

---

---

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

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

---

Volume 6, Number 5 September 25, 2017

## CONTENTS

### *Review Articles*

**The role of sensory signals in perception of the body**

M. Sakamoto .....289

**Brain science of exercise-eating linkage for improvements in modern human health**

T. Yoshikawa, S. Ueda, A. Ishii, Y. Yamano, K. Takada,  
T. Matsuo, C. Nakamura and M. Uji .....295

**Neuroscientific evidence for multisensory convergence and interaction**

E. Tanaka, T. Kida, R. Kakigi and M. Hoshiyama .....301

**Mechanism of satellite cell regulation by myokines**

Y. Furuichi and N.L. Fujii .....311

### *Short Review Article*

**Until it hurts? Epidemiology of musculoskeletal pain in youth sports**

M. Kamada, T. Abe and J. Kitayuguchi .....317

### *Regular Articles*

**An arginine, alanine, and phenylalanine mixture increases synthesis of ketone bodies during low-intensity exercise via stimulating glucagon secretion in men with obesity**

K. Ueda, C. Sanbongi and S. Ikegami .....325

**Effect of different methods of active recovery after high-intensity exercise on intermittent exercise performance of soccer referees**

T. Yanaoka, T. Kidokoro, K. Edamoto, K. Kashiwabara,  
J. Yamagami and M. Miyashita .....335

**Epidemiology of knee injuries in Japanese collegiate rugby union players**

R. Ogaki, M. Takemura, S. Takaki, T. Shimasaki and  
T. Furukawa .....343

**Lumbar lordotic angle and pelvic tilt angle in the simple modified Thomas test position are easier to assess than those in the Thomas test position: A radiographic study**

H. Takenaka, M. Kamiya, J. Suzuki, K. Nishihama, A. Ito,  
K. Furuta, K. Yokochi, S. Hanamura and H. Hanamura  
.....349

### *Short Communications*

**Relationship between 800-m running performance and running economy during high-intensity running in well-trained middle-distance runners**

F. Tanji, T. Tsuji, W. Shimazu, Y. Enomoto and  
Y. Nabekura .....355

**Estimation of accumulated oxygen deficit from accumulated blood lactate concentration during supramaximal running in middle-distance runners**

F. Tanji, T. Tsuji, W. Shimazu and Y. Nabekura .....359

## Abstracts

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

Vol. 6, No. 5 September 2017

## Review Articles

## 身体の知覚における感覚入力役割 (p. 289-294)

熊本大学教育学部

坂本将基

ヒトは自身の身体を見なくても、身体の姿勢や大きさ、空間における身体の位置などを把握することができる。これらを正確に知覚する能力は、身体を適切に動かすために必須である。本総説では、身体知覚の成立や変化における感覚入力役割についての知見を概説する。まず、主として筋への振動刺激、皮膚の伸張、または電気刺激法などを用いた研究を取り上げ、固有感覚と皮膚感覚が身体知覚を柔軟に変化させることを紹介する。次に、視覚、触覚、固有感覚および聴覚情報の統合（多感覚統合）が身体知覚に及ぼす影響を紹介すると共に、肢の麻酔や切断による感覚入力の欠如が身体知覚の歪みを引き起こすことについても述べる。さらに、身体知覚の成立や変化における多感覚統合に関与する運動前野や頭頂皮質の役割について概説する。そして最後に、身体知覚における感覚入力役割とアスリートのパフォーマンスとの関連について議論する。

## 現代人の健康を考える上での食-動-脳連関 (p. 295-300)

<sup>1</sup>大阪市立大学大学院医学研究科運動生体医学、<sup>2</sup>森ノ宮医療大学保健医療学部鍼灸学科、<sup>3</sup>武庫川女子大学生生活環境学部食物栄養学科

吉川貴仁<sup>1</sup>、上田真也<sup>2</sup>、石井 聡<sup>1</sup>、山野葉子<sup>3</sup>、高田勝子<sup>1</sup>、松尾貴司<sup>1</sup>、中村千華<sup>1</sup>、宇治正人<sup>1</sup>

運動と食は、それぞれヒトの健康維持にとって重要な柱である。これまでの研究で、運動が血中の消化管ホルモン濃度を変化させることにより、空腹感や満腹感といった食欲を修飾する生理学的作用を有することが示されている。一般に、種々の単回運動は食欲促進性のアンル化グレリン (AG) の血中濃度を下げ、食欲減退性の消化管ホルモンであるペプチドYYやグルカゴン様ペプチド-1 (GLP-1) の血中濃度を増加させる。また、継続的な運動介入では、血中消化管ホルモン濃度の変化に伴い、空腹時の食欲は増加する一方で食後の満腹感が得られやすくなることが報告されている。一方、消化管ホルモンの標的となる視床下部よりも高次で、注意・情動・認知機能を司る前頭皮質や島皮質などの脳部位に関する研究では、運動が食刺激に対する神経応答を減弱させることが報告されている。本総説では、種々の運動が脳神経・内分泌機序を通して食欲一般に与える影響を調べた研究を紹介し、肥満者のほか高齢者や若年女性を含む現代人が抱える食に関する問題を改善するために、運動と食を繋ぐ脳科学 (食-動-脳連関) の果たす役割や可能性について概説する。

## 多感覚処理における収束と相互作用に関する神経科学的エビデンス (p. 301-310)

<sup>1</sup>名古屋大学脳とこころの研究センター、<sup>2</sup>日本学術振興会、<sup>3</sup>自然科学研究機構生理学研究所システム脳科学研究領域統合生理研究部門、<sup>4</sup>総合研究大学院大学生命科学研究科生理科学専攻

田中絵実<sup>1,2</sup>、木田哲夫<sup>3,4</sup>、柿木隆介<sup>3,4</sup>、寶珠山 稔<sup>1</sup>

ヒトの状況適応的な行動は、多様な感覚情報を効果的に利用することで成り立っている。では、ヒトの脳は異なる感覚処理過程からの情報をどのように同時に処理しているのだろうか？多感覚処理過程の研究は、単一ニューロンレベルの神経解剖学的・神経生理学的研究から始まった。こうした基礎的な知見の蓄積と、ヒト脳活動の記録技術の向上により、近年ではヒトの脳活動と様々な認知課題を組み合わせた神経科学的研究が多く報告されるようになった。本稿では、ヒトの電気生理学的研究やイメージング研究を中心に多感覚処理過程の収束と相互作用に関連する神経科学的エビデンスについて概説する。

## マイオカインによるサテライト細胞の制御機構

(p. 311-316)

首都大学東京人間健康科学研究科ヘルスプロモーションサイエンス

古市泰郎、藤井宣晴

骨格筋の体性幹細胞であるサテライト細胞は、筋損傷時に活性化して増殖し、筋細胞に融合することで筋の修復を行う。サテライト細胞の機能は筋の恒常性の維持に関わるためその制御機構の解明は健康科学の分野においても重要である。サテライト細胞の振る舞いは、外部からの刺激因子によって調節されていることが明らかになってきている。骨格筋細胞由来の生理活性物質 (総称してマイオカインと呼ばれる) も近傍のサテライト細胞に作用し、機能調節に関わることが知られている。例えば、筋損傷によって放出された成長ホルモンやサイトカインは、サテライト細胞の活性化および増殖促進を誘導する。骨格筋線維から構成的に分泌されるマイオカインの中にもサテライト細胞の機能に影響を与えるものが報告されている。本稿では、サテライト細胞の機能を制御するマイオカインとその作用機序について概説する。

## Short Review Article

## 中高生におけるスポーツと運動器疼痛の疫学

(p. 317-324)

<sup>1</sup>ハーバード大学公衆衛生大学院社会行動科学科、<sup>2</sup>国立研究開発法人医薬基盤・健康・栄養研究所国立健康・栄養研究所身体活動研究部、<sup>3</sup>身体教育医学研究所うんなん、<sup>4</sup>島根大学地域包括ケア教育研究センター

鎌田真光<sup>1,2,3</sup>, 安部孝文<sup>3,4</sup>, 北湯口純<sup>3</sup>

青少年期に身体活動やスポーツを実施することは様々な社会・健康上の恩恵をもたらすが、運動器の障害・痛みを引き起こすリスクともなり得る。本総説では、著者らの疫学研究の知見をもとに、1) 中高校生における運動器の痛みの測定方法および有訴率、2) スポーツ活動時間と運動器の痛みの量反応関係、3) ハイリスク集団、そして最後に4) 予防戦略とその評価方法について概説する。高知県雲南市で著者らが実施したコホート研究では、2403人の中高校生が調査に回答し、生徒の1/4以上(27.4%)が何らかの部位に痛みを持っていた(下肢痛15.4%, 上肢痛9.5%, 腰痛8.5%)。スポーツ活動(運動部活動等)と運動器の痛みには直線的な関係があり、週あたり1時間スポーツ活動の時間が長くなるごとに、その時に痛みを持つ確率、1年後に新たな痛みを発症する確率が、ともに3%ずつ高かった。運動部に所属する生徒のうち、3分の1程度は週に18時間以上、部活動に取り組んでおり、そうした活動時間の長い生徒では42%が痛みを持っていた。この割合は、運動部に所属しない生徒の20%と比べると約2倍に相当した。また、過体重の生徒や、メンバー数(チームメイト・部員数)が少ないチームのレギュラー選手は、それぞれ上肢痛や腰痛を持つ確率が高く、ハイリスク集団として同定された。中高校生がスポーツを行う場においては、こうした運動器の痛み・障害を予防する各種の取り組みが必要となる。今後、より多くの観察研究および介入研究が質の高いデザインの下に実施されること、また日本における(急性・慢性ともに含む)スポーツ障害に関する定期的な全国調査の仕組み(サーベイランス・システム)の構築が期待される。

## Regular Articles

アルギニン・アラニン・フェニルアラニン混合物摂取は、中年肥満男性における低強度運動時のケトン体生成をグルカゴン分泌促進を介して刺激する (p. 325-333)

<sup>1</sup>株式会社明治研究本部食機能科学研究科, <sup>2</sup>筑波大学大学院人間総合科学研究科

上田啓輔<sup>1,2</sup>, 三本木千秋<sup>1</sup>, 池上秀二<sup>1</sup>

運動は、いくつかの代謝に関係するホルモンを劇的に変化させる。我々はこれまでに、アルギニン、アラニン、フェニルアラニンの混合物の摂取が運動時の脂肪動員を引き起こすこと、さらにそのメカニズムとしてアドレナリン、グルカゴンが寄与している可能性を報告している。先行研究は健常男性を対象とした試験であり、中年肥満者に対し、上記と同様の反応が見られるか否か、また、運動強度を先行知見よりも低くした場合の知見については、未知である。そこで、運動前のアルギニン、アラニン、フェニルアラニンの混合物(A-mix)摂取が、中年肥満者における低強度運動を実施時の脂質代謝に及ぼす影響について検討した。本試験はプラセボ対照ランダム化二重盲検クロスオーバー比較試験である。研究参加者は30歳以上50歳未満で、BMIが25以上30未満かつ定期的な運動習慣を持たない11名とした。A-mix(A群)或いはデキストリン(P群)3gを経口摂取し、30分間安静の後、最大酸素摂取推定量(推定 $\dot{V}O_{2peak}$ )の40%となる運動強度にて60分間の自転車運動を行い、さらに60分間

の安静を設けた。経時的に採血した血液からホルモン及び脂質代謝指標を測定した。結果、運動時の血中総ケトン体濃度AUCにおいて、A群がP群よりも高く有意な差が認められた。また運動時の血中グルカゴン濃度AUCにおいて、A群がP群よりも高く有意な差が認められた。運動前のA-mix摂取は、中年肥満男性においても、運動時のグルカゴンの分泌を促すことで有酸素運動中の脂質異化を促進させる可能性が示唆された。

高強度運動後の異なるアクティブリカバリー方法がサッカー審判員の間欠性持久力に及ぼす影響 (p. 335-342)

<sup>1</sup>早稲田大学大学院スポーツ科学研究科, <sup>2</sup>日本学術振興会, <sup>3</sup>順天堂大学スポーツ健康医科学研究科, <sup>4</sup>目白大学人間学部児童教育学科, <sup>5</sup>東京学芸大学大学院教育学研究科, <sup>6</sup>早稲田大学スポーツ科学学術院

柳岡拓磨<sup>1,2</sup>, 城所哲宏<sup>3</sup>, 枝元香菜子<sup>4</sup>, 柏原杏子<sup>1</sup>, 山上隼平<sup>5</sup>, 宮下政司<sup>6</sup>

本研究の目的は、高強度運動後の異なるアクティブリカバリー方法がサッカー審判員のYo-Yo intermittent recovery test level 2 (Yo-Yo IR2)を用いて評価した運動パフォーマンスに及ぼす影響を検討することであった。14名のサッカー審判員はクロスオーバーデザインを用いた3試行の試験を行った。10分間の安静を保った後、対象者は最大心拍数の80%の強度で約495 mのランニング、その後最大心拍数の90%の強度で約165 mのランニングを行った。その後、対象者は、1)15分間の安静座位、2)15分間の心拍数130拍/分の継続的なアクティブリカバリー、3)安静と心拍数130拍/分の運動を2.5分ずつ3回反復する間欠的なアクティブリカバリーのいずれかを実施した。最後に対象者は、Yo-Yo IR2を行った。血中乳酸及び唾液中コルチゾール濃度を安静、高強度運動、回復介入、Yo-Yo IR2直後に測定した。日本語版Profile of Mood States (POMS)を安静後、Yo-Yo IR2後に行った。Yo-Yo IR2の成績は、安静座位試行と比較し間欠的なアクティブリカバリー試行において有意に高値を示した。血中乳酸濃度は回復介入後において、安静座位試行と比較し継続的及び間欠的なアクティブリカバリー試行で有意に低値を示した。唾液中コルチゾール濃度について、試行間で有意な差は認められなかった。POMSの疲労の値について、間欠的なアクティブリカバリー試行で有意な上昇を認めなく、安静試行及び継続的なアクティブリカバリー試行で有意な上昇が認められた。本研究の結果、高強度運動後の間欠的なアクティブリカバリーは安静座位と比較し、Yo-Yo IR2の成績を向上させることが示唆された。

日本の大学ラグビー選手における膝関節傷害の疫学

(p. 343-348)

<sup>1</sup>筑波大学スポーツR&Dコア, <sup>2</sup>筑波大学体育系, <sup>3</sup>筑波大学大学院人間総合科学研究科

大垣 亮<sup>1</sup>, 竹村雅裕<sup>2</sup>, 高木 祥<sup>3</sup>, 嶋崎達也<sup>2</sup>, 古川拓生<sup>2</sup>

本研究の目的は、日本の大学ラグビー選手における膝関節傷害の発生率、重症度、受傷機転および内的危険因子を明らかにすることである。本コホート研究には、1チームに所属する119名の大学ラグビー選手が参加した。膝関節の傷害発生状況は、2009~2012年のシーズン



中にチームドクターおよびアスレティックトレーナーによって記録された。4シーズン中に発生した膝関節の傷害件数は64件であった。膝関節の傷害発生率は、試合時(10.5件/1000 player-hours (1000ph))と練習時(0.3件/1000ph)で有意に差があった。最も主要な傷害は、膝内側側副靭帯損傷(4.4件/1000ph)であった。最も重症度が高い傷害は、膝前十字靭帯損傷(欠損日数, 182.5日; Burden, 310.3日/1000ph)であった。傷害の受傷機転は、ラック/モール(26.6%)とステップ/カッティング(20.3%)が多かった。傷害の内的危険因子として、既往歴(OR, 3.3; 95%CI, 1.3-8.4;  $p = 0.01$ )および10年以上の競技経験(OR, 2.4; 95%CI, 1.1-5.7;  $p = 0.03$ )が該当した。大学ラグビー選手の膝関節の傷害発生率は、プロレベルと同等であったが、発生率と重症度が高い膝関節の靭帯損傷は、プロレベルよりも高かった。FWではラック/モールでの発生が多く、BKではステップ/カッティングやタックルを受けたときに発生していた。ポジションによって傷害リスクが高いプレー場面は異なるため、ポジションの特性に応じた予防措置が必要である。

簡便なトーマステスト変法の腰椎前弯と骨盤後傾はトーマステストと比較して平坦であり後方回転している: X線写真研究 (p. 349-354)

<sup>1</sup>あさひ病院リハビリテーション科, <sup>2</sup>愛知医科大学整形外科, <sup>3</sup>あさひ病院整形外科

竹中裕人<sup>1</sup>, 神谷光広<sup>2</sup>, 鈴木惇也<sup>1</sup>, 西浜かすり<sup>1</sup>, 伊藤敦貴<sup>1</sup>, 古田国大<sup>1</sup>, 横地恵太<sup>1</sup>, 花村俊太郎<sup>3</sup>, 花村浩克<sup>3</sup>

本研究の目的は、簡便なトーマステスト変法(SMTT)姿勢とトーマステスト(TT)姿勢の腰椎前弯角度(LL)と骨盤角度(PT)を比較することである。対象者(20名)は外傷歴のない23-39歳の男性とした。SMTT姿勢, TT姿勢, 背臥位姿勢の3条件で、LLとPTをX線写真を用いて計測した。同時に、検査台と膝窩の距離を定規で計測した。これらを一元配置分散分析で比較した。SMTT姿勢のLL( $14.6 \pm 6.7^\circ$ )は、TT姿勢のLL( $18.6 \pm 6.6^\circ$ )に比べ有意に低値であった( $p < 0.01$ )。SMTT姿勢のPT( $33.5 \pm 7.6^\circ$ )は、TT姿勢( $31.3 \pm 6.9^\circ$ )に比べ有意に高値であった( $p < 0.05$ )。SMTT姿勢の検査台と膝窩の距離( $100 \pm 37.7$  mm)は、TT姿勢( $73.5 \pm 27.4$  mm)に比べ有意に高値であった( $p < 0.01$ )。そのため、簡便なトーマステスト変法の腰椎前弯と骨盤後傾はトーマステストと比較して平坦であり後方回転していることが明らかになった。

### Short Communications

良くトレーニングされた中距離ランナーにおける800 m走パフォーマンスと高強度走行中の走の経済性の関係

(p. 355-358)

<sup>1</sup>国立スポーツ科学センタースポーツ科学部, <sup>2</sup>筑波大学人間総合科学研究科, <sup>3</sup>名古屋高校, <sup>4</sup>筑波大学体育系  
丹治史弥<sup>1,2</sup>, 辻 俊樹<sup>2</sup>, 嶋津 航<sup>2,3</sup>, 榎本靖士<sup>4</sup>, 鍋倉賢治<sup>4</sup>

乳酸性代謝閾値(LT)を超える強度における走の経済性(RE)が、最も1,500 m走パフォーマンスを推定できる有酸素性能力として報告された。これは、1,500 mの競技中にLTよりも速い速度で走行しているためよりレー

ス中の代謝を反映しているためとされている。そこで本研究ではさらにLTよりもはるかに高い走速度でレースが行われている800 m走パフォーマンスとLT以下およびLT以上の強度で評価したREを含む有酸素性能力との関係を明らかにした。本研究は良くトレーニングを行っている男性中距離ランナー12名を対象とした(800 m走速度:  $25.5 \pm 0.5$  km $\cdot$ h $^{-1}$ , LT強度:  $79.7 \pm 5.1\%$   $\dot{V}O_{2max}$ )。REはLTを超える強度として90% $\dot{V}O_{2max}$  (RE<sub>90</sub>)そしてLTを超えない強度として65% $\dot{V}O_{2max}$  (RE<sub>65</sub>)が算出された。800 m走パフォーマンスは最大酸素摂取量( $\dot{V}O_{2max}$ )およびLTとの間に関連が認められなかった(それぞれ  $r = -0.16$  および  $-0.10$ )。一方RE<sub>90</sub>およびRE<sub>65</sub>の間には有意な相関関係が認められ、とりわけRE<sub>90</sub>において高い相関係数が認められた( $r = -0.80$  vs  $-0.75$ )。加えて $\dot{V}O_{2max}$ , LTおよびRE<sub>90</sub>による800 m走パフォーマンスの決定係数は $\dot{V}O_{2max}$ , LTおよびRE<sub>65</sub>によるそれよりも高い値となった( $R^2 = 0.522$  vs  $0.428$ ;  $P = 0.03$  vs  $0.06$ )。これらの結果は800 m走においてもLTを超える強度におけるREが他の有酸素性能力よりも走パフォーマンスを推定でき、 $\dot{V}O_{2max}$ , LTおよびLTを超える強度のREによって800 m走パフォーマンスの50%以上を説明できると結論づけられる。

中距離ランナーにおける全力走行中の血中乳酸蓄積量による酸素借の推定 (p. 359-363)

<sup>1</sup>国立スポーツ科学センタースポーツ科学部, <sup>2</sup>筑波大学人間総合科学研究科, <sup>3</sup>名古屋高校, <sup>4</sup>筑波大学体育系  
丹治史弥<sup>1,2</sup>, 辻 俊樹<sup>2</sup>, 嶋津 航<sup>2,3</sup>, 鍋倉賢治<sup>4</sup>

無酸素性エネルギー代謝能力のゴールデンスタンダードである最大酸素借(MAOD)は、評価するために複数の試技を行なう必要があり、被験者にとって負担が大きい。血中乳酸蓄積量( $\Delta$ bLa)も同様に無酸素性エネルギー代謝能力の変数の一つであり、酸素借(AOD)との間に関連が認められている。そのため $\Delta$ bLaによってAODが推定されている( $3.0$  mL $O_2$  $\cdot$ kg $^{-1}$  $\cdot$ min $^{-1}$ )が、競技ランナーの全力走行においても同様の推定式が当てはまるかは明らかでない。そこで本研究は中距離ランナーの疲労困憊に至る最大運動におけるMAODと $\Delta$ bLaの関係から、 $\Delta$ bLaによるAODの推定式を明らかにした。男性中距離ランナー11名を対象とした(800 m走速度:  $25.5 \pm 0.5$  km $\cdot$ h $^{-1}$ )。3つのテスト試技(maximal, submaximal and supramaximal running test)によって全力運動中のMAODおよび $\Delta$ bLaを算出した。MAODおよび $\Delta$ bLaはそれぞれ $56.6 \pm 6.0$  mL $O_2$  $\cdot$ kg $^{-1}$ および $9.9 \pm 1.1$  mmol $\cdot$ L $^{-1}$ であり、MAODと $\Delta$ bLaの間には有意な正の相関関係が認められ( $r = 0.73$ )、その帰帰直線式は“ $y = 3.58x + 18.6$ ”であった。競技ランナーの全力走行におけるbLa蓄積1 mM当たりのAODは $3.58$  mL $O_2$  $\cdot$ kg $^{-1}$ であり、これまで用いられてきた値よりも19%大きいことが示された。