

---

# The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine (JPFMSM)

Official Journal of the Japanese Society of Physical Fitness and Sports Medicine

---

Volume 3, Number 4 September 25, 2014

## CONTENTS

### *Review Articles*

#### **Physical fitness for health**

SS. Sawada .....377

#### **Effect of shoe insole for prevention and treatment of lower extremity injuries**

Y. Urabe, N. Maeda, S. Kato, H. Shinohara and J. Sasadai .....385

#### **Regulatory mechanisms of intestinal iron absorption: Iron-deficient mucosal cells respond immediately to dietary iron concentration**

S. Shinoda and A. Arita .....399

#### **Blood flow dynamics in the limb conduit artery during dynamic knee extensor exercise assessed by continuous Doppler ultrasound measurements**

T. Osada, N. Murase, R. Kime, T. Katsumura and G. Rådegran .....409

### *Short Review Articles*

#### **Mechanisms underlying alterations in glucose metabolism due to exercise**

M. Takagi and Y. Manabe .....423

#### **Possible mechanisms underlying wheel-running-induced hypotensive effects**

S. Sakata, A. Nakatani and H. Waki .....429

#### **Age-induced muscle atrophy and increase in fatigue resistance**

S. Masuda, H. Takakura, H. Kato and T. Izawa .....435

#### **Pulmonary function and respiratory response during exercise in children**

T. Ogawa and Y. Ikuta .....441

#### **Role of serotonergic system in thermoregulation in rats**

T. Ishiwata .....445

### *Regular Articles*

#### **Muscle glycogen breakdown and lactate metabolism during intensive exercise in Thoroughbred horses**

Y. Kitaoka, Y. Endo, K. Mukai, H. Aida, A. Hiraga and H. Hatta .....451

#### **Differences in trunk rotation during baseball batting between skilled players and unskilled novices**

H. Nakata, A. Miura, M. Yoshie, T. Higuchi and K. Kudo .....457

## Abstracts

## The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine (JPFSM)

Vol. 3, No. 4 September 2014

## Review Articles

健康と体力 (p. 377-384)

【独】 国立健康・栄養研究所健康増進研究部

澤田 亨

健康に関する体力要素には全身持久力, 筋力, 筋持久力, 身体組成, 柔軟性などが知られている。これまで, 全身持久力と健康の関係については数多くの疫学研究が報告されている。全身持久力に関する代表的なコホート研究として, Aerobics Center Longitudinal Studyが挙げられる。また, 日本人を対象としたコホート研究として, Tokyo Gas Study, Juntendo University Alumni Study, Japan Epidemiology Collaboration on Occupational Health Studyなどが報告されている。これらの研究の多くは, 高い全身持久力を保持している人々は, すべての死亡原因を含めた死亡率やがんによる死亡率が低いとされている。また, 高い全身持久力を保持している人々は, 高血圧や糖尿病の罹患率が低いことも報告されている。これらの結果は高い全身持久力を維持する, すなわち, 活発な身体活動を継続的に実施することによって早世や生活習慣病の一部を予防できる可能性を示唆している。本総説ではこのような観点から健康と体力との関連について考察した。

下肢外傷の予防と治療を目的としたインソールの効果

(p. 385-398)

<sup>1</sup>広島大学大学院医歯薬保健学研究院, <sup>2</sup>広島国際大学総合リハビリテーション学部, <sup>3</sup>サザンクリニック整形外科・内科

浦辺幸夫<sup>1</sup>, 前田慶明<sup>1</sup>, 加藤茂幸<sup>2</sup>, 篠原 博<sup>3</sup>, 笹代純平<sup>1</sup>

近年, 多くの人がインソールを使用している。この使用目的は足部の変形のような構造および姿勢バランスの不良などのためであるが, インソールの効果に対する根拠は不明な点が多い。そこで本総説では, インソールの効果について文献学的にしらべた。外傷予防を目的としたインソールと下肢損傷の治療に関する知見は1980-2013年までの範囲で検討した。特に変形性膝関節症, 糖尿病, 他の疾患, 異なるインソールの比較, スポーツ外傷についてしらべた。その結果, インソールの使用により大腿脛骨の間でアライメント改善効果があること, 膝OAに対して有効であることが示唆された。また, インソールは糖尿病患者における足部変形の進行を予防する効果があることが示唆された。本総説では, いくつかの運動器疾患の治療においてインソールの効果があることを示したが, この分野の研究法をさらに改善する必要性があることを指摘した。今後, インソールに加えて靴の影響も考慮に入れた研究が不可欠であることを強調した。

小腸における鉄の吸収調節 - 鉄欠乏の小腸は飼料中鉄濃度に速やかに応答する - (p. 399-407)

<sup>1</sup>首都大学東京大学院人間健康科学研究科, <sup>2</sup>十文字学園女子大学食物栄養学科

篠田粧子<sup>1</sup>, 有田安那<sup>2</sup>

鉄は世界で最も広範に欠乏が認められる栄養素である。世界保健機構 (WHO) によると, 約40-50億人が鉄欠乏状態であると推定している。一方, 鉄の過剰による酸化ストレスの増大は発がんや死亡のリスクを高める可能性があるため, 輸血やサプリメントの使用には注意が必要である。鉄代謝には能動的な排泄系路がないことから, 生体内の鉄出納を適切に保ち過剰や欠乏を予防するには, 小腸における吸収調節が極めて重要である。小腸の鉄吸収に関与するタンパク質は, 1997年にDMT1がクローニングされたのを皮切りに次々と発見されており, 鉄が小腸管腔から粘膜細胞を通して門脈血へ輸送される分子機構が明らかになりつつある。さらに, 生体では鉄欠乏に対する長期の応答に加えて, 消化管内の鉄濃度に対する短期の応答が存在することも明らかになっている。そこで本総説では, 鉄吸収の最前線である小腸での吸収調節について解説し, Short-acting mucosal blockの生理的意義について考察した。

超音波ドプラー法を用いた動的膝伸展時における下肢血流動態の評価 (p. 409-421)

<sup>1</sup>東京医科大学医学部健康増進スポーツ医学, <sup>2</sup>Lund University

長田卓也<sup>1</sup>, 村瀬訓生<sup>1</sup>, 木目良太郎<sup>1</sup>, 勝村俊仁<sup>1</sup>, Göran Rådegran<sup>2</sup>

運動肢筋血流は, 心臓による中心循環と骨格筋の末梢循環の双方の調節により充進した筋エネルギー代謝に応じた酸素の供給を反映する一指標である。運動時における心拍出量の増加は, 全身末梢血管抵抗の変化に伴い血圧調節に影響を及ぼす。特に, 動的な筋収縮は心拍出量の増加, 運動開始直後からの静脈還流の上昇, 同時に代謝性・神経性やその他の反応に伴い筋血管床の拡張を引き起こし, 血流増加が認められる。安静時のみならず筋収縮中の導管動脈における拍動流速の経時的変化は, 時間分解能が高いドプラー法を用いることにより測定・解析することが可能である。この方法を用いて, 一心周期における心収縮期と拡張期の生理的血流速度の変化, 呼吸に伴う血流速度の変動あるいは等張性や等尺性運動時の筋収縮期及び筋弛緩期による急速な血流速度波形の変化などが各種条件下で検討されている。筋収縮に伴う血流速度の変動は, 主に筋の張力発揮すなわち筋内圧の上昇による機械的な血管床の圧迫と心拍に連動した拍動灌流圧の要因により影響される。そこで本総説では, 主に動的膝伸展時の筋収縮に伴う下肢導管動脈の血流動態や変動を中心に概説した。

**Short Review Articles****運動による糖代謝変化 (p. 423-427)**

首都大学東京大学院人間健康科学研究科

高木麻由美, 眞鍋康子

運動は健常者のみならず糖尿病患者においても糖代謝を改善することが知られている。本総説では、運動による糖代謝改善メカニズムについて以下の3つの経路、すなわち、1) 筋収縮により筋細胞内のAMPキナーゼが活性化されることによる糖取り込みの増加、2) 筋収縮による運動後のインスリン感受性の増加、3) 継続的な運動トレーニングによるグルコース刺激時の膵臓からのインスリン分泌能の亢進、について概説した。これらのメカニズムは十分に解明されていないが、運動による複数経路の活性化が全身性の糖取り込みの改善に寄与しているものと考えられる。

**回転ホイール走運動による血圧降下効果の機序**

(p. 429-433)

<sup>1</sup>畿央大学大学院健康科学研究科, <sup>2</sup>奈良教育大学教育学部, <sup>3</sup>順天堂大学大学院スポーツ健康科学研究科坂田 進<sup>1</sup>, 中谷 昭<sup>2</sup>, 和気秀文<sup>3</sup>

ウォーキングやジョギングなどの中程度強度の運動は、メタボリックシンドロームの発症リスクを軽減し高血圧を改善する。しかし、このような中程度強度の運動による抗高血圧効果については、これまで十分に研究されていない。この運動による血圧降下効果の機序を探索するため、私達は正常血圧ラットあるいは高血圧モデルラットに自発的な回転ホイール走運動を行わせた。その結果、この毎日の自発的走運動は、複数の機序により安静時血圧を低下させると考えられる。そこで本総説では、回転ホイール走運動による血圧降下効果について考えられる機序、即ち、ホルモンによる調節、一酸化窒素による調節、交感神経系による調節、中枢神経系による調節に焦点を当て、最近の知見を交えて概説した。結論的には、回転ホイール走運動により誘発される安静時の血圧降下は、1) ホルモンによる血管収縮の減弱、2) ホルモンによる血液量の減少、3) ホルモン誘発性あるいは一酸化窒素誘発性の血管拡張、4) 体重減少・体重増加の減少、低レプチンレベルおよび延髄孤束核でのセロトニン1A受容体遺伝子の発現低下による安静時交感神経活動の減弱、の組み合わせにより成し遂げられるかもしれないことを概説した。

**加齢に伴う筋萎縮と耐疲労性の向上 (p. 435-439)**<sup>1</sup>長崎大学原爆後障害医療研究所, <sup>2</sup>同志社大学スポーツ健康科学部, <sup>3</sup>同志社大学大学院スポーツ健康科学研究科増田慎也<sup>1</sup>, 高倉久志<sup>2</sup>, 加藤久詞<sup>3</sup>, 井澤鉄也<sup>3</sup>

加齢によって筋線維サイズや筋線維数の低下など様々な変化がもたらされる。しかし、近年の研究によると、とくに持続的な等尺性筋収縮において高齢者は若齢者よりも疲労しにくい傾向にあることが示唆されている。そこで本総説では、この現象にかかわる筋細胞内の分子機構について述べた。速筋線維は加齢によって選択的に失われると考えられてきたが、加齢による筋線維組

成の変化は骨格筋の部位やタイプ、機能に特異的であることが示されている。加齢によって骨格筋で活性酸素の生成が促進されるが、活性酸素種はAMP-activated protein kinase (AMPK)を活性化する。AMPK シグナルは筋萎縮に関与するとともに、peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha (PGC-1 $\alpha$ )を活性化させる。PGC-1 $\alpha$ はミトコンドリア生合成の主要な調節因子と考えられており、さらに、加齢に伴って神経支配を失った筋線維を再神経支配することにも関与する可能性がある。以上より、AMPKとPGC-1 $\alpha$ とのバランスは老化した骨格筋の耐疲労性の増加に重要な役割を担う可能性があることを指摘した。

**子どもの呼吸機能と運動時の換気応答 (p. 441-444)**

大阪教育大学教育学部

小川剛司, 生田泰志

子どもは大人と比較して小さい胸郭と狭い気道のため、肺機能が低い。さらに呼吸機能の指標の一つである呼吸筋力は最大吸気及び呼気努力時の口腔内圧の測定によって評価され、これもまた大人と比較して子どもで低く、成長とともに発達することが報告されている。呼吸筋力は身長と相関すると報告されているが、努力性肺活量と高い相関関係があることが我々の研究室において確認できた。また、水泳を定期的に行っている子どもで呼吸筋力が高い傾向にある。運動時の換気量は大人よりも子どもで低いが、分時呼吸回数や肺活量に対する一回換気量の比率は高く、子どもは運動時に大人よりも換気効率が低く、高い換気努力を行っている。そのため、運動時において大人では胸郭の狭い女性や換気量が高い競技者の間でしか見られない、機械的な呼出制限(expFL)がほとんどの子供において生じる。expFLはVEを制限し、運動性低酸素血症の発生メカニズムであると考えられているが、子どもでは3割程度しかEIAHを示さない。しかしながら、子供においても高い有酸素能力を持つ者において強いexpFLが生じており、このような子どもではEIAHの発生メカニズムの可能性もある。本稿では、以上のような観点より、子供における呼吸機能の発達と運動時の呼吸応答について解説した。

**体温調節機構におけるセロトニン作動性神経システムの役割 (p. 445-450)**

立教大学コミュニティ福祉学部

石渡貴之

セロトニン (5-hydroxytryptamine, 5-HT) は、ホルモン分泌、睡眠覚醒、運動、免疫、痛み、摂食、エネルギーバランス、体温調節など、様々な生理機能の調節に関与する脳内神経伝達物質である。また、5-HTは認知や情動などの高次脳機能にも関与し、シナプス可塑性や神経再生との関連も明らかにされている。近年では、鬱病や合成麻薬、閉経後のホットフラッシュ、運動時の中枢性疲労との関連についても注目されている。5-HTと体温調節の関係はこれまで多くの研究が行われている。Feldberg and Myersは脳室または視床下部に5-HTを投与し、体温が上昇したことを報告して以来、現在までこの分野の研究が続いている。最近の5-HTと体温調節との関連については、5-HT<sub>1A</sub>, 5-HT<sub>3</sub>, 5-HT<sub>7</sub>などの

5-HTレセプターサブタイプの役割や、体温調節機構に関与する特定の部位やネットワークが注目されている。本総説では、まず脳内のセロトニン作動制神経システムの概略を述べ、つぎに5-HTと体温調節の研究について紹介した。最後に、我々の研究を含めた最近の知見について要約した。

### Regular Articles

#### サラブレッドにおける高強度運動時のグリコーゲン分解と乳酸代謝 (p. 451-456)

<sup>1</sup>東京大学大学院総合文化研究科, <sup>2</sup>日本中央競馬会競走馬総合研究所

北岡 祐<sup>1</sup>, 遠藤友香里<sup>1</sup>, 向井和隆<sup>2</sup>, 間 弘子<sup>2</sup>, 平賀 敦<sup>2</sup>, 八田秀雄<sup>1</sup>

競走馬のサラブレッドに1分間および2分間の高強度運動を行わせ、筋グリコーゲン濃度と筋中および血中の各乳酸濃度が経時的にどのように変化するかを検討した。血中乳酸濃度は1分間走直後に11.7 mmol/l, 2分間走直後に23.1 mmol/lまで上昇した。筋中乳酸濃度は1分間走直後に17.3 mmol/kg, 2分間走直後に23.6 mmol/kgであった。したがって、2分間の高強度運動では、血中乳酸濃度が直線的に増加するのに対し、筋中乳酸濃度の蓄積は前半の1分間に比べて後半の1分間で有意に減少した。筋グリコーゲン濃度は1分間走直後に42%, 2分間走直後に41%減少した。また、2分間走直後の筋中乳酸濃度と乳酸の放出に関わるトランスポーターのMCT4タンパク質量との間に高い正の相関関係がみられた( $p < 0.01$ )。以上の結果より、高強度運動時のグリコーゲン分解は運動開始直後に起こり、筋中乳酸濃度が高く上昇するサラブレッドの骨格筋では乳酸の放出に寄与するMCT4タンパク質の高い発現が示唆された。

#### 野球のバッティング動作における体幹回旋動作の違い — 経験者・未経験者の比較 — (p. 457-466)

<sup>1</sup>東京大学大学院総合文化研究科, <sup>2</sup>奈良女子大学生活環境学部, <sup>3</sup>名古屋大学総合保健体育科学センター, <sup>4</sup>日本学術振興会, <sup>5</sup>大阪大学大学院生命機能研究科, <sup>6</sup>早稲田大学スポーツ科学学術院

中田大貴<sup>1,2</sup>, 三浦哲都<sup>3,4</sup>, 吉江路子<sup>4,5</sup>, 樋口貴俊<sup>4,6</sup>, 工藤和俊<sup>1</sup>

野球のバッティング動作における体幹回旋動作に対する経験者と未経験者の違いを明らかにするため、ハイスピードカメラを用いて検討した。テイクバック時の最大回旋角度、インパクト時の角度、テイクバックからインパクトまでの角度変位に関して、肩・腰・肩腰捻転のそれぞれの値を算出し、比較・検討した。また、動作のばらつきを明らかにするため、10試行の標準偏差を求め、さらにテイクバックが最大回旋角度となるタイミング(ms)についても比較した。その結果、テイクバックからインパクトまでの角度変位において、肩・腰・肩腰捻転のそれぞれの値は、経験者が未経験者よりも有意に大きかった。テイクバックが最大回旋角度となる腰回旋のタイミングは、経験者が未経験者よりも遅かった。動作のばらつきについては、インパクト時の腰の角度、テイクバックからインパクトまでの腰の角度変位において未経験者が経験者よりも有意に大きかった。従来の研究では、バッティング動作の体幹回旋動作に関して角速度に着目したものが多かった。本研究では、角度変位・動作のばらつき・動作のタイミングに着目し、さらに経験者と未経験者との差を明確にした。これらの結果は、未経験者がバッティング動作を習熟して行く過程で重要な要素になるものと推定できる。