第19回乳酸研究会

日時　**2023年2月4日 (土) 13:30~**

開催方式　**対面とオンラインのハイブリッド開催**

場所　**東京大学駒場キャンパス**
KOMCEE EAST K011教室

(Zoomによるライブ配信)

参加費無料

主催: 東京大学 八田研究室
協賛: コービオンジャパン株式会社, アークレイ株式会社

プログラム

骨格筋ミトコンドリアの適応における乳酸の役割
　高橋謙也　東京大学大学院総合文化研究科
筋収縮による筋タンパク質同化作用における解糖系の役割
　小笠原理紀　産業技術総合研究所細胞分子工学研究部門
MCT4 欠損による乳酸放出の抑制は、運動能力やトレーニング効果に影響を与えるか
　田村優樹　日本体育大学
乳酸測定器　ラクテートプロ2のご案内
　山枡康平　アークレイマーケティング株式会社
（休　憩）
腸内フローラと運動の関係について
～腸内フローラの調節でパフォーマンスは向上するのか？～
　森田寛人　アサヒクオリティーアンドイノベーションズ株式会社
トレーニングの中断が骨格筋ミトコンドリアに与える影響と、栄養介入による効果
　松永　裕　東京大学大学院総合文化研究科

総合討論

閉会にあたり　島津文範　コービオンジャパン株式会社

ごあいさつ

第 19 回となる乳酸研究会を行います。3 年ぶりに会場開催ができることになりました。対面の方がやりとりがはっきり伝わりますし、個別の対応も細かくできます。一方 2 年間のオンライン開催では、それまでよりも広く全国からご参加いただきました。そこでアークレイさんのご協力で、ネット配信の形でオンライン配信も継続して行うことになりました。

今回は前半は乳酸研究会らしい、乳酸を中心にした基礎的な内容になります。古くは「酸素がなくてできる老廃物で疲労の素」という悪役の代表だった乳酸が、今の研究では「糖の利用を調節する使いやすいエネルギー源で、疲労を防ぎ、望ましい適応を起こすシグナル」ということをみていただければです。後半も持久的運動とトレーニングに関連した、最近の新たな知見に関する興味深い内容が続きます。

皆様には積極的に討論に加わっていただきたいところですが、特にネット配信で参加の皆様のご質問に対応できるのは一部のみとなることも考えられます。この点ご了承ください。

終わりに毎回この会をご支援いただいている、コービオンジャパン株式会社、アークレイ株式会社の方々に感謝します。

2023 年 2 月 4 日
東京大学大学院総合文化研究科
八田秀雄

骨格筋ミトコンドリアの適応における乳酸の役割

東京大学　大学院総合文化研究科
高橋謙也

【はじめに】

乳酸は体内の酸素状態を反映して産生される老廃物ではないことは、40 年以上前から複数の研究によって明らかにされてきた。第 1 回乳酸研究会（2005 年 2 月）において、乳酸は「糖が分解されることで産生され、ミトコンドリアで酸化されるエネルギー基質である」と説明されている。それからのおよそ 18 年の間、乳酸に関する新たな知見が蓄積され、乳酸に対する理解はさらに深まりつつある。本発表では、近年明らかになりつつあるシグナル分子としての乳酸について、われわれが行ってきた研究をふまえながら紹介していく。

【乳酸シグナル説の背景】

近年では、血中乳酸濃度が上昇するような高強度トレーニングが、骨格筋ミトコンドリアを増加させる効率の良い方法として注目を集めている。また、ラット骨格筋由来の L6 培養細胞を対象とした研究では、培地に乳酸を添加することで、ミトコンドリア量が増加したことを報告している。これらの報告から、乳酸が骨格筋ミトコンドリアの適応に関与している可能性が考えられる。

【乳酸投与による骨格筋ミトコンドリアの量的変化】

われわれは、はじめに生体において乳酸が骨格筋ミトコンドリアに与える影響について検討した。マウスを対象として、乳酸を 3 週間にわたって腹腔内投与した。その結果、骨格筋ミトコンドリア量の指標となる酵素活性は、乳酸投与によって上昇した。また、乳酸投与により血中乳酸濃度を上昇させた状態で持久的トレーニングを 3 週間行わせたところ、生理食塩水を投与して持久的トレーニングを行った場合と比較して、骨格筋ミトコンドリアの酵素活性は有意に高い値を示した。これらの結果から、骨格筋ミトコンドリアを効率よく増加させるという高強度トレーニングの有用性に、乳酸が関与している可能性が示唆される。

【乳酸投与による骨格筋ミトコンドリアの機能的変化】

運動トレーニングは、骨格筋ミトコンドリアの量的な変化だけではなく、機能的な変化を引き起こすことが近年の研究によって明らかになりつつある。そこで、乳酸による骨格筋ミトコンドリアの機能的な変化を検討するため、マウスを対象として乳酸投与を 4 週間行い、腓腹筋からミトコンドリアを単離して、酸素消費量について測定を行った。その結果、骨格筋ミトコンドリアの一部の酸素消費速度は、生理食塩水投与と比較して、乳酸投与で有意に高い値を示した。さらに、メカニズム解明のために単離したミトコンドリアの酵素活性およびタンパク質量について測定したところ、一部の呼吸鎖複合体酵素活性および構成タンパク質量が有意に増加していることが明らかとな

った。これらの結果は、乳酸は骨格筋ミトコンドリアの量的な変化だけでなく、機能的な変化を引き起こす可能性を示唆している。

【サプリメントとしての乳酸の可能性】

乳酸がシグナル分子として機能するのであれば、乳酸をサプリメントとして摂取することで、骨格筋ミトコンドリアの適応を引き起こすことができると考えられる。この仮説を検証するために、われわれはマウスを対象として、持久的運動前に乳酸を経口投与しながら 4 週間のトレーニング実験を行った。その結果、骨格筋ミトコンドリア量の指標として用いられるミトコンドリアの酵素活性は、持久的トレーニングと乳酸経口投与により、相加的に上昇した。この結果は、サプリメントとしての乳酸摂取もミトコンドリアの適応を引き起こす有効な手段となりうる可能性を示唆している。

【乳酸産生の意義】

最後に、「なぜ乳酸が骨格筋ミトコンドリアの適応を引き起こす因子となりうるのだろうか？」ということについて考えていきたい。糖は生体内の重要なエネルギー源であり、糖の枯渇は疲労の一因である。乳酸濃度は、運動強度の上昇に伴って高まるが、これは、糖を分解することによる乳酸の産生がミトコンドリアによる乳酸の酸化を上回ることで起こる。すなわち、乳酸濃度の上昇は、ミトコンドリアによるエネルギー供給では、運動のエネルギー需要を満たすことができないため、生体の重要なエネルギーである糖を分解せざるおえないことを意味する。したがって、乳酸がシグナルとなり、骨格筋ミトコンドリアのエネルギー産生能力を向上させることで、糖の利用を抑制するような適応を引き起こすのではないかという仮説が導き出される。発表当日は、参加者の皆さんとの議論や意見交換により、乳酸に対する理解をさらに深めていきたい。

【本発表に関連した文献】

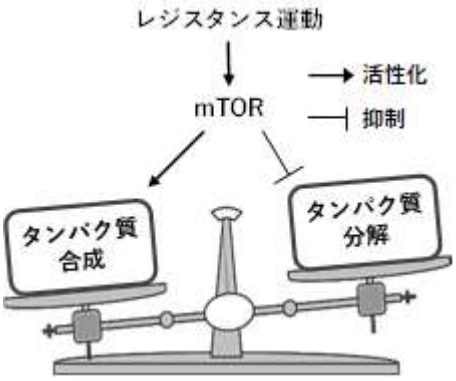
1) **Takahashi K, Tamura Y, Kitaoka Y, Matsunaga Y, and Hatta H**. Effects of Lactate Administration on Mitochondrial Respiratory Function in Mouse Skeletal Muscle. *Front Physiol* 13: 920034, 2022.
2) **Takahashi K, Kitaoka Y, Yamamoto K, Matsunaga Y, and Hatta H**. Oral Lactate Administration Additively Enhances Endurance Training-Induced Increase in Cytochrome C Oxidase Activity in Mouse Soleus Muscle. *Nutrients* 12: 2020.
3) **Kitaoka Y, Mukai K, Takahashi K, Ohmura H, and Hatta H**. Effect of lactate administration on exercise-induced PGC-1α mRNA expression in Thoroughbreds. *Comp Exerc Physiol* 2020.
4) **Takahashi K, Kitaoka Y, Matsunaga Y, and Hatta H**. Effects of lactate administration on mitochondrial enzyme activity and monocarboxylate transporters in mouse skeletal muscle. *Physiol Rep* 7: e14224, 2019.
5) **Kitaoka Y, Takeda K, Tamura Y, and Hatta H**. Lactate administration increases mRNA expression of PGC-1alpha and UCP3 in mouse skeletal muscle. *Appl Physiol Nutr Metab* 41: 695-698, 2016.

筋収縮による筋タンパク質同化作用における解糖系の役割

産業技術総合研究所 細胞分子工学研究部門
小笠原 理紀

骨格筋には身体運動を生み出す運動器としての役割以外にも代謝臓器や内分泌器官としての機能・役割が知られており，その量・機能は広く生体機能に関わる．筋収縮は、持久性運動のような低強度長時間筋収縮によるエネルギー基質利用能向上などのマラソンランナーのような適応から、レジスタンス運動のような高強度短時間筋収縮による筋肥大などのボディビルダーのような適応まで、その強度や量に応じて幅広い骨格筋適応を生み出すことができる。この適応機構は不明な点が多いが、骨格筋がいかにして筋収縮による様々な刺激を読み取り、刺激に応じて細胞の大きさや機能を変化させるのか明らかにすることで、より効果的な運動プログラムの開発や、運動効果を促進/模倣する薬剤等の開発に貢献することが期待できる。

我々は骨格筋の筋収縮適応の中でも特に筋肥大適応に注目して研究を進めている．骨格筋量は，主に筋細胞内におけるタンパク質合成と分解のバランスによって決定されており，レジスタンス運動は筋タンパク質合成の亢進によってタンパク質代謝の出納バランスをプラスに傾けることがわかっている．その繰り返し（トレーニング）によって徐々に筋タンパク質が蓄積し，筋肥大が観察される．以上から，レジスタンストレーニングによって筋肥大効果を得るためには単回のレジスタンス運動によって筋タンパク質合成を亢進させることが重要であると考えられている．その分子メカニズムについて，我々を含めた複数の研究グループによってリン酸化酵素である mechanistic target of rapamycin (mTOR)が活性化することが重要であることがわかっているが，その上流メカニズムは不明な点が多い[1,2].



レジスタンス運動による
筋タンパク質代謝制御の概要

筋肥大効果を得ることができるレジスタンス運動プロトコルに共通する特徴としては速筋線維の動員が知られており，筋収縮時の急速な ATP（エネルギー）需要に呼応して解糖系が大きく亢進する。このような代謝環境の変化は代謝ストレスと呼ばれ、詳細なメカニズムは不明だが多くの現象的証拠からレジスタンス運動による筋タンパク質合成亢進の一要因と考えられている。一方、骨格筋ではないものの，解糖系と mTOR には密接な関係が示唆されていたことから，我々は筋収縮時の解糖系の亢進が mTOR を活性化し，筋タンパク質合成を増加させているのではないかと考え，研究を進めた。

2021 年に報告した我々の研究[3]では，雄性の若齢 Sprague-Dawley ラットを対象とし，電気刺激によるレジスタンス運動モデルを用いた．電気刺激前に解糖系阻害剤である 2-デオキシ-D-グルコース（2-DG）を投与した．その結果，2-DG の投与によってコントロール（CON）条件と比べて安静時および筋収縮後の筋内乳酸濃度は低く，同様に安静時および筋収縮後の mTOR 活性は低く，筋タンパク質合成も少なかった．

解糖系阻害剤 2-DG が筋収縮による mTOR シグナル活性化と筋タンパク質合成亢進に及ぼす影響． A：mTOR シグナルの概要．Ⓟはリン酸化を示す．B：Akt，p70S6K，4E-BP1 のリン酸化．それぞれバンドが濃いほどリン酸化が亢進していることを示す．C：タンパク質合成．

この際，mTOR 活性や筋タンパク質合成に影響を及ぼす要因として，解糖系の抑制によって変化する可能性のあった発揮した力の力積，リン酸化酵素 AMPK（AMP/ATP の上昇によって活性化され，mTOR を抑制する）に 2-DG 投与の影響は観察されなかった．以上から，現時点で詳細なメカニズムは不明であるが，解糖系は mTOR シグナルと筋タンパク質合成を正に制御していると考えられる．我々は現在，糖代謝と筋タンパク質合成の関係性について，解糖系の代謝物である乳酸に注目して研究を進めている．研究会では，それらの未発表データを含め筋収縮による筋タンパク質合成亢進メカニズムについて最新の知見を紹介したい．

参考文献

1. Ogasawara R, Jensen TE, Goodman CA, Hornberger TA. Resistance Exercise-Induced Hypertrophy: A Potential Role for Rapamycin-Insensitive mTOR. Exerc Sport Sci Rev. 2019. 47(3): 188-94
2. 小笠原 理紀. 運動による骨格筋肥大メカニズム－筋タンパク質同化に関わる運動シグナル－. 化学と生物. 2021. 59(8): 377-384
3. Suginohara T, Wakabayashi K, Ato S, Ogasawara R. Effect of 2-deoxyglucose-mediated inhibition of glycolysis on the regulation of mTOR signaling and protein synthesis before and after high-intensity muscle contraction. Metabolism. 2021. 114: 154419

MCT4 欠損による乳酸放出の抑制は、運動能力やトレーニング効果に影響を与えるか？

日本体育大学 体育学部/大学院体育学研究科/体育研究所

田村 優樹

はじめに

Hill や Meyerhof が、骨格筋のエネルギー代謝に関する研究でノーベル生理学賞を受賞してから 100 年が経過した。彼らは、今日の筋生理学や運動生理学の礎を築いた巨人である。一方で、彼らの科学的主張の中には、今日では見直されているものもある。例えば、「乳酸は、無酸素状態に陥った際に産生される」あるいは「乳酸は疲労物質」などが挙げられる。現代科学では、乳酸は効率的なエネルギー源であることや様々な生理的適応を導く情報伝達分子としての役割が明らかにされつつある。すなわち、乳酸は 100 年以上に渡って科学者を魅了し続けた重要な研究対象であるといえる。

運動代謝学における今日の乳酸の姿

解糖系が活性化すると、ATP だけではなく中間代謝物としてピルビン酸が産生される。このピルビン酸は、ミトコンドリアへ輸送・酸化され ATP を生み出す。ミトコンドリアでの酸化能力を上回る解糖系の活性化が生じた場合、余剰なピルビン酸は乳酸へと一時的に変換される。なお、運動強度の上昇に伴ってエネルギー需要が増大すれば、解糖系の活性化は一層亢進するため、結果として乳酸の産生量が高まる。乳酸は、産生された細胞で再びピルビン酸に変換され、エネルギー源として利用される。加えて、細胞膜に局在するモノカルボン酸輸送体（Monocarboxylate Transporter: MCT）によって濃度勾配に従い乳酸は輸送される。MCT は様々なアイソフォームが存在することが知られている。とりわけ骨格筋においては、MCT4 が乳酸の放出、MCT1 が乳酸の取り込みに関与することが知られている。すなわち、運動強度の上昇に伴う解糖系の活性化により産生された骨格筋の乳酸は、MCT4 によって血液循環に放出され、他の骨格筋や臓器の MCT1 により、細胞内に乳酸が取り込まれる。このように、運動中に骨格筋から乳酸を輸送することは、エネルギー源の再配分を通して運動の継続に寄与している。さらに、近年では、運動中に骨格筋から放出された乳酸が、トレーニングによる骨格筋の適応にも重要な役割を担っていることが明らかにされつつある。具体的には、マウスに外因性の乳酸を与えた際に骨格筋の適応が生じるか否かについて調べられている。その結果、乳酸

は、骨格筋のミトコンドリアの量や機能を高める役割をもつことなどが明らかにされている。すなわち、乳酸は効率的なエネルギー源だけではなく、代謝的な適応を促す情報伝達分子としての姿も明らかにされつつある。

我々の取り組み

上述の通り、代謝的適応を導く情報伝達分子としての乳酸の役割が示されつつある。しかしながら、これらの研究は、外因性の乳酸を与えたことによる代謝的適応を検討している。すなわち、「骨格筋細胞の中で、乳酸が情報伝達分子としてどのように働くのか？」については、依然として謎が多く残されている。したがって、骨格筋細胞の中での乳酸の働きを理解するためには、「骨格筋からの乳酸放出を抑制し、運動中の骨格筋の乳酸濃度を一層高めた際に、どのような変化が骨格筋で生じるのか？」といった問いを明らかにすることが必要となる。そのためには、乳酸の放出に関わる MCT4 の機能を制限することが有用なアプローチとなる。そこで我々は、先端的な遺伝子工学の技術である CRISPR/Cas9 を用いて MCT4 の欠損マウスを作出した。そして、この MCT4 欠損マウスを対象に、高強度運動時の生理応答や適応についての検討を重ねてきた。興味深いことに、運動による骨格筋の乳酸濃度の上昇を MCT4 欠損により増強すると、解糖系やミトコンドリアの酸化的エネルギー代謝の機能が高まることが明らかとなっている。本講演では、我々の最新のデータを踏まえながら「骨格筋細胞内の乳酸濃度を高める意義」や「高強度運動で骨格筋で乳酸濃度を高める意義」、「我々の取り組みから浮かび上がってきた、運動中の乳酸代謝を真に理解するための新たな課題」などについて参加者の皆様と共に考える機会としたい。

腸内フローラと運動の関係について
～腸内フローラの調節でパフォーマンスは向上するのか？～

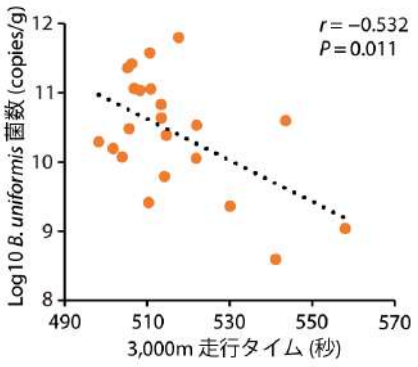
アサヒクオリティーアンドイノベーションズ株式会社
コアテクノロジー研究所
森田　寛人

【背景】

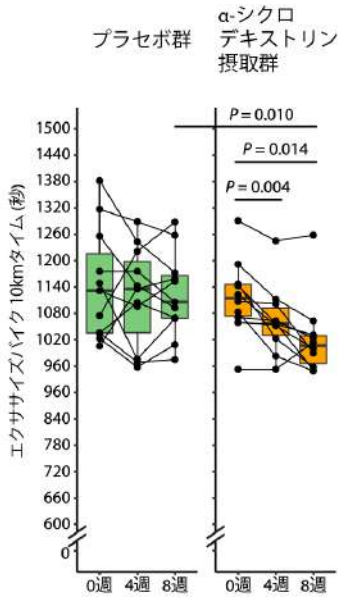
ヒトの腸内には 1 ,000 種類を超えるとも言われる多様な細菌が約 40 兆個も棲みついていると見積もられている。これらの細菌は腸内細菌と呼ばれ、主としてこの腸内細菌によって構成される微生物の集団は腸内フローラと呼ばれる。腸内フローラは、それを構成する各種腸内細菌の量や種類のバランス、また、腸内細菌が産生する代謝物を介してヒトの健康や疾患に大きな影響を与えることが近年の研究により明らかとなってきている。また、運動と腸内フローラの関連を調べた研究もこれまでにいくつか報告されており、トップアスリートの腸内フローラはそうでない人々よりも多様性に富んだ腸内細菌種で構成されていることが明らかになっている。さらに、腸内細菌が存在しない無菌マウスの限界遊泳時間は通常のマウスと比べて短いことや、運動をさせたマウスとさせないマウスでは腸内フローラの構成が異なることが報告されている。これらの研究成果は、腸内細菌と運動は相互に影響を及ぼしていることを示唆している。しかし、多様な腸内細菌の中のどの菌種が運動に関与するのか、また、関与するのであればそのメカニズムはどのようなものなのか、といったことはほとんど明らかになっていない。我々は、国内の大学駅伝チームに所属するランナーの腸内フローラを調べることをきっかけに、腸内細菌と持久運動に関連する新たな知見を得ることができた。本講演では以下に示すその知見を紹介するとともに、腸内フローラと運動に関する周辺情報も紹介する。

【方法と結果】

国内トップレベルの駅伝成績を持つ大学陸上チームに所属する男性ランナー25 名の腸内フローラを調べ、同世代の男性の腸内フローラと比較した。その結果、ランナーの腸内には *Bacteroides* 属細菌が多いという特徴を見出した。特に、*Bacteroides uniformis* と呼ばれる腸内細菌の存在量は、ランナーの 3,000 m 走行タイムと負の相関（*B. uniformis* が腸内に多いほど 3,000 m の走行タイムが早い）を示したことから、この腸内細菌が持久運動パフォーマンスに関与する可能性が考えられた。*B. uniformis* はヒトの腸内に一般的に存在する腸内細菌であるため、それらの菌数を腸内で増やすことによる運動パフォーマンスへの影響を評価することを目的に、*B. uniformis* が利用可能な環状オリゴ糖である α-シクロデキストリンを含んだサプリメントを運動習慣がある 20～40 歳代の日本人一般男性 12 名に摂取させた（α-シクロデキストリン摂取群）。その結果、この群では摂取 8 週間後において腸内の *B. uniformis* の菌数が摂取前と比較して増加していた。さらに、この群ではエクササイズバイクで 10km を漕ぐために必要なタイムが摂取前と比較して約 10%短縮し、このタイムはプラセボサプリメントを摂取した群のタイムと比較しても有意に早いタイムであった。これらの結果から、*B. uniformis* が好む環状オリゴ糖である α-シクロデキストリンの摂取はヒトの持久運動パフォーマンスを向上させることが明らかとなった。

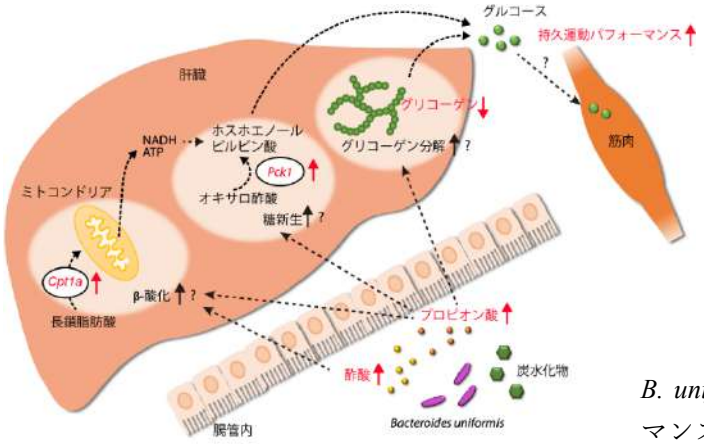


駅伝ランナーの腸内 *B. uniformis* 菌数と
3,000m 走行タイムの相関



α-シクロデキストリン摂取群の
エクササイズバイク 10km 走行タイム

また、*B. uniformis* による持久運動パフォーマンス向上のメカニズムとして、この腸内細菌によって腸内で産生される酢酸とプロピオン酸が運動中の肝臓におけるグリコーゲン分解と糖新生を促進し、運動に必要なグルコースを全身に供給していることが推測された。



B. uniformis を介した持久運動パフォーマンス向上の推定メカニズム

【考察とまとめ】

本研究により、ヒト腸内フローラにおける優勢菌の 1 種である *B. uniformis* が持久運動パフォーマンスに関与しており、この腸内細菌が好む環状オリゴ糖を摂取することでヒトの持久運動パフォーマンスが向上することが明らかとなった。このため、*B. uniformis* をターゲットとしたプロバイオティクスやプレバイオティクスを用いることによってヒトの持久運動パフォーマンスを引き上げることができる可能性がある。一方で、そのメカニズムを断定するには至っておらず、今後の課題として残っている。

トレーニングの中断が骨格筋ミトコンドリアに与える影響と、栄養介入による効果

東京大学　大学院総合文化研究科
松永　裕

【はじめに】

ミトコンドリアとは生体内のエネルギー産生工場の役割を担う細胞小器官であり、その量や質が、我々の運動パフォーマンスや健康に影響を与える。例えば運動との関係においては、骨格筋のミトコンドリアが増加することにより、運動時に利用されるグリコーゲンの量が節約され、パフォーマンスの向上につながる。また、ミトコンドリアの機能の低下がインスリン抵抗性などの代謝疾患の発症と関係があることも報告されている。したがって、定期的に運動を行い、質の高いミトコンドリアをより増やすことが推奨されている。

しかしながら、トレーニングによってミトコンドリアを増加させることが推奨される一方で、必ずしも全ての人が継続して運動を行うことができるわけではない。例えば、風邪などの内科的疾患や、捻挫や骨折といった怪我によって一定期間安静を強いられるというケースは誰しもが経験するところであろう。これまでの研究により、レジスタンストレーニングの休止によって筋力が低下すること、持久的トレーニングの休止によって最大酸素摂取量や心拍出量が低下することなどが報告されている。またエネルギー産生工場でもあるミトコンドリアもトレーニングの休止によって減少し、その結果 ATP 産生量が低下することや運動時の呼吸交換比(RER)が増加し、運動パフォーマンスを低下させることが明らかとなっている。このように、運動トレーニングを休止した際は骨格筋だけではなく、酸素の取り込みから血液による輸送、さらにはエネルギーの生産まで、身体の多くの機能が低下することが示唆されており（図. 1)、これらの減少・機能低下を抑制する方法が求められている。そこで本研究会では、トレーニングを休止した際に引き起こされる身体の変化、特にミトコンドリアへの影響について解説し、またミトコンドリアの減少に対して栄養・サプリメントの摂取が与える効果についていくつかの知見を紹介する。

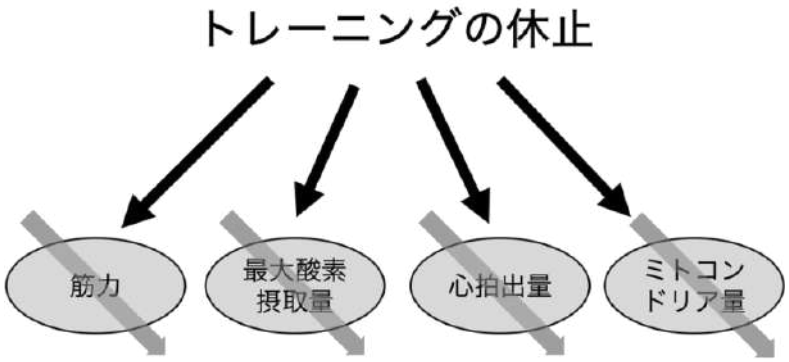


図1. トレーニング休止が身体に与える影響

【ミトコンドリアの量的制御について】

トレーニング休止に伴うミトコンドリアの減少を抑制する方法を紹介する上で、ミトコンドリアの量的な制御について考える。ミトコンドリアというのは、図 2 の概念図にあるように合成と分解によってバランスが取られている。つまりミトコンドリアの合成が分解を上回れば量が増加し、分解が合成を上回れば、量が減少するということである。

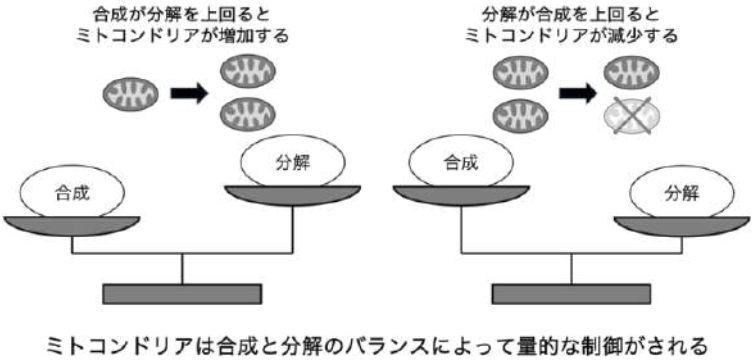


図. 2 ミトコンドリアの量的制御の概念図

【トレーニング休止に対する栄養摂取の効果】

トレーニング休止によるミトコンドリアの減少を抑制する方法として、我々は分岐鎖アミノ酸(BCAA)の摂取に着目をした。図 3 に示すように、トレーニング群と比較してトレーニングを休止した群ではミトコンドリア量の指標であるクエン酸合成酵素活性(CS 活性)が低下した。しかし、トレーニング休止期間中に BCAA を摂取することにより、CS 活性の減少を抑制することが示された。さらに検討を行った結果、BCAA の摂取は、ミトコンドリア合成に関与するタンパク質には影響を与えないものの、ミトコンドリアの分裂・分解に関与するタンパク質を減少させることが明らかとなった。これらの結果から、トレーニング休止期間中の BCAA 摂取は、ミトコンドリアの合成の亢進よりもむしろ、分解の抑制を引き起こすことによって、ミトコンドリア量の減少を抑制させることが示唆された。

この他にも、本研究会ではトレーニング休止に対するミトコンドリア機能への影響や、ミトコンドリアの生合成を高める栄養素について紹介を行う予定である。

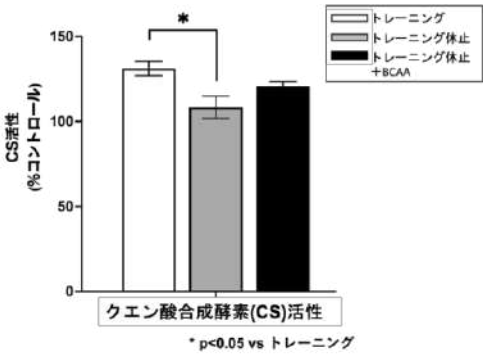


図. 3 トレーニング休止期間中のBCAA摂取が
ミトコンドリア酵素活性に与える影響

【参考文献】

Matsunaga Y, Tamura Y, Takahashi K, Kitaoka Y, Takahashi Y, Hoshino D, Kadoguchi T, Hatta H. Branched-chain amino acid supplementation suppresses the detraining-induced reduction of mitochondrial content in mouse skeletal muscle. FASEB J. 2022; 36: e22628.

下肢と体幹の筋がよくわかる基礎ノート

新刊

著 渡邊裕也 明治安田厚生事業団体力医学研究所
監修 石井直方 東京大学名誉教授
● A5判・240頁・図表150点　定価3,300円(税込)

介護予防・フレイル・サルコペニア予防、つまり加齢の変化に対応しつつ「健康寿命」を延ばすためのトレーニングの観点と、誰もが筋力トレーニングを行うにあたって知っておきたい背景と最新情報を含めて、その基礎となる内容をトレーニング科学の観点から体系的にまとめています。

特に、加齢に伴う機能低下の著しい下肢と体幹の筋群の生理学的・機能解剖学的特徴に加え、エビデンスに基づく効果的なトレーニング法を詳説しています。筋肉に興味をお持ちの方々、あるいはトレーニングをされている方々にも知っていただきたい骨格筋と健康維持、増進の基礎的内容をまとめたものでもあります。

9784764412309

入門スポーツ科学
運動指導のパラダイムシフト

既刊好評

著 宮下充正 東京大学名誉教授
A5判・160頁
定価2,530円(税込)

本書では、運動指導者が理解しやすいように、運動生理学・生化学、分子生物学や遺伝学が明らかにした、身体運動にかかわる科学的成果を順序よく解説しました。特に近年の研究から、体格・体力・競技力などには無視できない個人差があることが明らかとなり、この個人差の存在を踏まえて、すべての対象者が満足する指導をしてほしいと願っています。

9784764412279

Q&Aですらすらわかる 体内時計健康法
時間栄養学・時間運動学・時間睡眠学から解く健康

著 田原　優 広島大学大学院准教授
柴田重信 早稲田大学教授
A5判・176頁
定価2,640円(税込)

好評

体内時計にかかわる現代的なトピックから40項目を厳選し、Q&Aで疑問に答えます。体内時計を身近な社会生活から解き明かし、そのしくみとすぐ使える健康術が満載されています。1つのクエスチョンは、見開き4ページで完結しており、すらすら読み進められるように構成しています。

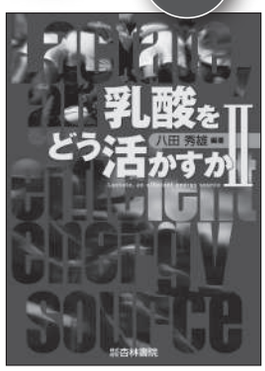
9784764411838

乳酸をどう活かすかⅡ

既刊好評

編著 八田秀雄 東京大学大学院教授
A5判・256頁
定価2,750円(税込)

本書は、乳酸の基礎的理解から、測定方法と測定値の解釈、各種競技スポーツ現場での活かし方など、さまざまな場面で活用される乳酸について丁寧に解説しました。乳酸測定を競技を中心に長年にわたり活用してこられた先生方のデータが大変説得力があります。これから、トレーニング効果の指標として、乳酸測定の導入を考えている方はもとより、すでに乳酸測定を行っている方にとってお薦めの1冊です。

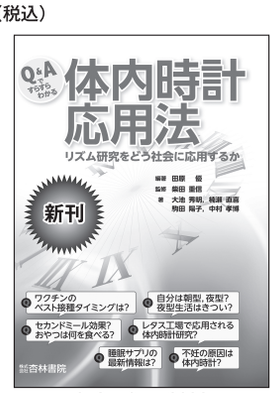


978-4-7644-1168-5

Q&Aですらすらわかる 体内時計応用法
リズム研究をどう社会に応用するか

編著 田原　優 広島大学大学院医系科学研究科准教授
監修 柴田重信 早稲田大学理工学術院教授
著 大池秀明・楠瀬直喜・駒田陽子・中村孝博
● A5判・184頁　定価2,640円(税込)

2017年発行した既刊書「Q&Aですらすらわかる体内時計健康法」と同様に、各Q&Aの項目の冒頭にはズバリ解答を設け、どこの項目から読んでも理解しやすいイントロダクション、わかりやすさを工夫した図表の配置、根拠となる関連論文リストをかかげています。今回は応用編、最新研究を取り上げている関係で、説明が十分できない場合には、あらかじめ仮説の領域であるなど、現時点でのQ&Aに対する正しい評価にも努めています。



9784764412293

体育の科学

2023年2月号

特集 スポーツ活動における脳振盪対応

- スポーツによる脳振盪の基礎　荻野雅宏
- 頭部外傷と脳振盪のバイオメカニクス　宮崎祐介
- 脳振盪の臨床　中山晴雄
- 脳振盪の治療とリハビリテーション　中本真也
- 脳振盪の予防と教育的効果　大伴茉奈
- 国際競技団体の取り組み（ラグビー）　山田睦雄
- 国際競技団体の取り組み（サッカー）　土肥美智子
- 国内競技団体の取り組み（柔道）　紙谷　武
- 国内競技団体の取り組み（アメフト）　福田　崇

●1部：定価1,430円(税込)
●2023年前金年間予約購読料：定価17,160円(税込)

株式会社 杏林書院　〒113-0034　東京都文京区湯島4-2-1　Tel. 03-3811-4887　http://www.kyorin-shoin.co.jp

arkray

ラクテート分析装置

Lactate Pro™ 2

ラクテート・プロ™ 2 LT-1730 | 乳酸

乳酸測定を、さらに進化させました

- 必要検体量 0.3μL
- 測定時間 15秒
- 補正操作不要

製品に関するお問い合わせはこちらから

共催：アークレイマーケティング株式会社　担当：山枡
東京都新宿区四谷1-20-20大雅ビル5Ｆ　TEL:050-5527-7700　FAX:03-3358-8536

コービオンは
発酵乳酸で90年以上に及ぶ実績

Corbion
Keep creating

コービオンの発酵乳酸類は、
スポーツドリンクなどを始めとする
飲料、ハム・ソーセージ、麺類、
化粧品、医薬品、バイオプラスチックなど
日常生活の多くの場面で使用されています。

コービオンジャパン株式会社
〒150-0012　東京都渋谷区広尾1-13-1 フジキカイ広尾ビル3F TEL 03-5422-6290