

氏名(本籍)	久野 譜也 (岐阜県)		
学位の種類	博士 (医学)		
学位記番号	博甲第 1013 号		
学位授与年月日	平成 4 年 3 月 25 日		
学位授与の要件	学位規則第 5 条第 1 項該当		
審査研究科	医学研究科		
学位論文題目	スポーツ医学におけるNMRの応用 ——MRIおよび ³¹ P NMRによる筋線維組成の非侵襲的解析—— (Dissertation形式)		
主査	筑波大学教授	医学博士	林 浩一郎
副査	筑波大学教授	医学博士	河野 邦雄
副査	筑波大学教授	薬学博士	後藤 勝年
副査	筑波大学教授	医学博士	林 英生
副査	筑波大学助教授	理学博士	照井 直人

論文の要旨

〈目的〉

- ①スポーツの遂行に重要な筋線維の組成, 特に速筋 (FT線維) と遅筋 (ST線維) の構成比をMRIにより非侵襲的に計測できるかを検討する。
- ②トレーニングによる筋肥大が筋線維組成にどのような影響を及ぼすかをMRIにより検討する。
- ③³¹P NMRにより運動中のクレアチン磷酸, 無機磷酸, 細胞内pHを測定し, 筋線維組成との関係を調べる。
- ④高齢者を対象に, 持久的トレーニングが筋のエネルギー代謝に及ぼす影響を³¹P NMRにより調べる。
- ⑤ラットを対象に筋の持久的トレーニングが筋のエネルギー代謝に及ぼす影響を³¹P NMRにより調べる。

〈対象と方法〉

①16名の男子大学生に筋生検とMRIの緩和時間を測定しその関係を調べた。筋生検は右外側広筋から約20mgの筋組織を採取し, 凍結後MyosinATPase染色を行い調べた。緩和時間の測定は右大腿部の横断像をIR法またはSE法にて撮像し, IRおよびSE画像からT₁計算画像を, SEよりT₂計算画像を作成した。この計算画像から外側広筋の4ヶ所を選び緩和時間T₁およびT₂を求めた。

②筋線維組成が速筋と遅筋の中間に分類される5名を前項の被験者の中から選び, 20週間のト

レーニングを課し、トレーニング前後の緩和時間と筋線維組成を調べた。

③30名の男子大学生に先ず実験1と同じやり方で筋線維組成を調べた。ついで仰臥位の被験者の右外側広筋に3.5インチのサーフェイスコイルを固定し核磁気スペクトロメーターを調べた。得られたスペクトルによりクレアチン磷酸 (PC_r)、無機磷酸 (Pi)、ATPを同定し面積強度からその比を算出した。またPC_rに対するPiのケミカルシフト値 (δ) より細胞内pHを以下の式より算出した。

$$\text{pH} = 6.75 + \log \{ (\delta - 3.27) / (5.69 - \delta) \}$$

④日常的に激しい持久的トレーニングを積んでいる60~70歳代の13名の男子マスターズランナーと6名のコントロールを対象にした。安静時、運動中、回復中の³¹P NMRを測定し、PC_r/Pi比、細胞内pHの値を得た。また大腿部の横断面積をMRI横断像から調べた。また実験群の6名に右外側広筋の生検を行った。

⑤16匹の雄ラットを8匹ずつトレーニング群とコントロール群に分けた。トレーニング群はトレッドミルで3カ月の走負荷を与えた。トレーニング前後の安静時、運動中、回復中の³¹P NMRを調べた。また麻酔下に後肢筋肉を直接刺激し張力の変化を見た。

〈結果および考察〉

①全被験者16名の筋線維組成の平均は%FT線維55.4%、%areaFT線維55.0%であった。%FT線維とT₁の間には高い相関関係が認められた (r=0.924)。%areaFT線維とT₁の間にも同様な相関関係が認められた。(r=0.913)。%FT線維とT₂の間には相関係数r=0.889、%areaFT線維とT₂の間にはr=0.875が認められた。これらの事実はMRIによってFT線維とST線維の割合を推測できることを示している。

②トレーニングにより全被験者のFT線維は有意に選択的に肥大した。%FT線維は変化なかったが、%areaFT線維は速筋型に有意にシフトした。緩和時間も全員に有意の延長を見た。

③³¹P NMRによる細胞内pHと筋線維組成との間には有意な関係があり、%FT線維が高いものほどアルカリ側のpHを示す傾向にあった。筋線維組成をもとに速筋型、中間型、遅筋型3群に分類したところ、PC_r/Pi比は運動中も回復過程でも速筋型が最も低値で、これはFT線維とST線維の代謝特性の違いによると考えた。

④運動中の細胞内pHは対照群が6.8を下回ったのに対しマスターズランナー群は僅かな低下しか示さなかった。またPC_r/Pi比と細胞内pHの回復はマスターズランナー群で速いことが分かった。

⑤安静時のPC_r/PC_r+Piはトレーニング群と対照群で差は見られなかったが、運動中の比はトレーニング群が有意に高値を示し、回復もより速かった。この結果は3ヶ月の持久的トレーニングにより筋線維組成の移行を伴わないでATPの供給能が向上したと考えられた。

審 査 の 要 旨

近年のスポーツの振興はトップアスリートによる絶え間ない記録の更新が広く国民の関心を引き起こしたことが一因となっている。どの競技団体においても、あるいは大きくはどの国家において

も、トップアスリートの養成は最重要課題の一つとなっているが、そのためには早くに選手の素質を知り、それを最大に発達せしめるよう英才教育を行うのが成功の鍵である。選手の素質の中で、骨格筋の速筋、遅筋の割合は基本となるもので、従来これは生検により採取した筋の組織学的検査により行われてきた。本研究は先ずMRIという非侵襲的手段により速筋、遅筋の割合が計測できることを明らかにした。またトレーニングにより速筋に選択的な肥大が起こること、それがMRIの緩和時間の延長としてとらえることを見出した。

さらに³¹P NMRによりクレアチン磷酸、無機磷酸、細胞内pHの測定を行い、速筋と遅筋の代謝特性に違いがあり、これがNMRスペクトルに反映すること、運動を続けている高齢者では運動による負荷からの回復が速いことを見出し、ラットの実験モデルによりその一因がATPの供給能の向上にあることを明らかにした。

これらの研究はスポーツ選手の養成に直ちに役立つ手段を提供したと同時に、スポーツの持つ生理、生化学的な意義を明らかにした貴重な研究と考えられる。更に非侵襲的な手段として新しくMRIと³¹P NMRを斯界の研究に導入した意義は高く評価される。

よって、著者は博士（医学）の学位を受けるに十分な資格を有するものと認める。