

令和元年6月4日現在

機関番号：34205

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16K01743

研究課題名(和文) スキンブロッティング法による局所筋の炎症反応と筋グリコーゲン動態の評価法の開発

研究課題名(英文) Evaluation of local muscle inflammation reaction and glycogen status using skin blotting method

研究代表者

禰屋 光男 (NEYA, MITSUO)

びわこ成蹊スポーツ大学・スポーツ学部・教授

研究者番号：30359640

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,400,000円

研究成果の概要(和文)：身体運動により、骨格筋が力を発揮し、その結果筋内では炎症反応が生じる。高強度の運動では炎症反応は大きくなり、スポーツにおいてはその後のパフォーマンスに影響することもある。そのため、筋の炎症状態を評価し、それらを改善するリハビリ処方が必要となる。これまで、骨格筋の炎症反応は血液検査により評価することが一般的であったが、局所的な筋の炎症状態は評価が難しかった。本研究で用いたスキンブロッティング法により、局所筋の炎症状態を評価することができることが確認された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

骨格筋内で生じる炎症マーカーであるタンパクが皮膚組織を通じて皮膚表面に滲出するものをとらえて定量化するスキンブロッティング法によって、高強度筋活動時の骨格筋の炎症マーカーを評価することが本研究の目的であった。その結果、クレアチンキナーゼと呼ばれる骨格筋の炎症反応を示す最も一般的なマーカーを定量化することが可能であることが本研究で示唆された。これにより、スキンブロッティング法を用いて、高強度運動時や外傷受傷後のリハビリ処方や回復処方のための局所筋の評価を非侵襲的に行うことができると期待され、競技スポーツのパフォーマンス向上のためのリハビリ処方の進展に貢献できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：Physical exercise needs muscle power and inflammation reaction occurs in the muscle. High intensity exercise induces enhanced inflammation reaction. For the sport activity, the inflammation reaction influences the subsequent performance. Therefore, it is important to evaluate the inflammation reaction and improve recovery prescription. Blood test has been the conventional evaluation method of inflammation, but it has been difficult to evaluate the local muscle inflammation status. The skin blotting method, which has been utilized in this study, is expected to evaluate local muscle condition

研究分野：運動生理学

キーワード：スキンブロッティング リハビリ クレアチンキナーゼ 筋損傷

## 様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

### 1. 研究開始当初の背景

競技パフォーマンス向上のため、様々なトレーニング方法やサプリメント摂取が検討されてきた。多くのトレーニング方法やサプリメントが近年開発されてきているが、トレーニングなどによって生じる筋のエネルギー動態の変化や炎症状態の評価を非侵襲的に行う方法は少なく、トレーニングや競技後のリカバリーやコンディショニング処方を的確に行うことは難しい。国際的には「リカバリーおよびコンディショニング」はトレーニングとともにパフォーマンスの成否を左右するものとしてとらえられ、専門的な研究部門を擁するスポーツ科学研究機関やプロスポーツチームも増えてきている。

激しい運動を行った場合には筋の重要なエネルギー基質である筋グリコーゲンが減少し、また、微細な炎症反応が生じ、パフォーマンスが低下する。適切なリカバリー処方によってこれを回復させることにより、その後の運動パフォーマンスを低下させることなく維持または向上させることもできると考えられる。競技者にとってはトレーニングとリカバリーは一体的に行われるものであり、一連の処方の提供を受けることは競技パフォーマンスの向上に対して非常に有効であると考えられる。

トレーニングと同様にリカバリーを処方するには身体の生理学的状態を評価することが必要となる。トレーニングや試合で生じる様々なストレスに対する反応は心拍や血圧の応答、また血液検査によるサイトカインなどの炎症、抗炎症マーカーにより評価される。また、エネルギー代謝に関しては糖質・脂質の動態は酸素摂取量や呼吸商などで評価される。これらの評価により、リカバリー処方の必要な状態であるかどうかを検討することができる。競技性の高いスポーツでは身体の活動量は大きく、それに伴い筋の収縮発揮も非常に大きくなる。さらにコンタクトのあるスポーツでは衝撃による筋組織のダメージも加わる。そのため心拍や血圧応答、血液検査による全身性の反応だけでなく、活動量の多い部位ごとの炎症評価ができればさらにリカバリー処方が適切にできると考えられる。筋バイオプシーなどの侵襲性の高い評価法では実用性がきわめて乏しいが、近年開発されたスキンプロットティング(SB)法により、非侵襲的に簡便にそして身体部位ごとの炎症状態を評価できると考えられる。SB法は測定用に加工したメンブレンを皮膚表面に10分間貼付し、皮膚組織間液中の可用性分子を吸着し、同定・定量することができる。これにより筋の炎症等を評価するサイトカインなどを大腿部など、筋活動量の大きい部位などで特異的に評価することが可能となり、リカバリー処方を行う上で非常に重要な指標として利用できると考えられる。

### 2. 研究の目的

本研究では、スキンプロットティング法により、筋活動における重要なエネルギー基質である糖質の動態やトレーニングなどにより生じた筋の炎症反応などを非侵襲的に、かつ、局所的に評価する方法の開発を目的とする。特に、スキンプロットティング法により筋の炎症により産生されるタンパクの定量をヒトをモデルとして可能にすることが目的であった。

さらに、スキンプロットティング法により経皮的に測定が可能と確認できた炎症マーカーや筋グリコーゲンについて、タックルなどにより衝撃を受けた部位で測定し、継続的な各測定項目の変化を確認し、筋の炎症状態を評価することも目的であった。

### 3. 研究の方法

主な研究は以下のような方法で実施した。

スキンプロットティング法を用い、筋運動後の炎症マーカーとしてクレアチンキナーゼの測定を行った。ウエイトトレーニングの経験のある男子学生9名を対象に、高強度上腕屈曲運動(80% 1RM相当負荷で1セット10回を3セット)を行わせ、運動前後および2時間後、24時間後、48時間後に血液検査およびスキンプロットティングを行い、クレアチンキナーゼの変化を調査した。スキンプロットティングは上腕二頭筋の中間部でサンプリングを行った。

同時にIL-6、TNFも測定を行ったが、一般的に筋の炎症マーカーとしてスポーツ現場で広く用いられるCKを中心に検討を進めた。

### 4. 研究成果

その結果血中クレアチンキナーゼ濃度は運動直後から増加し、スキンプロットティング法による上腕二頭筋中間部のクレアチンキナーゼは運動2時間後で増加傾向が見られた。これらの結果から、全身性の血中クレアチン濃度と運動を行う筋におけるスキンプロットティング法でのクレアチンキナーゼの反応には時間的な差が生じることが示唆された。しかしながら、高強度運動時の筋損傷マーカーとなるクレアチンキナーゼをスキンプロットティング法により定量化できる可能性が示唆された。

リカバリー処方が競技スポーツにおけるパフォーマンスに対する重要性が増す中で、局所的な筋の炎症状態や筋グリコーゲンの動態の測定方法は筋バイオプシーやFunctional MRIを用いた方法など、実用性が乏しい方法に限られてきた。そのため競技現場では各競技者の主観や血液検査の結果など全身性の結果を用いて処方の参考情報としてきたが、本研究により非侵襲的にかつ、簡便に局所ごとの筋の炎症状態をクレアチンキナーゼの変化で評価できると考えられ、競技現場においてよりの確にリカバリー処方を提供できると期待される。

本研究では高強度筋運動後における炎症マーカーの反応を検討したが、外傷受傷後のコンデ

イシヨンの評価にも応用することができると考えられ、適切なりハビリテーションの処方にも貢献できると考えられる。

これらのことからスキンプロット法により、非侵襲的に筋運動直後のリカバリーを評価することができるものと期待される。この評価により、競技会やトレーニング後の適切なコンディション評価およびリカバリーの処方が行われると期待される。

## 5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計0件)

〔学会発表〕(計1件)

Skin blotting is a noninvasive technique for evaluating local muscle condition. Mitsuo Neya, Kazuma Kobayashi, Takeo Minematsu. 2018 ASCA Conference on Applied Strength and Conditioning (国際学会)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

## 6 . 研究組織

### (1)研究分担者

研究分担者氏名: 峰松 健夫

ローマ字氏名: Minematsu Takeo

所属研究機関名: 東京大学

部局名: 大学院医学系研究科(医学部)

職名: 特任准教授

研究者番号(8桁): 00398752

研究分担者氏名: 内藤 久士

ローマ字氏名: Naito Hisashi

所属研究機関名: 順天堂大学

部局名: スポーツ健康科学研究科

職名: 教授

研究者番号(8桁): 70188861

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。