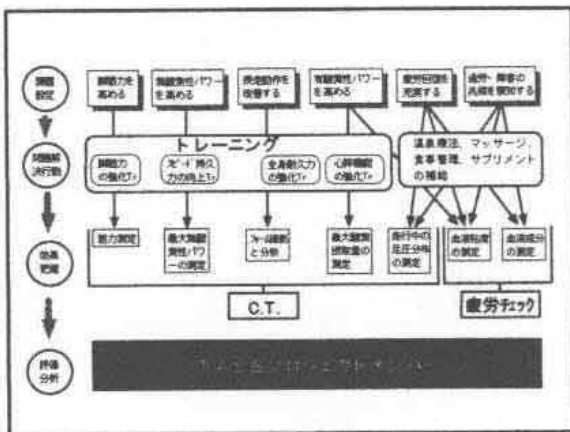
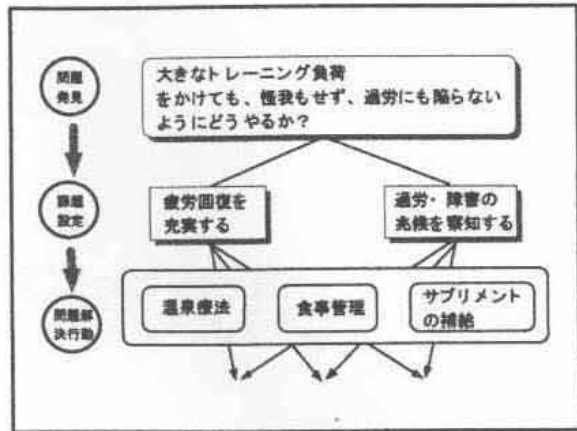
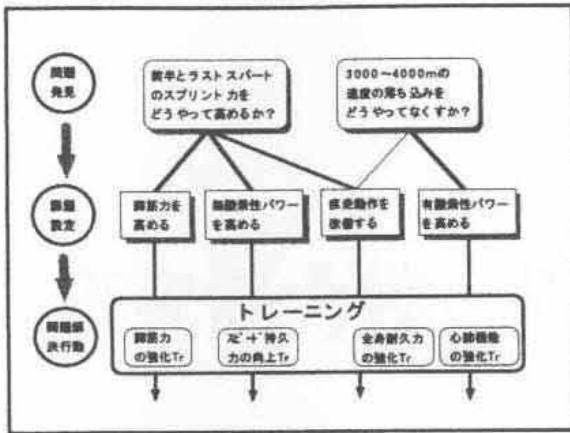
通常の高地
高地(2000m)

欠点

- ・スピードの低下
- ・トレーニング量の低下
- ・回復が悪く、疲労が蓄積する
- ・長距離の移動や環境の激変で体調を崩す
- ・時間と費用がかかる







サッカーのフィットネス・トレーニング

- 一般的持久性(ローパワー)
- スピードの持久性(ミドルパワー)
- 瞬発パワー(ハイパワー)
- 専門的持久性(ハイパワーの持久性)
- アジリティ(敏捷性)
- コーディネーション・バランス
- 筋力

資料: サッカーフィットネスの科学

エネルギー供給からみたサッカー競技の運動

運動時間	エネルギー供給機構	サッカーの運動(例)	パワーの種類
~30秒	非乳酸系	パワフルなシュート、タックル、ジャンプヘディング、ダッシュ、フェイント	ハイパワー
30秒~1分30秒	非乳酸系 + 乳酸系	オーバーラップ、カバーリング	ミドルパワー
1分30秒~3分	乳酸系 + 有酸素系	激しい連続的な動き等	
3分~	有酸素系	ゆっくりとしたポジションチェンジ、プレー間のつなぎの動き等	ローパワー

5~8歳 (Pre-Golden Age)

発達する神経回路に様々な刺激を与え、多種多様な動きを経験させる

9~12歳 (Golden Age)

神経系の発達がほぼ完成し、形態的にも安定し一生に一度だけ訪れる、「即座の習得」の時期で創造的な動きを身につける

13歳以降 (Post-Golden Age)

発育のスパート期で骨の急激な成長により、一時的に新たな技術を習得するには不利な時期