

Project Theme 統合型スポーツ健康イノベーション研究

## トップアスリートの競技能力向上、高齢者の健康増進に寄与する

**遺伝子から細胞、器官、個体、行動・心理まで「運動」を切り口に統合的に研究しています。**

本プロジェクトは、トップアスリートのパフォーマンスから子どもの体力、中高齢者の健康づくりまで多岐にわたる領域を網羅し、そこに存在するさまざまな課題を「運動」という切り口から解決に迫る、まったく新しい試みです。特長的なのは、遺伝子から細胞・器官、個体、さらに行動や心理・認知までを統合的に研究することです。これまで解析レベルごとに分断されていた領域を横断的に研究することで革新的な学術成果を生み出すとともに、社会へ応用する取り組みも実を結びつつあります。

**乳酸がミトコンドリアの増加をうながし運動効果や健康増進に寄与することを突き止めました。**

まず遺伝子から細胞レベルで進める研究の一つとして、運動が全身の代謝制御機構に及ぼす影響とその分子メカニズムを明らかにしようとしています。運動が健康増進や肥満の予防・改善に良いことは多くの人に認知されていますが、その機序は学術的に十分解明されているとはいえません。私たちはその重要な手がかりとして、運動によって体内で増加する乳酸が骨格筋のミトコンドリアを活性化させることを見出しました。

ミトコンドリアは細胞内にある小器官の一つで、ATP合成などのエネルギー代謝をはじめ、アポトーシス、老化、パーキンソン病、アルツハイマー病、癌などにも関係し、多様な生命現象に関与しています。私たちは乳酸を10mM、20mMの濃度で骨格筋培養細胞に添加し、いずれの場合も細胞内のミトコンドリアが有意に増加することを確かめました。乳酸は一般に運動によって蓄積される疲労物質と考えられていますが、本研究によって、ミトコンドリアを増やすことでエネルギー代謝を促進し、筋持久力の向上に寄与していることが示されたわけです。

こうした結果から私たちは、脂肪や糖を分解するといった運動によるさまざまな効果は、乳酸をはじめ運動によって誘発された因子がミトコンドリアを増やすことによってもたらされるのではないかと考えました。この仮説を裏づけるものとして、マウス由来の脂肪培養細胞に10mMの乳酸を添加し、脂肪分解活性が有意に進むことを明らかにしました。さらにもう一歩踏み込み、通常の運動に乳酸を付加すれば、運動効果をいっそう高めることができるのではないかと考え、検証を試みました。肥満を呈したラットに乳酸主体の飲用物を与えてトレッドミルを用いた持久性の運動を6週間施すと、内臓脂肪、とりわけ皮下脂肪が有意に減少したばかりか(特許申請中)、筋肉の肥大も見られました(特許申請中)。これらの成果をもとに、今後は運動による脂肪減少効果を助長するサプリメントの開発を目指します。

**筋力とパフォーマンスとの関係を調べトレーニング方法の開発に役立てています。**

次に器官から全身レベルまでに焦点を当て、ヒトの筋活動中の電気生理学メカニズムと筋エネルギー代謝の制御メカニズムをつまびらかにし、それをアスリートの競技能力の向上や中高齢者の日常生活支援に応用しようとしています。その一つとして陸上競技長距離走選手を対象に筋サイズと競技能力との関係を検証しました。まず下肢と腹部・腰部にあたる体幹部のMRI画像を解析し、大腰筋、腰方形筋、腸骨筋、梨状筋など各筋肉の体積と5000m走のタイムとの関連を調べましたが、これらに有意な相関は見られませんでした。すなわちこれは、各筋肉の大きさは持久性運動能力の高さに直結しないことを示唆しています。一方で有意差が見られたのは、大腰筋と腰方形筋の体積比率と5000m走のタイムとの相関でした。これによって、持久性運動能力の向上には、ただ単に筋肉を大きくするよりもむしろ各筋肉の大きさのバランス、つまりは各筋肉にかかる負荷のバランスを考慮しながら鍛えることが重要だということが明らかになりました。

また走路(トラック)のコーナーを走る能力に関する筋肉についても検討しました。左右の大腰筋、大腿四頭筋、ハムストリング(人間の下肢後面を作る筋肉の総称)の断面積を測定し、コーナーの走行速度との相関を調べたところ、コーナーに対して外側の大腰筋が大きいほどコーナー走行速度が速いことがわかりました。この結果からコーナーの走行能力

は筋肉の大きさの左右差に関係していること、しかも脚の筋肉以上に大腰筋など体幹部の筋肉が重要であることが示されました。

私たちは、アスリートだけでなく中高齢者を対象とした筋力研究も進めています。着目しているのは、足指および足底の筋力です。二足歩行を行う人間のバランス能力や歩行速度を支えているのが、足指と足底の筋肉です。筋力の衰える高齢者においては、足指や足底の筋力を効果的に鍛えることが転倒防止や健康維持につながります。私たちは、足指の筋力、足底の筋力に影響するすねやふくらはぎの筋肉の関係から、足指の筋力強化には短趾屈筋などの足の内部に存在する内在筋と長母趾屈筋などのふくらはぎに存在する外在筋とが関係することを見出しました。

さらに私たちは、アスリートのパフォーマンスの測定・分析結果をより迅速にフィードバックし、選手のパフォーマンス向上に役立てる取り組みも行っています。その一つとして、立命館大学の陸上競技場にある走路や跳躍ピットに埋め込んだ床反力計を使って短距離選手や跳躍選手の踏切時の足底部にかかる力の大きさとその方向を測定し、踏切時の疾走速度と合わせた3つのデータをもとにフォームの改善や筋力トレーニング法づくりをサポートしています。

今後も基礎研究にとどまらず、トップパフォーマンス向上のためのトレーニング方法やプログラムの構築、高齢者の筋力トレーニング法の開発などその成果を運動効果や健康増進に役立てることまでを視野に入れ、研究を進めていきます。



[写真 前列中央] 立命館大学スポーツ健康科学部 教授  
**伊坂 忠夫** プロジェクトリーダー  
[写真 前列右] 立命館大学スポーツ健康科学部 准教授  
**橋本 健志**  
[写真 後列左] 立命館大学スポーツ健康科学部 助教  
**栗原 俊之**  
[写真 後列右] 立命館大学スポーツ健康科学部 特任助教  
**大塚 光雄**  
[写真 前列左] 立命館グローバル・イノベーション研究機構 専門研究員  
**菅 唯志**  
[写真 後列中央] 総合科学技術研究機構 専門研究員  
**本城 豊之**



●参考文献 / 1 Exercise-inducible factors to activate lipolysis in adipocytes. Hashimoto T, Sato K, Iemitsu M. J Appl Physiol. 2013 May 16. [Epub ahead of print] 2 Lactate sensitive transcription factor network in L6 cells: activation of MCT1 and mitochondrial biogenesis. Hashimoto T, Hussien R, Oommen S, Gohil K, Brooks GA. FASEB J. 2007 Aug;21(10):2602-12. Epub 2007 Mar 29. 3 The relationship between force and muscle size on plantar flexor and plantar intrinsic foot muscles, T. Kurihara, N. Tottori, M. Otsuka, J. Yamauchi, T. Isaka, Proceedings of the 27th Symposium on Biological and Physiological Engineering, Sep 21, (2012).  
●連絡先 / 立命館大学びわこ・くさつキャンパス 伊坂研究室 電話: 077-561-2791  
統合型スポーツ健康イノベーション研究 <http://www.ic.fc.ritsumeai.ac.jp/> 伊坂研究室 <http://www.ritsumeai.ac.jp/~isaka/>