

おもな活動報告

- 7月 国民体育大会神奈川県代表選手健康診断（6月～9月）
体育会女子部員を対象とした、スポーツによる疲労骨折の調査（研究）
強くなるためのスポーツ医学基礎講座「筋トレ：ウェイトトレーニングの基礎知識」（7/4）
「セルフコンディショニング：ケガ予防のためのストレッチ」（7/11）
体育会スキー部 LT・体脂肪率測定
体育会蹴球部体脂肪率測定、血液検査
体育会レスリング部体脂肪率測定
体育会競走部血液検査
体育会スキー部（ランナー）VO₂・乳酸測定、体脂肪率測定
志木高等学校蹴球部体脂肪率測定
- 8月 体育会アメリカンフットボール部体脂肪率測定
体育会柔道部ブラシ検査・体脂肪率測定
- 9月 体育会レスリング部ブラシ検査、筋力測定、体脂肪率測定
体育会スキー部 LT・体脂肪率測定
体育会蹴球部体脂肪率
- 10月 強くなるためのスポーツ医学基礎講座「フィジカルデータをトレーニングに活かす：心拍数・乳酸値・VO₂」（10/3）
「足関節のケガ予防：シューズ選びからテーピングまで」（10/19）
「スポーツ現場での脳震盪：競技復帰までのルール」（10/24）
- 11月 強くなるためのスポーツ医学基礎講座「スポーツ傷害のリハビリテーションとリコンディショニング」（11/7）
「女性アスリートの健康と栄養」（11/28）
冬季国民体育大会神奈川県代表選手健康診断

特集

研究紹介

ナショナルトレーニングセンター 高地トレーニング強化拠点における 医科学サポートの紹介（2）

スポーツ医学研究センター 研究員／
NTC 高地トレーニング強化拠点 医科学ディレクター

伊藤 穰

（前号に続く）

4. 医科学サポートの具体例

(1) 血液検査

ある実業団女子バスケットボールチームにおける高地合宿前後での血液検査結果の例を図3に示した。本チームは、蔵王坊平アスリートヴィレッジ（NTC 高地トレーニング強化拠点）で合宿することが初めてであったが、合宿約1ヶ月前（4月）に実施した血液検査では、多くの選手の血中フェリチン濃度が低値を示した。基準値とした30ng/ml以上に達していたのは15名中3名だけであり、それ以外の選手は高地トレーニング

に臨むには貯蔵鉄が不足していると判断されたため、医療機関と連携して鉄剤を処方した。その結果、合宿約1週間前（事前測定から約3週間後）の再検査では、わずかではあるが多くの選手で改善がみられ、さらに合宿1週間後（事前測定から約5週間後）の検査では、ほとんどの選手のヘモグロビンとフェリチンの濃度が改善した。基準値をクリアし、合宿中に低酸素宿泊室を利用できた選手は4名しかいなかったものの、このチームは一人の体調不良者を出すことなく合宿を終えることができた。しかし、高地トレーニングを実施すること以前に、貧血のリスクを慢性的に抱えている選手が多いことが判明したため、

食事内容の改善を含めた日常の栄養摂取の仕方については、再検討する必要があることをチーム側に伝えた。

(2) 起床時コンディション測定

高地トレーニングは、平地でのトレーニングに比べて身体への負担が大きく、疲労が蓄積しやすいことから、平地以上に選手のコンディションに注意を払う必要がある。特に、低酸素宿泊室を利用するチームについては、原則として、起床時心拍数や動脈血酸素飽和度 (SpO₂)、尿比重など、身体コンディションの指標となる項目の測定を義務づけている (写真2)。

同じく女子バスケットボールチームにおける起床時コンディション測定の結果の一例を図4に示した。ここで、起床時の心拍数は、「全身の疲労度」の指標として、動脈血酸素飽和度 (SpO₂) は、「高地暴露の影響」および「神経系の疲労度」の指標としてモニタリングしており、いずれもパルスオキシメータ (コニカミノルタ社製 Pulsox3i) を用いて測定した。

約1週間の合宿中 (2017年6月5~11日)、選手の起床時の心拍数 (図4上) は、比較的大きく変動する選手 (選手C、選手Iなど)、あまり変動しない選手 (選手J、選手Kなど) とまちまちであったが、概して前半 (2~4日目) と後半 (5~7日) にかけて二峰性に上昇する傾向にあった (図の例では、6月6日が合宿2日目の起床時となる)。合宿5日目 (6月9日) にほとんどの選手の心拍数が低下しているが、これは前日 (6月8日) がトレーニングの休息日であったため、多くの選手で疲労度が低下したことを示唆している。一般的に、陸上競技の長距離選手などに比べて、他競技の選手では起床時心拍数の日

ごとの変動幅が大きいのが、疲労度を注意喚起するしきい値としては、合宿期間中における最も低い値から約20~25%程度の上昇した値に設定している (予め平常時の心拍数がわかるようならその数値を使うのが良い)。例えば、平常時の起床時心拍数が40拍/分の選手であれば48~50拍/分、60拍/分の選手であれば、72~75拍/分がしきい値となる。選手の起床時心拍数がこのしきい値を超えた場合には、チームの希望に応じてコーチまたは選手本人に伝え、他の指標や本人の自覚的疲労度も考慮しながら、トレーニング量を調節してもらうなどの判断をチーム側にしてもらうようにしている。

一方、起床時の動脈血酸素飽和度 (SpO₂) は、呼吸を司る自律神経系の疲労度の指標としてモニタリングしている。何人かの選手が低酸素宿泊室 (標高2,000m相当) に入っている影響はあるものの、合宿が進むにつれて、各選手のSpO₂は総じて低下していく傾向にあった (図4下)。このことは、1週間の高地暴露 (及びトレーニング) によって、選手の自律神経系についても徐々に疲労していたことを示唆している。なお、SpO₂の注意喚起のしきい値としては、本拠点では標高1,000mで95.0%未満、標高2,000mで94.0%未満を一つの目安としている。これらのしきい値を下回った選手については、トレーニングの合間に本施設に設置されている高気圧キャビン (1.3気圧) に入れるなどして低酸素暴露から一度解放するよう指導している。こうすることで次の日の起床時SpO₂が上昇する傾向にあることも確認されており、このことは、一時的な高気圧暴露が、自律神経系の疲労の回復に有効である可能性を示唆しているものと考えている。

合宿前日	氏名	高トレ前① 2017/4/22-25				高トレ前② 2017/5/12				高トレ後 2017/5/30					
		ヘモグロビン	ヘマトクリット	血酸素	尿比重	ヘモグロビン	ヘマトクリット	血酸素	尿比重	ヘモグロビン	ヘマトクリット	血酸素	尿比重		
△	選手A	12.7	8	45	10以下	2錠/日	13.1	17	81	10以下	→	14.2	17	110	27
○	選手B	12.2	33	107	10以下							13.8	50	137	32
△	選手C	12.8	19	31	75	2錠/日	12.9	21	155	45	→	14.5	23	131	88
△	選手D	12.3	31	92	24							13.3	40	62	89
△	選手E	12.0	23	103	10以下	1錠/日	12.7	10	174	11	→	13.1	35	76	42
△	選手F	12.6	18	96	10以下	1錠/日	12.6	23	70	10以下	→	13.3	33	60	35
○	選手G	13.6	26	113	10以下	1錠/日	13.4	31	75	10以下	→	13.8	45	122	10以下
○	選手H	13.2	37	97	10以下							13.8	55	155	47
△	選手I	12.3	8	60	80	2錠/日	12.6	22	196	25	→	13.6	15	115	36
△	選手J	12.6	17	117	10以下	1錠/日	12.8	23	62	21	→	13.9	32	154	60
△	選手K	13.3	27	53	10以下	1錠/日	13.7	23	122	26	→	15.1	31	115	40
△	選手L	13.7	21	100	10以下	1錠/日	13.1	29	95	10以下	→	14.6	40	62	70
△	選手M	13.6	21	157	44	1錠/日	13.4	27	97	29	→	14.2	28	123	40
△	選手N	12.3	19	87	18	1錠/日	12.0	28	48	24	→	13.9	25	62	57
△	選手O	13.0	6	42	11	2錠/日	13.0	15	47	19	→	14.3	25	141	41

図3. 血液検査結果の一例 (女子バスケットボールチーム)



写真2. 起床時コンディション測定の様子

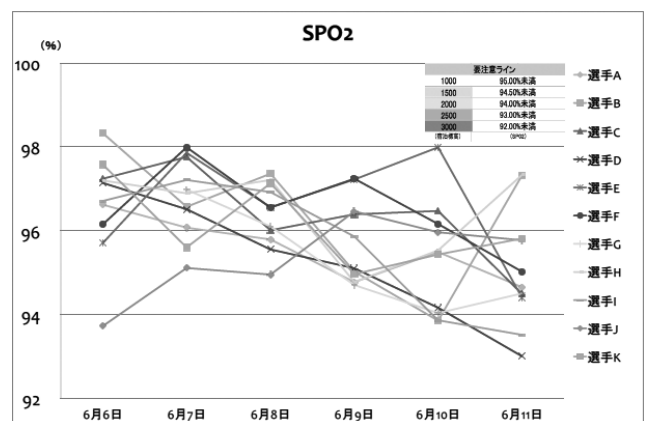
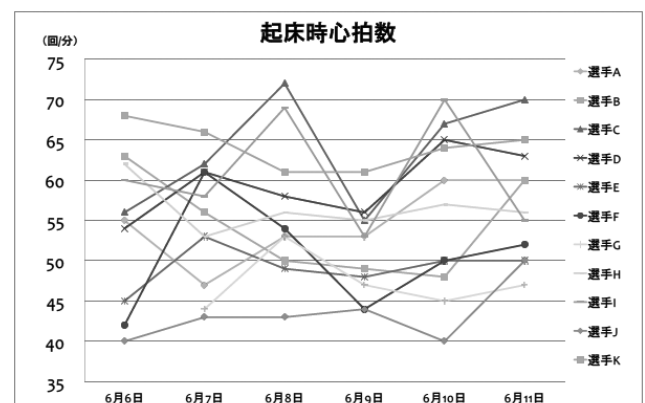


図4. 起床時コンディション測定結果の一例

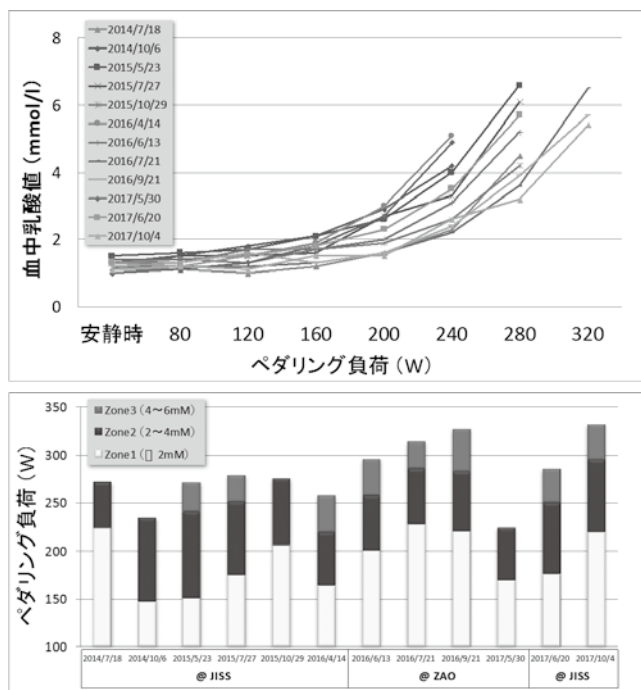


図5. 乳酸カーブテストの結果の一例

(3) 乳酸カーブテスト

蔵王坊平NTCにて実施できるスポーツ科学的測定のうち、多くの選手・チームが実施している測定の一つが「乳酸カーブテスト」である。このテストは、いくつかの異なる運動負荷（ステージ）で3～4分ずつの運動を行い、それぞれのステージ毎に指尖や耳朶から採血を行い、血中の乳酸値を測定していくというテストである。徐々に運動負荷を大きくしていき、どれくらいの負荷から血中に乳酸が蓄積し始めるかを調べることによって、有酸素性の持久力（および乳酸の利用能力）が評価できるとともに、年間の各トレーニング期における目的に応じた適切な運動負荷を算出・提示することが可能である。

図5に、スノーボードアルペン平昌オリンピック代表選手の事例を示した。この選手は、国立スポーツ科学センター（JISS）と本施設において、全く同じプロトコル（自転車エルゴメータを用いた漸増負荷運動）で継続的に測定を実施していたため、ソチオリンピック（2014年）直後から平昌オリンピック（2018年）までの4年間の推移を観察することができる。自転車のペダリング負荷（W）と血中乳酸値との関係（乳酸カーブ）をみると（図5上）、4年間の中でかなりの変動があったことがわかる。例えば、同じペダリング負荷240Wであっても、ある時は血中乳酸値が2mmol/l程度なのに対して、またある時は5mmol/l以上の値を示していたこともあった。このことは、測定の時期によって選手の持続的なコンディションが異なり、同じ目的でトレーニングを行うには、そのコンディションに応じた負荷設定をしていく必要があることを示唆している。

図5の下図は、それぞれの乳酸カーブテストの結果を、血中乳酸値に対する「相対的な運動負荷」としてゾーン化して示したものである。すなわち、血中乳酸濃値が2mmol/lに達するまでの運動負荷の領域を“Zone1（白）”、2～4mmol/lの領域を

“Zone2（黒）”、4～6mmolの領域を“Zone3（グレー）”と設定し、積み上げの棒グラフとして示した。これを見ると、特に最大下における持続的なコンディションを表すZone1のペダリング負荷が、毎年、春から秋にかけて増加し、また次の年の春には低下している様子がよくわかる。冬季を競技シーズンとするスノーボード選手にとって、春から夏（5～7月頃）にかけては、有酸素性の持久力を含む基礎体力の向上が主な目的となるため、出来るだけ多くの時間を持続的トレーニングに費やす必要がある。しかし、Zone2以上の負荷では、乳酸の産生にともなって筋グリコーゲンが減少してしまうため、結果として多くのトレーニング量を確保することは困難である。そのため、この選手には、春から夏にかけては、Zone1の運動負荷を用いて約600分/週程度のトレーニング量を確保するよう推奨した。

一方、スノーボード競技自体は、比較的強度が高い運動であるため、夏から秋にかけては徐々に運動強度を高く（量は徐々に少なく）していくことが望ましい。具体的には、Zone2の負荷を用いたインターバルトレーニング（主に呼吸循環系の強化を目的としたトレーニング）や、Zone3以上の負荷を用いたレペティショントレーニング（主に骨格筋の適応を目的としたトレーニング）などを行った。その結果、2017/18のオリンピックシーズンに入る直前（2017年10月）の乳酸カーブテストでは、過去最高のパフォーマンスを発揮した（図5下）。最高の状態でシーズンを迎えられたことが、2018年1月のワールドカップシリーズにて平昌オリンピックの出場権を獲得できたことに少なからずつながったと考えている。

このように年間のトレーニングプランの中に、うまく乳酸カーブテストによる評価を組み込み、適切な運動負荷を用いて計画的にトレーニングを行っていくことは、多くの競技選手にとって非常に有効な手段であると考えられる。

5. 今後に向けて ～おわりに～

本稿では、高地トレーニングのナショナルトレーニングセンターとしてスポーツ庁からの指定を受けている蔵王坊平アスリートヴィレッジにおける医科学サポート内容およびその具体例について情報提供してきた。東京北区の味の素ナショナルトレーニングセンターや国立スポーツ科学センター（JISS）と比較すると、設備、マンパワーいずれの面においても圧倒的に規模は小さいものの、現場のニーズを最優先し、各種測定の結果を出来るだけ早くフィードバックするという点では、他のどこにも負けないトレーニング拠点であると自負している。民間の資本を投じて、「アスリートリカバリーセンター（温泉付帯施設）」を建設するという計画も着々と進行しており（2020年3月完成予定）、今後、ますます多くのトップアスリートが合宿に訪れることが期待される。2020年の東京オリンピックを契機に、また、その後のさらなるスポーツ界の発展に向けても、「高地トレーニング」と「医科学サポート」を通じて、出来るだけ多くのアスリートのパフォーマンス向上に貢献できるよう尽力していきたいと考えている。

— 体育会学生を対象とした血液検査のご報告 —

スポーツ医学研究センターでは、「2018年度体育会学生を対象とした血液検査」を6月4日、6日、7日、8日の4日間で実施しました。この検査は、貧血関連項目として末梢血〔白血球数、赤血球数、ヘモグロビン量 (Hb)、ヘマトクリット値など〕と血清鉄値 (Fe) の測定を行い貧血の有無を調べます。また、肝機能を中心とした生化学項目 (GOT、GPT) の測定も行います。年に1回の基本的なメディカルチェックとして体育会部員に勧めています。

本年度は、1010名 (うち男子727名、女子283名) の体育会部員に行いました。このうち、貧血関連項目が基準値を満たし、当センターの判定基準で、「貧血に関して異常は認められない」(男 Hb \geq 13.5mg/dlかつ Fe \geq 50 μ g/dl、女 Hb \geq 11.5mg/dlかつ Fe \geq 40 μ g/dl) と判定された学生は男子692名 (95.2%) 女子256名 (90.5%) でした。一方、「貧血」(男 Hb $<$ 12.5mg/dl、女 Hb $<$ 11.0mg/dl) が認められ、面談指示を出した学生は、男子0名 (0.0%)、女子3名 (1.06%) でした。「軽度の貧血」または「Hb低下」(男 12.5 \leq Hb $<$ 13.5mg/dl、女 11.0 \leq Hb $<$ 11.5mg/dl) と判定された学生は男子6名 (0.8%) 女子1名 (0.4%) でした。また、Hbは十分量を満たしていても、Feが低下している「貧血予備軍」(男 Fe $<$ 50 μ g/dl、女 Fe $<$ 40 μ g/dl) が男子29名 (4.0%) 女子23名 (8.1%) に見られました。

例年に比べて、貧血が少ない結果となっています。これは、医学部との共同研究「女子体育会学生を対象としたスポーツによる疲労骨折の調査」で、女子部員の一部が協力者となり採血を行っており、こちらで貧血のフォローを行っている部員がいるためでもあります。

さて、スポーツ医学研究センターでは開設当初より体育会部員に対する血液検査を行ってきました。検査項目の変更はありましたが、スポーツによる「貧血」の有無を確認することが一番の目的であることは変わりありません。一般的に、スポーツ選手は貧血に陥りやすいとされていますが、実は否定的な意見も多く、特に女性アスリートの貧血の頻度は一般女性と比べても大きくは変わらないとの報告があります。そのような状況において、私たちが体育会部員に「貧血」のスクリーニング検査を勧めている理由は、貧血すなわち Hb の低下は酸素運搬能力の低下につながり、運動パフォーマンス (とくに持久系運動)

に影響を及ぼすためです。さらに、アスリートへの影響が大きいにもかかわらず、急激に貧血が進んだ場合を除いて自覚症状が少なく、自分ではなかなか貧血に気づきにくいからです。

例えば、Hbが10mg/dlを切っている選手でも、血液検査で指摘されるまで自分が貧血であることに気づかずに練習に参加しています。

このような部員に「運動選手の貧血の症状は、よく言われる立ちくらみではなく、練習をこなせない、走れないなどで現れます」と伝えると、「自分は体力がないのだと思っていた」、運動はおろか「階段を上るのがきつい」と、普段感じていた不調の原因が貧血にあることに初めて気づき驚きます。尚且つ、血液データを提示し面談を行っても、貧血であることを自覚できない部員もいますが、鉄剤を服用して体調が改善されると、貧血時の辛さに気づくようです。

貧血は鉄剤を服用すれば比較的容易に治療が可能です。ですので、貧血のせいで本来のパフォーマンスを発揮できていない、きつい練習をこなせずに貴重な競技生活を無駄にしているのはとてももったいないことあり、早期発見しすぐに治療を開始すべきです。

その一方で、貧血の根本的治療にはそれなりの根気が必要です。鉄剤の服用をはじめると、血清鉄値やヘモグロビン量は早い段階で増加し始め症状の改善も感じられます。しかし、貯蔵鉄と言われるフェリチンが十分量体内に蓄えられるまで少なくとも3ヶ月は服用する必要があり、医師の処方どおりに鉄剤を服用後、血液検査でフェリチンを含めた貧血関連項目が改善していることを確認して治療終了となります。さらに、貧血には必ず原因があり、女子部員の場合であれば月経過多などの婦人科疾患のフォロー、また並行して食事の改善や生活習慣の見直しが必要です。

そのため、自己判断で服薬を中止してしまう部員もあり、翌年以降に再発して来所することも珍しくありません。貧血によるデメリットと治療により得られるメリットを感じられた部員ほど治療のコンプライアンスは高くなるので、やはり持久系運動部員の方が治療に積極的ですが、その他の部員も、貧血の改善により必ず日常生活の質も改善します。大学競技生活が安全で充実したものであるために、これからも定期的な検査のすすめと貧血改善のメリットを伝えていきたいと思えます。