

## 〈学内共同研究要約〉

## GPS を用いた屋外スポーツ競技中のエネルギー消費量の推定

○石原美彦（運動生理学研究室）、吉村雅文、前鼻啓文、井口裕貴（サッカー研究室）

## 【背景】

スポーツ競技中におけるエネルギー消費量（EE）を推定する際、心拍数-酸素摂取量（HR-Vo<sub>2</sub>）関係を用いて心拍数より推定する方法（HR法）が利用されてきた（Achten et al. 2003）。しかしながら、心理的影響、体温上昇、姿勢変化、あるいは脱水などが心拍数を上昇させるため、長時間運動を強いられる競技やその試合中では、HR法からエネルギー消費量を推定した場合、過大に評価してしまうことが懸念される（Castagna et al. 2007）。また、間欠的運動では心拍数が下がりきる前に次の高強度運動が行われるため、同様のことが考えられる。一方で、物理的な運動のスピードからEEを推定する方法（Speed法）もあり、これらを併用し、違いについて比較・検討することで、より正確なEEの推定法が明らかとなる。また、この物理的なスピードを定量する手段として、近年、間欠的で長時間におよぶスポーツ競技（サッカー、ラグビー等）で使用されるようになってきた Global Positioning System（GPS）を利用した方法がある。そこで本研究は、呼吸代謝法、HR法およびGPSを用いたSpeed法の3つの測定を併用し、間欠的運動中のエネルギー消費量を比較・検証することを目的とした。

## 【方法】

大学サッカー選手を対象に45分間の間欠的なフィールドテスト（Copenhagen Soccer Test: CST；以下CST45）を実施した。このテストはサッカーゲーム中の選手の活動プロフィールを基にシミュレートされたテストである（Bendixen et al. 2012）。テレメトリ式呼吸代謝計測器（K4b2）を用いての呼吸代謝を、携帯型心拍計（Polar T34）を用いて心拍変動を、15 Hz GPS デバイス（SPI-Pro X2）を

用いて移動スピードを測定した。なお各変数は1分間の平均値より比較し、呼吸代謝測定法で得られた値を基準値とした。また別途トレッドミルによる運動負荷試験を実施し、HR-Vo<sub>2</sub> および Speed-Vo<sub>2</sub> 関係式を算出し CST45中の心拍数およびスピードから酸素摂取量を推定した。得られた酸素摂取量から酸素1Lあたり5 kcalの熱量に等しいとしてEEを算出した。

## 【結果】

CST45における選手の心拍数および移動速度はそれぞれ162±9 拍/分および7.6±0.3 km/hであり、移動距離は5606±74 mであった。この結果は実際のサッカーゲームの前半と同等の値であった。呼吸代謝法、HR法およびSpeed法におけるCST45中の酸素摂取量はそれぞれ、2.6±0.2 L/分、2.7±0.2 L/分および1.7±0.1 L/分であり、EEに換算すると、12.8±0.9 kcal/分、13.0±0.7 kcal/分および8.3±0.3 kcal/分であった。

## 【結語】

本研究の結果から、EEの推定値は高い方からHR法>直接法>Speed法の順となり、特にSpeed法は呼吸代謝法に比べて過小に評価することが確認された。しかしながら、今回用いた45分の間欠的運動は、体温上昇や脱水状態がHRに影響するほどの運動量でなかったことが推察され、このためHR法が呼吸代謝法に近い値となった。このことから、45分程度の運動では間欠的運動であってもHR法を用いたEEの推定は有効な手段であり、また、Speed法からの推定は低く見積もる点を考慮しなければならない。今後はより詳細な測定・分析を行い、GPSの応用性をさらに検証していく。

## 最大下および最大走運動中の呼吸筋における酸素動態

○北田友治, 村田亮馬, 内藤久士 (運動生理学研究室), 仲村 明 (陸上競技研究室)

### 【背景】

持続的な高強度運動において高まった呼吸筋の酸素需要によって, 下肢の酸素供給が低下し, 運動パフォーマンスが制限されることが報告されている. したがって, そのような運動時の呼吸筋における情報を考慮することは, 運動パフォーマンス向上のための策を練るうえで, 重要であると考えられる. 近年では, 近赤外線分光法 (NIRS) を用いて呼吸筋における酸素動態を観察することで, 運動パフォーマンスの制限メカニズムを探る研究がいくつか報告されている. しかし, それらは自転車運動から得られた結果であるため, 走種目の競技者にとっては, 走運動における検討が必要である.

### 【目的】

本研究は, 走競技者による最大下および最大走運動中の呼吸筋および下肢骨格筋における酸素動態を調べることを目的とした.

### 【方法】

男子中距離走者10名 ( $\dot{V}O_{2max}$ :  $60.5 \pm 4.2 \text{ ml} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ ) は, 予め携帯型 NIRS のプローブを左の肋間筋 (第7肋間) および外側広筋 (膝蓋骨上15 cm) に貼付され, 採気マスクを装着した後, 速度を漸増させたトレッドミル上を疲労困憊に至るまで走行した. 肋間筋および外側広筋からは, 酸素化 (oxyHb/Mb), 脱酸素化 (deoxyHb/Mb) および総ヘモグロビン/ミオグロビン (totalHb/Mb) を, 呼吸からは, 換気に関わる指標を測定した. また, 漸増走の前後には, スパイロメータを用いて, 最大吸気圧 (MIP) および最大呼気圧 (MEP) を測定した. なお, NIRS によって測定された値は, 被験者間および被験筋間での比較が行えるよう, 画像診断装置を用いて, 各対象部位の皮下脂肪厚 (肋間筋:  $3.6 \pm 0.6 \text{ mm}$ , 外側広筋:  $3.1 \pm 0.6 \text{ mm}$ ) を測定することで補正された.

### 【結果】

トレッドミル漸増走後の MEP においては, 有意な低下は見られなかった ( $-9\%$ ,  $p=0.13$ ) が, MIP においては, 有意な低下が見られた ( $-22\%$ ,  $p<0.05$ , 図1). 走速度 (強度) の増加に対する肋間筋および外側広筋における oxyHb/Mb は, 呼吸性代償閾値 ( $89.9 \pm 5.8\% \dot{V}O_{2max}$ ) 付

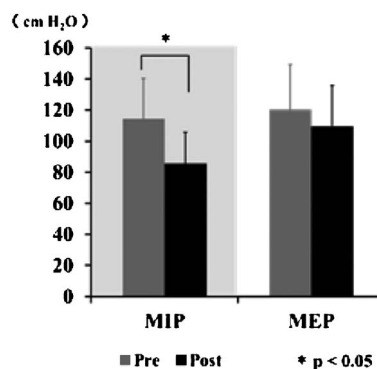


図1 漸増走前後のMIP及びMEP

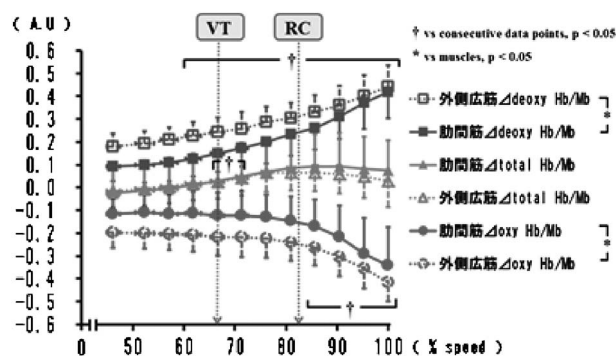


図2 漸増走中の肋間筋および外側広筋における酸素動態

近から急激に減少し, deoxyHb/Mb は, 換気性作業閾値 ( $73.1 \pm 6.6\% \dot{V}O_{2max}$ ) 付近から増加した (図2). しかし, 安静時を基準としたそれらの変化幅は, 外側広筋と比べて肋間筋において有意に小さかった ( $p<0.05$ ). また, 両筋における totalHb/Mb は, 換気性作業閾値付近で増加し, 疲労困憊に至るまでそのレベルを維持した.

### 【結論】

走競技者によるトレッドミル漸増走中の肋間筋および外側広筋における酸素動態は, 筋間において変化幅に違いがあるものの, 走速度の増加に対して同様に推移し, 換気が亢進するポイントで急激な変化を示す.

## 内科的疾患のリスク因子の有無がスポーツ選手の血液性状とエネルギー代謝に与える影響

○長谷川智美, 町田修一, 小林茂人, 内藤久士

## 【目的】

定期的な運動は糖尿病や脂質異常症などの内科的疾患の予防に効果的であることが知られている。スポーツ選手は、同年代の一般人と比べて内科的疾患に罹患しにくいと考えられている。一方で、スポーツ選手の中には内科的疾患のリスク因子であるインスリン抵抗性などに罹患する可能性が高いことが報告されている。これまでにスポーツ選手に対して75 gブドウ糖負荷試験 (OGTT) を実施した先行研究は見受けられるが、インスリン抵抗性を有するスポーツ選手の糖代謝を検討した研究はほとんどない。さらに、インスリン抵抗性の原因が食事ではないかと言われているが、インスリン抵抗性を有しているスポーツ選手に対して食事を摂取させた時のエネルギー代謝や血液性状がどのような変化をするのか明らかにした先行研究は見当たらない。そこで、インスリン抵抗性を有するスポーツ選手を対象に、食事を摂取した時の血液性状およびエネルギー代謝の変化を明らかにすることを目的とした。

## 【方法】

被験者は、大学陸上部投擲ブロックに所属する男性選手10名を対象とした。インスリン抵抗性は、空腹時血中インスリンおよび血糖値から HOMA-R を算出し、2.5を上回る群を高 HOMA-R 群とし、それ以下を低 HOMA-R 群と分類した。

糖代謝の状態を把握する為に75 gOGTTを実施した。測定スケジュールは前日の夕食からコントロールし、当日の朝に空腹状態で採血した後、75 gブドウ糖摂取後30分、60分、120分の計4回採血を実施した。

食事摂取後の変化を調べる測定では、75 gOGTTと同様に実施し、食事摂取前と摂取後30分、60分、120分、180分の計5回採血を実施した。食事内容は、炭水化物の必要

量として体重1 kg当たり5 g以上を満たした食事内容とした。

食事摂取後のエネルギー代謝は、呼気ガス分析器を用いて空腹時と摂取後150分の2回測定した。食後のエネルギー代謝と血液性状の関連性を検討するために、摂取後120分と180分の血液性状の値を平均し、その値を各被験者の食後のエネルギー代謝の代表値として用いた。

## 【結果】

被験者10名のうち、3名が高 HOMA-R 群、それ以外の7名が低 HOMA-R 群であった。

75 gOGTT では、正常範囲内を変動し、2群間には有意な差はなかった。一方、食事では、時間経過に伴う血液性状の変化は2群間に有意な差は認められなかった。しかし、中性脂肪は高 HOMA-R 群において時間経過に伴い上昇する傾向が示された。

空腹時と食後150分における2群間の違いに関しては、血中グルコースは、食後150分が高 HOMA-R 群の方が有意に高値を示した ( $p < 0.05$ )。血中インスリンは、空腹時および食後150分が高 HOMA-R 群の方が有意に高値を示した ( $p < 0.05$ ,  $p < 0.001$ )。呼吸商は、空腹時において高 HOMA-R 群が低 HOMA-R 群よりも有意に高値を示し ( $p < 0.05$ )、食後150分経過していても高 HOMA-R 群では空腹時と同レベルの値であった。

## 【考察】

内科的疾患のリスク因子であるインスリン抵抗性を有するスポーツ選手では、食事摂取後に代償的な高インスリン状態となり、脂質代謝の利用が低下することで、体脂肪を蓄積させる可能性があることが示唆された。各選手自身の内科的疾患のリスク因子となる糖代謝の状態を把握することも重要である。

## 筋電気刺激が筋タンパク質合成に関わるシグナル伝達経路に与える影響

○棗寿喜, 尾崎隼朗, 吉原利典, 小林裕幸, 内藤久士 (運動生理学研究室)

### 【背景】

レジスタンストレーニングや筋電気刺激を長期間にわたり実施することによって骨格筋の肥大を導くことが可能である。レジスタンストレーニングによって生じる筋肥大には細胞内シグナル伝達経路である mammalian target of rapamycin (mTOR) 経路と mitogen-activated protein kinase (MAPK) が重要な働きを担っていることが明らかにされている。しかしながら、ヒト骨格筋に対する筋電気刺激が筋肥大に関わるそれらのシグナル伝達経路を活性化するかについては明らかでない。

### 【目的】

本研究は筋電気刺激が筋肥大に関与するとされている骨格筋の細胞内シグナル伝達経路の活性化に与える影響について検討することを目的とした。

### 【方法】

被験者の両脚をそれぞれ筋電気刺激条件と随意収縮条件に無作為に振り分けた。両条件ともに事前に筋機能評価装置 (Biodex System 3) を使用して膝伸展の等尺性最大筋力 (MVC) を計測した。筋電気刺激条件は、大腿部の内側広筋・外側広筋・大腿直筋に電極パッドを貼付した状態

で、携帯型の電気刺激装置 (Compex Sports) の筋力強化プログラム (周波数75 Hz, パルス幅400  $\mu$ s, duty cycle on6.25s:off20s) を使用し、耐えられる最大電流を加えることによって等尺性収縮を40回実施した。随意収縮条件は、筋電気刺激条件に相対的に発揮する筋力レベル (% MVC) が同じになるように等尺性の膝伸展運動を40回実施した。筋生検は、大腿四頭筋外側部に安静時、運動直後および2時間後に実施し、ウェスタンブロット法を用いて筋タンパク質合成に関与するシグナル伝達物質を分析した。

### 【結果】

筋肥大に関与する mTOR 経路の主要なシグナル伝達物質である S6K1 および MAPK の主要なシグナル伝達物質である ERK1/2 のリン酸化率は、両条件とも運動直後および2時間後に増加した ( $p < 0.05$ )。また、運動直後および2時間後における S6K1 と ERK1/2 リン酸化率は、随意収縮条件と比較して筋電気刺激条件が高値を示した ( $p < 0.05$ )。

### 【結論】

筋電気刺激による筋収縮は、発揮した筋力レベルが等しい随意収縮より mTOR 経路および MAPK を活性化する。

## ディトレーニング中の冷却処置が筋力および筋量に及ぼす影響

○遠藤慎也, 桜庭景植, 鹿倉二郎

### 【背景】

長期間筋力トレーニングを継続していても、2週間トレーニングを中断するだけで、筋は約6.4%萎縮する(Hortobagyi et al. 1993)。よって、トレーニング効果を維持するためにも、ディトレーニングによって生じる筋萎縮や筋力低下を防ぐことは重要であると考えられる。冷水による冷却刺激は、不活動による筋萎縮を抑制することから、我々は定期的に筋を冷却することが、ディトレーニングによって生じる筋力低下や筋萎縮を抑制すると考えた。

### 【目的】

本研究の目的は、冷却処置がディトレーニングによって生じる筋力低下や筋萎縮に及ぼす影響を明らかにすることとした。

### 【方法】

健康男性6名を対象に、週3回6週間の肘関節屈曲トレーニングを実施した。その後、上肢の運動を日常生活程度に制限し、3週間のディトレーニング期間を設けた。ディトレーニング中、片側の腕は上腕内側部を1日30分間アイスバッグにより冷却し(ICE条件)、反対側はコントロール(CON条件)とした。

測定項目は、短縮性収縮下角速度毎秒60, 120度(CC60, CC120)および等尺性収縮(IM)の最大トルク、上腕部の周囲径および筋横断面積(CSA)とした。各項目は、トレーニング前(PRE)、トレーニング後(POST)、ディトレーニング1週目(D1)、2週目(D2)、3週目(D3)に測定した。

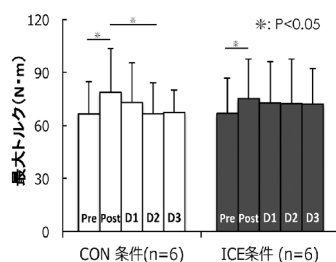
### 【結果】

IMは、トレーニング後において両条件ともに有意に増加した(CON条件:  $118.0 \pm 13.6\%$ , ICE条件:  $112.5 \pm 2.4$

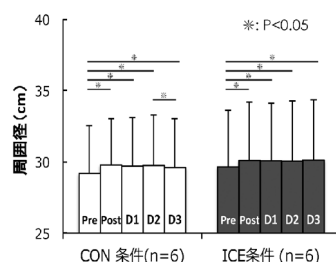
$\%$ ) ( $P < 0.05$ )。CON条件は、POST ( $78.8 \pm 24.8 \text{ N} \cdot \text{m}$ )と比較して、D2 ( $66.6 \pm 17.4 \text{ N} \cdot \text{m}$ )で有意な減少がみられた( $P < 0.05$ )。周囲径は、トレーニング後において両条件ともに有意に増加した(CON条件:  $102.1 \pm 1.0\%$ , ICE条件:  $101.4 \pm 0.7\%$ ) ( $P < 0.05$ )。CON条件は、D2 ( $29.8 \pm 3.5 \text{ cm}$ )と比較して、D3 ( $29.6 \pm 3.4 \text{ cm}$ )で有意な減少がみられた( $P < 0.05$ )。CSAは、トレーニング後において両条件ともに有意に増加し(CON条件:  $108.5 \pm 3.3\%$ , ICE条件:  $107.9 \pm 2.2\%$ ) ( $P < 0.05$ )、両条件ともにトレーニング後には有意に減少する傾向がみられた。しかしながら、全ての測定項目において条件間に有意差はみられなかった。

### 【考察】

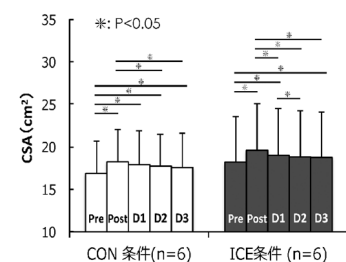
本研究では、週3回6週間の肘関節屈曲トレーニングによって筋力と上腕部の周囲径および筋横断面積は増大した。トレーニング後においてIMのみ向上したのは、トレーニングの収縮様式が等尺性収縮であったことが要因であると考えた。トレーニングによって増大した筋力や上腕部の周囲径および筋横断面積は、トレーニングの中断により低下したものの、トレーニングの中断から3週間が経過しても、トレーニング前よりも高値を示し、トレーニング効果は持続していたと考えられる。一方、ディトレーニング中の冷却により、IMと周囲径の低下はみられず、筋力低下や筋萎縮を抑制する可能性が考えられたが、各条件の変化に差異はみられなかったことから冷却の影響は弱かったと考えられる。よって、1日30分間の冷却がディトレーニングによる筋力低下や筋萎縮を抑制する可能性が示唆されたが、完全に抑制することはできなかった。



各条件におけるIMの変化



各条件における周囲径の変化



各条件におけるCSAの変化

## 日本のサッカー競技者におけるアスリート・バーンアウトとアスリート・エンゲージメントの関連

○上村 明, 広沢正孝, 川田裕次郎, 鈴木美奈子, 山田 快

## 【背景】

アスリートのバーンアウトシンドローム（アスリート・バーンアウト）は、ハイレベルアスリートの減少（Feigley, 1984）、オーバートレーニング（Silva, 1990）、競技生活のみならず日常生活まで波及する深刻な精神問題（岸・中込, 1989）、不健全なキャリア・トランジション（山田, 2007）、アスリートの精神医学的な問題（永島, 2007）などとの関連が指摘されており、いくつかの精神障害・心理的問題の入口となる危険を秘めている。これまでの多くの研究は、アスリート・バーンアウトをネガティブな状態と捉え、その発症のプロセスや原因、治療する方法という視点から研究がなされてきた（Raedeke & Smith, 2004）。しかし、こころの健康は、単に病気がないこと以上のものとして捉えるべきであり（Seligman & Csikszentmihalyi, 2000）、弱さだけでなく強みの研究も含むべきであるといえる（Frederickson, 2001）。したがって、アスリート・バーンアウトの問題を、弱さ（アスリート・バーンアウト）と強み（アスリート・エンゲージメント）という2つの側面から捉え（Raedeke & Smith, 2004）、ポジティブな側面の強みを伸ばすことによるバーンアウトの抑制は重要な課題といえよう。そこで本研究は、アスリート・バーンアウトとアスリート・エンゲージメントの関連について明らかにするため、①日本語版 Athlete Burnout Questionnaire を作成し、信頼性と妥当性の検証する、②日本語版 Athlete Engagement Questionnaire を作成し、その信頼性を検証する、③アスリート・バーンアウトとアスリート・エンゲージメントの関連を検討することを目的とした。

## 【方法】

2015年2月に日本の14歳～25歳までの年間9か月以上トレーニングを行っているサッカー競技者約500名を対象に質問紙調査を行った。調査に先立ち、Raedeke (2001) が開発した Athlete Burnout Questionnaire (ABQ) および Lonsdale (2007a) が開発した Athlete Engagement Ques-

tionnaire (AEQ) を著者に承諾を得て邦訳を行った。邦訳は、原版の著者の承諾を得たのち、研究代表者および心理学の専門家2名により翻訳が行われた。邦訳された項目は、英語を母国語とする専門家によりバックトランスレーションが行われ、原版の著者によりその内容が原文と相違ないことが確認された。さらに、より日本人に適した表現になるよう、研究代表者と心理学の専門家2名によりブラッシュアップ作業が行われた。

表1 Athlete Burnout Questionnaire の邦訳  
あなたは、以下のような気持ちや状態をどの程度感じていますか。各項目の（ ）内には自分の種目名をあてはめて回答してください。

F1 成就感の減少	<p>私は（ ）に関するたくさんのやりがいのあることを成し遂げている</p> <p>私は（ ）において十分な達成感がない</p> <p>私の（ ）におけるパフォーマンスはまだ限界に達していない</p> <p>たとえ私が何をしても、自分がすべきパフォーマンスはできないと思う</p> <p>私は、（ ）で成功していると感じる</p>
F2 情緒的/身体的消耗感	<p>私は練習のせいでかなり疲れており、他のことをするためのやる気がなかなか出てこない</p> <p>私は（ ）に対する取り組みがもとで、あまりに疲れ過ぎている</p> <p>私は、（ ）のせいで、疲れ果てていると感じる</p> <p>私は、（ ）のせいで、身体的に疲れて果てていると感じる</p> <p>私は、（ ）に求められる精神的なことや身体的なことのせいで疲れ切っている</p>
F3 競技の無価値化	<p>私が（ ）のために費やしている努力は、他のために費やした方がましだ</p> <p>私は（ ）のパフォーマンスを以前のようには気にしていない</p> <p>私はかつてのようには（ ）に心を奪われてはいない</p> <p>私は（ ）で成功することに対して、かつてよりも関心が少なくなっている</p> <p>私は、（ ）に対して否定的な感覚になっている</p>

表2 Athlete Engagement Questionnaire の邦訳  
あなたは、過去4カ月で以下のことを、どのくらいの頻度で感じていますか。各項目の( )内には自分の種目名をあてはめて回答してください。

F1 自信	私は、( ) で自分の目標を達成できると信じている
	私は、( ) で自分の目標を成し遂げることに専念している
	私は、( ) をするとき、元気がみなぎってくる感じた
	私は、( ) に対して、わくわくする感じた
F2 専念	私は、( ) において成功できると感じている
	私は、( ) で自分の目標を成し遂げる決意である
	私は、( ) をするとき、元気いっばいな感じた
	私は、( ) に熱心である
F3 活力	私は、自分に( ) で成功するためのスキルやテクニックがあると信じている
	私は、( ) に打ち込んでいる
	私は、( ) をするとき、本当に生き生きとしている感じた
	私は、( ) を楽しんでいる
F4 熱狂	私は、自分の能力に自信がある
	私は、( ) で自分の目標を成し遂げるために頑張りたい
	私は、( ) をするとき、キビキビしている感じた
	私は、( ) が楽しい

【結果】

①日本語版 ABQ の作成：原版と同様の3因子構造を想定し「情緒的・身体的消耗感(5項目)」、「競技の無価値化(5項目)」、「成就感の減少(5項目)」の全15項目が邦訳された(表1)。

②日本語版 AEQ の作成：原版と同様の4因子構造を想定し「自信(4項目)」、「活力(4項目)」、「専念(4項目)」、「熱狂(4項目)」の全16項目が邦訳された(表2)。

③アスリート・バーンアウトとアスリート・エンゲージメントの関連の検討：現在、14歳～25歳までの年間9か月以上トレーニングを行っているサッカー競技者600名(男性300名、女性300名)を対象に質問紙調査を実施しており2015年3月中旬に回収を予定している。

## フィットネスクラブにおけるレジリエンス向上の 支援を目的としたガイドラインの開発

○庄司直人, 河野 洋, 水野基樹, 北村 薫

### 【背景】

近年、産業保健の領域において職業性ストレスのリスクは広く認知され、フィットネス産業においても例外ではない。とりわけ、恒常的なヒューマンサービスの提供、正規雇用者の就業早期から続く管理職としての職務、非正規雇用者のキャリア・パースペクティブの不足が主なストレス要因として挙げられよう。

従業員のメンタルヘルスの維持には、ストレスフルな状況に陥りながらも、うまく適応していく過程、能力、スキルであるレジリエンスの向上を支援することも必要である。

本研究では、従来の研修形式のレジリエンス向上を目指すプログラムとは異なり、日常の職務を通じレジリエンスの向上を図ることを支援するためのガイドラインの作成を目的とした。

### 【方法】

フィットネスクラブ従業員のレジリエンス向上を支援する視点に関する先行研究の知見に基づき、改善をめざす領域を選定した。各改善領域に関して、インタビュー調査で得たナラティブから良好実践事例を抽出、整理した。その後、客観性を担保するため文献レビュー、インタビュー調査で得た質的データのKJ法による分析を行い、整合性を確認した。さらに、実務者との討議により現場の状況と対応したガイドラインとなるよう検討し、組織心理学、組織行動学を専門とする研究チームによってガイドラインの項目・フレーズを決定した。

### 【結果】

3つの改善領域、各7項目、合計21項目から成るガイドラインの素案が作成された。

### 【考察】

レジリエンスを逆境にうまく適応する能力・スキルおよびプロセスとして捉え、逆境を乗り越えるために必要な従

業員個人の能力やスキルの向上と、必要な支援を受けるための関係性や組織内の支援的風土の醸成、改善など個人を取り巻く環境の改善をも射程に入れた実践的な取り組みのリストとしてまとめられた。

3つの領域について以下の点に留意し各項目が決定された。1) 失敗に対する評価の仕方を明確に示す、2) 個人間の関係の良好さや個人のパーソナリティやスキルに依存せず、必要な支援が必要な時に受けられる土壌づくり、3) 顧客のフィードバックを組織の重要な資源とみなし最大限活用する。いずれの項目についても良好実践事例に基づき自主対応の取り組みを促す取り組みのリストとして策定された。

### 【結論】

本研究においては、フィットネスクラブの店舗において、マネージャーと従業員自らが主体的にレジリエンスの向上へ向けた取り組みを支援するためのツールとしてのガイドラインが作成された。その特徴として、以下の3点があげられる。1) 個人の能力やスキルと職場環境の双方を射程に入れた、2) 実践的でシンプルかつローコストな取り組み、3) 職場内の自主対応を促すツールと位置付けられたことである。

### 【今後の課題】

本研究において作成されたガイドラインは、その有効性については未検証であり、今後は現場での応用を経て、ガイドラインの改訂作業と併せて有用性の検証を行う必要がある。その際、調査対象となるフィットネスクラブ各店舗における、ガイドラインの活用の仕方や取り組み方など統制が困難となる点が多く存在することが予測される。そのため、厳密に本ガイドラインの有効性を検証するため、ランダム化比較試験などによるエビデンスを示すことが求められる。



## 運動を行うタイミングの違いが筋萎縮からの回復期における タンパク質合成および分解に及ぼす影響

○張碩文, 吉原利典, 高嶺由梨, 内藤久士 (運動生理学研究室)

### 【背景】

近年, タンパク質の合成に関わるシグナル伝達に日内変動が存在することが注目されている. 例えば, 細胞分化を制御する遺伝子である時計遺伝子が骨格筋に存在するということが明らかにされている. しかし, 運動が筋肉にもたらす効果に日内変動があるか否かについてはまだ解明されていない.

### 【目的】

本研究は, 尾部懸垂によって誘導した筋萎縮からの回復期に運動の実施し, そのタイミングの違い (ZT0 または ZT12) によりタンパク質の合成・分解に関わるシグナル伝達に与える影響が異なるか否かを明らかにすることを目的とした.

### 【方法】

実験動物には8週齢のWistar系雄性ラット24匹を, 体重が等しくなるように対照群 (Control; CON), 7日間の尾部懸垂を行った後尾部懸垂を解除し, 通常飼育による7日間の回復期を設ける尾部懸垂+回復群 (SUS+CON), そして回復期のZT0 (Zeitgeber Time 0; 明期の始まりをZT0とする) またはZT12 (暗期の始まり) にそれぞれ低強度の運動を行わせる尾部懸垂+運動群 (SUS+ZT0Ex または SUS+ZT12Ex) の4群 (各群6匹) にグループ分けした. 回復期の運動は, 動物用トレッドミル (傾斜角度0°) を用いて, 1日10分間の走行運動を, 6日間連続して実施した. 走行速度は, 5 m/分から始め1日毎に速度を漸増させた (1日目; 5 m/分, 2日目; 10 m/分, 3日目; 13 m/分, 4日目; 15 m/分, 5日目以降; 20 m/分). 実験期間終了後に, ラットの両脚から遅筋であるヒラメ筋を摘

出し, 筋湿重量を測定した後, 分析まで-80°Cで凍結保存した. ウェスタンブロット法を用い, ヒラメ筋のタンパク質の合成 (mTOR, p70<sup>S6K</sup>, ERK) および分解 (p-GR, ユビキチン化タンパク質, LC3 II) に関与するシグナル伝達物質の発現量を分析した.

### 【結果】

ヒラメ筋湿重量は, CONと比較して, SUS+CON, SUS+ZT0Ex および SUS+ZT12Ex 群で有意に低値を示した (SUS+CON; -10.8%, SUS+ZT0Ex; -11.4%, SUS+ZT12Ex; -14.9%,  $p < 0.05$ ). また, SUS+ZT0Ex のヒラメ筋湿重量は, SUS+ZT12Ex と比較して高値を示したが, 統計的に有意な差は認められなかった (+4%,  $p = 0.171$ ). タンパク質合成に関わるシグナル伝達物質である mTOR, p70<sup>S6K</sup> および ERK のリン酸化率は, いずれの群においても統計的に有意な差は認められなかった. タンパク質分解に関わるシグナル伝達物質である p-GR 発現量は, いずれの群においても統計的に有意な差は認められなかったが, ユビキチン化タンパク質発現量は, CONと比較して SUS+ZT0Ex および SUS+ZT12Ex で有意に高かった ( $p < 0.05$ ). また, LC3 II 発現量は, CONと比較して SUS+CON および SUS+ZT12Ex で有意に高かった ( $p < 0.05$ ).

### 【結論】

筋萎縮からの回復期に行う低強度の運動は, 萎縮からの回復を促進させないが, 実施するタイミングの違いは一部のタンパク質分解系のシグナルに異なる影響を与える可能性がある.

## 体温上昇を伴う運動が2型糖尿病ラットの骨格筋における糖代謝関連シグナル経路系に与える影響

○都築孝允, 関根紀子, 内藤久士 (運動生理学研究室)

### 【背景】

運動は2型糖尿病の改善において効果的であることが知られており, これまで2型糖尿病と運動に関する研究は, 筋収縮によるインスリン非依存的シグナル経路を介した糖取り込み能の向上に着目して盛んに行われてきた. 一方, 近年の研究では温熱処置による体温上昇および熱ショックタンパク質の発現増加がインスリン抵抗性や耐糖能の改善に関与することが報告されている. しかしながら, 運動時にも体温上昇が生じるにも関わらず, 多くの先行研究は運動時の体温を考慮していない. また, 運動時における体温上昇の有無が骨格筋への糖取り込みに関連するシグナル経路にどのような影響を与えるかについては明らかではない.

### 【目的】

本研究は2型糖尿病ラットを用いて, 体温上昇を伴う一過性運動が骨格筋の糖代謝に関連するシグナル伝達系に与える影響について明らかにすることを目的とした.

### 【方法】

2型糖尿病のモデルラットである雄性的OLETFラットを安静(Sed)群, 常温運動(WEx)群および低温運動(CEx)群の3群に群分けした. 常温および低温運動群は, 25週齢時にそれぞれ常温環境(25°C)および低温環境(4°C)で動物用トレッドミルを用いて20 m/minで30分の一

過性走運動を実施した. 運動時の体温上昇を評価するために, 運動の前後に直腸温を測定した. 運動直後に麻酔下で, 腓腹筋を摘出しウェスタンブロット法を用いて糖代謝に関連するシグナル伝達物質を分析した.

### 【結果】

運動直後の直腸温はWEx群においてのみ有意に上昇し( $p < 0.05$ ), CEx群では運動直後においても運動前と同程度の体温を維持していた. 骨格筋への糖取り込みに関与するインスリンシグナル経路の主要なタンパク質であるAktおよびAS160のリン酸化率は, Sed群と比較して, 運動直後のWEx群において47.7%および100.5%増加した( $p < 0.05$ )が, CEx群ではSed群との間に有意な差は認められなかった. 一方, 非インスリンシグナル経路の主要なタンパク質であるAMPKは, 運動直後のWEx群およびCEEx群において, 共に404.7%および441.7%増加し( $p < 0.05$ ), 運動の条件間に有意な差は認められなかった.

### 【結論】

体温上昇を伴う運動は, 糖取り込みに関与するインスリンシグナル経路および非インスリンシグナル経路を共に活性化させる. これらの知見は, インスリン抵抗性の改善において, 体温上昇を伴う運動の方がより効果的である可能性を示唆している.

## 中国中規模都市における青少年の身体活動量に関する研究

○鄧 鵬宇, 石原 美彦, 内藤 久士 (運動生理学研究室)

## 【背景】

近年, 中国では, 経済的な急成長に伴って, 国民のライフスタイルが変化してきている. 特に, 生活が欧米様式に類似する子どもや青少年においてはこの傾向が顕著であり, この集団における身体活動の低下による肥満や慢性疾患の増加が問題となっている. また, 中国政府教育部によると, 学生 (7歳から18歳) の体力・健康状態は1985年から20年間連続で低下しており, 肥満児および過体重児の割合は, 特に都市部で, 子どもや青少年の過体重・肥満が深刻な問題となっている (Zong, XN. 2014). そこで, 本研究の目的は, 中国中規模都市における青少年の運動習慣およびテレビ視聴時間などの生活習慣と肥満との関連性を明らかにする.

## 【方法】

本研究の対象者は, 中国中規模都市である湖南省・ろうてい市にある中学校の中学生462名 (年齢 $12.0 \pm 0.8$ 歳) および高校生500名 (年齢 $14.9 \pm 0.9$ 歳) の計962名であった. 青少年の身長と体重から体格指数である Body Mass Index (BMI = 体重  $\cdot$  身長<sup>-2</sup> ( $\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$ )) を算出し, 中国肥満調査学会の定めた年齢別の評価基準を用いて普通児, 過体重児および肥満児に分類した. また, 運動習慣や食習慣などの生活習慣に関するアンケート調査を実施した.

## 【結果】

肥満率は中学生8.8% (男子9.9%, 女子7.5%) であり, 高校生7.8% (男子12.7%, 女子4.3%) であった. 普通群, 過体重群および肥満群におけるそれぞれの1日当たり中高強度運動時間60分未満の割合は, 男子で64.7%, 63.6%, 76.0% (中学), 70.7%, 72.7%, 81.5% (高校) であり, 女子で77.0%, 80.0%, 71.4% (中学), 91.1%, 90.9%,

90.9% (高校) であった. 肥満度が高い人, 特に女子高校生は推奨身体活動時間 (60分/日) 達成率が低い結果となった. また, 3つの群間におけるそれぞれの1日当たりスクリーンタイム2時間以上の割合は, 男子で17.1%, 24.2%, 28.0% (中学), 17.5%, 28.4%, 35.2% (高校) であり, 女子で, 20.1%, 18.0%, 35.7% (中学), 13.6%, 21.6%, 36.4% (高校) であった. 男子において違いが見られなかったものの, 女子においては, 肥満群のスクリーンタイム2時間以上の割合が有意に高い結果となった ( $p < 0.05$ ).

## 【考察】

本研究では, 中国中規模都市における湖南省にある中学校の中学生および高校生を対象として, 日常生活における運動習慣およびテレビ視聴時間などの生活習慣と肥満との関連性を把握した. 対象者として青少年の肥満は生活習慣による違い存在することが明らかにした. また, 肥満度が高い人, 特に女子高校生は推奨身体活動時間の達成率が低い傾向になり, 携帯やパソコンなど電子機器の利用時間が多い人ほど, 肥満となる傾向にあると示唆した. 先行研究より, 摂取カロリーと消費カロリーのアンバランスであるため, 今後, 肥満に影響を与える栄養因子は, 肥満の要因として検討する必要がある.

## 【結論】

中国中規模都市における青少年の肥満において, 男子では運動習慣の影響が, 女子ではテレビ視聴時間などの生活習慣が影響を与えている可能性が示唆された.

## 【参考文献】

Zong, XN. 2014. Bull World Health Organ, 92 (8), 555-64.

## 柔道競技能力を骨格筋関連遺伝子群の多型の組み合わせから同定する

○位高駿夫・町田修一・上水研一朗

### I. 背景

スポーツでの高い競技能力は環境要因と遺伝要因の相互作用によってもたらされる。遺伝要因を説明する1つとして、DNAの塩基配列の違いが1%以上の割合の人に起きる遺伝子多型がある。健康や運動能力に関連する遺伝子多型は2004年に140個、2005年に165個、2007年に214個と年々増加している。骨格筋量や筋力にはACTN3 (actinin, alpha 3), ACE (angiotensin converting enzyme), IGF-2 (insulin-like growth factor 2), IL15Ra (interleukin 15 receptor, alpha), MSTN (myostatin), などの遺伝子多型が影響している可能性が示唆されている。しかし、武道系種目において遺伝子多型と競技能力の関係はほとんど検討がなされていない。柔道競技の種目特性を考慮すると筋量や筋力は勝敗を左右する可能性が高いことが考えられ、トップレベル選手の遺伝子多型は一般人とは異なる可能性が考えられる。そこで本研究では、男子柔道選手を対象に、骨格筋量や筋力に影響を及ぼすACTN3とIGF2遺伝子多型と競技能力や体力との関連を明らかにすることを目的とした。

### II. 方法

対象者は2013年までにT大学柔道部に所属したことのある男性156名とした。全ての対象者を過去の最高競技成績によって、柔道競技能力を世界レベル (n=16), 日本レベル (n=37), その他 (n=103) の3つに分類した。対象者の唾液から抽出されたDNAを用いてACTN3 (rs1815739), IGF-2 (rs680) 遺伝子多型の解析を行った。さらに一部の対象者には大学入学時に身長, 体重, 握力, 背筋力の測定を行った。一般的な日本人と柔道選手の競技能力における遺伝子型頻度の違いを $\chi^2$ 検定によって比較した。また、筋力などの測定項目は遺伝子型別の平均値を一元配置分散分析を行った。なお、有意水準は5%未満とした。

### III. 結果

ACTN3とIGF2遺伝子多型のどちらにおいても Hardy-

Weinberg 平衡から逸脱するものはなく、遺伝的平衡が確認された。

世界レベルのIGF2遺伝子多型のアリル頻度はその他及び一般人と有意な差が認められ ( $p < 0.05$ ), 競技能力との関連性が示された。さらに、競技能力が上がるにつれてIGF2遺伝子AA型の頻度が減少する傾向が認められた (Linear trend:  $p = 0.041$ )。しかし、ACTN3遺伝子多型と競技能力の関連性は認められなかった。また背筋力については、IGF2遺伝子との関連性は認められたが ( $p < 0.05$ ), ACTN3遺伝子との関連性は認められなかった。握力はIGF2及びACTN3遺伝子多型どちらも関係性が示されなかった。

### IV. 考察

IGF2遺伝子Gアリル保有者の筋力がAA型より高いことおよびACTN3遺伝子多型と柔道競技能力に関連性がないことは欧米人を対象とした先行研究で既に報告されており、同様の結果が得られた。これまで、ACTN3遺伝子多型が競技能力と強く関連する遺伝子多型といわれているが、柔道ではIGF2遺伝子多型を検討の方が効果的な可能性がある。

本研究には様々な検討の余地が残されているが、スポーツとの関連性の高い可能性を示唆する遺伝子の検討によって新たな知見を生んだといえる。今後ますますスポーツ現場における遺伝子の活用が考えられ、本研究もその一端を担うことができたと考えている。

### V. 結論

国内大学トップレベル男子有働選手においては、ACTN3遺伝子多型と競技能力や体力との関連性は低いが、IGF2遺伝子多型が競技能力及び背筋力に影響を及ぼしている可能性が示唆された。

新規合成オリゴ糖 MelNH<sub>2</sub> のヒト癌細胞に対する抗腫瘍効果とメカニズムの解析

○伊藤 匠, 細見 修, 松本 顕

## 【背景】

合成した glucosamine 残基をもつオリゴ糖である MelNH<sub>2</sub>; Gal $\alpha$ 1-6GlcNH<sub>2</sub> がヒト慢性骨髄性白血病細胞 (K562) などの増殖を抑制する効果を明らかにしてきた。また、これらの細胞は MelNH<sub>2</sub> を添加するとアポトーシス誘導を引き起こす可能性が明らかとなっている。さらに、細胞表面に存在する Galectin-1 は  $\alpha$ 1-6 結合とのバインディングサイトを有し、MelNH<sub>2</sub> が Galectin-1 と結合することで Ras の GTP 結合やその他の下流シグナルに影響をもたらしている可能性が考えられる。

## 【目的】

本研究では MelNH<sub>2</sub> が濃度依存的にヒト中皮腫細胞に対して細胞死をもたらすか否か、また中皮腫モデルにおける抗腫瘍効果の検討およびメカニズムの解析を血中マーカーや細胞内分子動態から解析する。

## 【方法】

ヒト中皮腫細胞株 NCI-H226 に対する濃度依存的な抗がん効果を調査するため、6well plate に  $5 \times 10^5$  cells の H226 を 24 時間培養後、PBS に懸濁した MelNH<sub>2</sub> を 1 mM, 2.5 mM, 5 mM, 10 mM となるようそれぞれ添加し、72 時間後にトリパンブルーで染色して生細胞数を計測した。また、ヒト中皮腫細胞株を免疫不全マウスに移植したゼノグラフトモデルを作製し、RPMI1640 medium (Serum Free) に懸濁した H226 を BALB/c-A nu/nu 6 週齢マウスの腹腔

内に  $2 \times 10^6$  cells/200  $\mu$ L で移植して MelNH<sub>2</sub> 群および control 群それぞれ 3 匹ずつ計 6 匹に設定した。移植後 7 日目に PBS で調整した MelNH<sub>2</sub> 20 mM または PBS を 250  $\mu$ L 尾静脈から投与し、1 日置きに計 4 回投与をおこなった。投与したマウスは投与後 20 日で剖検し、腫瘍コロニーの計測および腫瘍播種を観察した。また、血中の腫瘍マーカーおよび組織切片における分子動態を調査するため、各臓器及び腫瘍組織をパラフィン包埋し、血清を凍結保存した。

## 【結果】

MelNH<sub>2</sub> を添加した H226 細胞では、濃度依存的に生細胞が減少し、Control; 91.3%  $\pm$  3.1, MelNH<sub>2</sub> 1 mM; 77.3%, 2.5 mM; 41.7%, 5 mM; 8.7%, 10 mM; 0% となった。

ゼノグラフトモデルを用いた実験では脾臓下部脂肪組織への腫瘍播種が MelNH<sub>2</sub> を投与したグループで減少した。また、MelNH<sub>2</sub> を投与したグループでは横隔膜への腫瘍播種が観察されず、腸間膜の腫瘍コロニー数も減少していた。しかし、統計学的に有意な差はみられなかった。

## 【結論】

MelNH<sub>2</sub> は中皮腫細胞株 H226 に対して濃度依存的な細胞増殖抑制効果が見られ、ゼノグラフトモデルでは腸間膜、脾臓下部、横隔膜への腫瘍播種が減少していたが、顕著な効果が観察されなかった。今後は、投与方法や投与量、ドラッグデリバリーの設定における検討が必要である。

## 成長期における運動がその後の肥満による骨髄中脂肪量の増加に与える影響

○高嶺由梨, 張碩文, 関根紀子, 内藤久士 (運動生理学研究室)

### 【背景】

近年, 骨粗鬆症や加齢に伴う骨量の低下と骨髄中脂肪量の蓄積との関係が注目されている. これまで, 成長期における自発走運動の実施は骨形成を促すだけでなく骨髄中脂肪量の減少に寄与することが報告されており, このことは骨量減少の抑制に貢献する可能性が考えられる. 骨髄中の脂肪は加齢や肥満により増加することが示されているが, 成長期における運動がその後の肥満や加齢による骨髄中脂肪の蓄積および骨量減少を抑制するか否かについては明らかにされていない.

### 【目的】

本研究は, 成長期からの運動が骨組織に与える影響に関する基礎的データとして, 若齢マウスを対象に自発走運動が骨の物理的および組織学的特性に与える影響を検討することを目的とした.

### 【方法】

4週齢の雄性 C57BL/6 マウスを, 28週齢まで飼育するコントロール-28群, 自発走運動-28群, および40週齢まで飼育するコントロール-40群, 自発走運動-40群の4群 (各群; n=10) に分けた. 自発走運動は, 回転車輪付きケージを用いた自由走行とし, 走行距離を記録した. 飼育期間

終了後, 全てのマウスから両脚の大腿骨を採取し, 右大腿骨は三点折曲げ試験を用いて骨強度 (N/g) を測定した. 左大腿骨は, 各群において, 骨強度が平均値に最も近い個体 (各群; n=6) のサンプルを対象に組織学的分析を用いて骨量 (% Bone Volume/ Tissue Volume) および骨髄中脂肪量 (% Fat Volume/ Tissue Volume) を計測した.

### 【結果】

一日当たりの平均自発走距離は自発走運動-28群:  $5.0 \pm 2.3$  km, 自発走運動-40群:  $3.1 \pm 1.6$  km であった. 体重は, コントロール群と自発走運動群のいずれにおいても28週齢から40週齢にかけて加齢による変化は見られなかった. 一方, 体重あたりの骨強度はコントロール群において加齢に伴う低下を示した ( $p < 0.05$ ) が, 自発走運動群では加齢に伴う変化は認められなかった. また, 組織学的分析による骨量および骨髄中脂肪量は, 週齢に関わらず自発走運動群とコントロール群との間に差は認められず, 加齢による変化も見られなかった.

### 【結論】

マウスにおける成長期からの自発走運動は加齢による骨強度の低下を抑制する可能性を示唆している.

## スプリントトレーニングがヒト骨格筋の ACTN3 タンパク質発現量に及ぼす効果

○中村智洋, 内藤久士 (運動生理学研究室), 佐久間和彦 (陸上競技研究室)

## 【背景】

$\alpha$ アクチニン (ACTN)3 タンパク質は, ACTN3 遺伝子によってコードされており, Z 膜上でアクチン同士を結合する役割を担っている. また, ACTN3 タンパク質は速筋線維に特異的に発現することから, 筋力発揮に関係していると考えられている. しかしながら, ヒト骨格筋を対象に, ACTN3 タンパク質の量的な評価を行った研究はなく, ACTN3 タンパク質発現量がトレーニングの影響を受けるか否かについては未だ明らかとなっていない.

## 【目的】

本研究の目的は, スプリントトレーニングがヒト骨格筋の ACTN3 タンパク質発現量に及ぼす影響について検討することであった.

## 【方法】

被験者は, R アレルを有する一般成人男性 (S 群) 14名 (RR : 6名, RX : 8名) および日常的にスプリントトレーニングを行っている男性短距離走者 (ST 群) 16名 (RR : 7名, RX : 9名) とした. ACTN3 遺伝子多型は, 全ての被験者の指先から微量の血液を採取し, リアルタイム PCR 法を用いて同定した. 筋力測定は等速性ダイナモメーターを用いて行い, 角速度 0, 60, 180, 300 および 400°/秒にて利き足の膝伸展筋力を測定した. また, 筋力測定の 1 週間後に筋生検を実施し, 被験者の利き足の外側広筋から筋を摘出した. 得られた筋サンプルから, ウェスタンブ

ロット法を用いて ACTN3, ACTN2 およびトータル ACTN タンパク質発現量を評価した. また, SDS-PAGE 法を用いて各ミオシン重鎖 (Type I, IIa および IIx) を分離し, その組成を決定した.

## 【結果】

膝伸展筋力は, 角速度 0, 60 および 180°/秒において S 群と ST 群との間に違いは見られなかったが, 角速度 300 および 400°/秒において S 群と比較して ST 群で有意に高い値を示した (S 群 vs. ST 群 : 角速度 300°/秒 : 136 ± 18 Nm vs. 154 ± 19 Nm, 角速度 400°/秒 : 113 ± 14 Nm vs. 127 ± 18 Nm,  $p < 0.05$ ). しかしながら, ACTN3 タンパク質発現量は, S 群 (1.00 ± 0.22) および ST 群 (0.89 ± 0.20) との間に違いは見られなかった. 同様に, ACTN2 タンパク質発現量 (S 群 : 1.00 ± 0.19 vs. ST 群 : 1.12 ± 0.22) およびトータル ACTN タンパク質 (S 群 : 1.00 ± 0.22 vs. ST 群 : 1.04 ± 0.25) においても 2 群間に違いは見られなかった. また, ミオシン重鎖においても, S 群と ST 群に違いは見られなかった (S 群 vs. ST 群 : Type I: 27.3 ± 8.6% vs. 26.5 ± 5.1%, Type IIa: 47.1 ± 11.8% vs. 47.6 ± 7.6%, Type IIx: 25.7 ± 9.4% vs. 25.9 ± 6.4%).

## 【結論】

日常的にスプリントトレーニングを行っている男性短距離走者と一般成人男性との間には ACTN3 タンパク質発現量に違いが見られないことが示唆された.

## 障害者サッカーにおける等級および障害罹患時期の違いによる運動遂行について

○前鼻啓史, 吉村雅文, 渡邊貴裕

## 【背景】

今日、障害者が行うスポーツは娯楽性の高いものから競技性の高いものまで幅広く行われている。近年、障害者スポーツにおける傷害調査では、視覚障害者サッカーの傷害発生率が最も高く報告されており、障害予防が大きな問題となっている。そこで障害における等級の違い、障害を罹患した時期の違いに着目し、運動遂行の特性について検討することにより、傷害予防に関する知見を得ることを目的とした。

## 【方法】

対象者は公式戦出場経験を有する視覚障害者サッカー選手21名とした。選手21名の平均年齢は $24.0 \pm 5.0$ 歳、身長 $171.1 \pm 4.3$  cm、体重 $65.0 \pm 6.4$  kgであった(平均±標準偏差)。なお、21名のうち、視覚障害の等級別には全盲 B1 クラス12名、弱視 B2 クラス4名、弱視 B3 クラス5名であった。また、B2 クラスと B3 クラスは「ロービジョンフットサル」として、共に競技が行われていることから、統計分析の際には同一群とした。

運動課題としては文部科学省の新体力テスト実施要項に示されている「反復横とび」を用いた。試技に際して安全性と移動様式に配慮し、2種類の補助ロープ(1支点:振り子型, 3支点:重心移動型)を用いた。試技の補助に際しては Smart-speed (Fusion Sport 社製)を用いて、機器による反復回数の記録に合わせ、被験者が線を通過する度に微弱な音刺激を発するプログラムを採用した。なお、サーフェスについては、屋内フロアにて実施し、試技時には靴底の接地側に防滑作用のある運動靴に統一した。

## 【結果】

視覚障害者サッカー選手において等級別に障害を罹患した時期について表1に示した。B1 クラス12名における、1支点補助ロープを用いた試技は、 $54 \pm 7$ 回であり、3支点補助ロープを用いた試技は、 $44 \pm 6$ 回であった。B2 クラ

表1 障害罹患時期

視覚障害等級	乳幼児期 (人)	学齢期 (人)	成人期 (人)
B1 (n=12)	5	6	1
B2 (n=4)	2	2	0
B3 (n=5)	0	5	0

スおよび B3 クラス9名における1支点補助ロープを用いた試技は、晴眼時 $57 \pm 2$ 回、アイマスク着用時 $56 \pm 3$ 回であり、3支点補助ロープを用いた試技は、晴眼時 $53 \pm 2$ 回、アイマスク着用時 $51 \pm 3$ 回であった。統計分析の結果、3支点補助ロープを用いた試技において両群の間に有意差が認められた( $P < 0.05$ )。なお障害を罹患した時期別において有意差は認められなかった。

## 【考察】

本研究の結果から、障害を罹患した時期別に有意差は認められなかったことから、障害の罹患後に適切な運動支援が行われることによって運動能力が改善されることが示唆された。また、3支点補助ロープを用いた試技において、全盲 B1 クラスと弱視 B2 クラスおよび B3 クラスの等級間に有意差が認められたことから、重心移動に伴う空間認知能力において、視覚障害の等級間に一定の差があったことが確認された。しかし、B2 クラスおよび B3 クラスでは、晴眼時とアイマスク着用時を比較しても、回数差が小さかったことから、今後、傷害予防に関する知見を深めるためにも空間認知能力に与える要因を検討する必要性が推察された。

## 【結論】

視覚障害の罹患後に適切な運動支援が行われることによって運動能力が改善されることが考えられた。一方、重心移動に伴う空間認知能力においては視覚障害の等級間に差があることが示唆された。