

氏名	野沢 佑子			
学位の種類	博士（医学）			
学位記番号	博甲第 9554 号			
学位授与年月	令和 2 年 3 月 25 日			
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当			
審査研究科	人間総合科学研究科			
学位論文題目	Effects of nutrition on physical function during and after long term stay at International Space Station (国際宇宙ステーション滞在宇宙飛行士を対象とした栄養摂取が筋力に及ぼす影響に関する研究)			
主査	筑波大学教授	医学博士	山崎 正志	
副査	筑波大学教授	博士（医学）	増本 幸二	
副査	筑波大学教授	博士（保健学）	市川 政雄	
副査	筑波大学准教授	博士（保健学）	橋爪 祐美	

## 論文の内容の要旨

野沢 佑子氏の博士学位論文は、国際宇宙ステーション滞在宇宙飛行士を対象とした栄養摂取が筋力に及ぼす影響を検討したものである。その要旨は以下のとおりである。

### 目的

短期及び長期の微小重力下の滞在により、宇宙飛行士の特に下肢の筋量及びパフォーマンスが低下することが知られている。筋機能や骨量を維持するために、宇宙滞在中に様々な種類の運動プロトコルが実施されているが、効果は十分でなく、栄養摂取と運動の組み合わせ等による効率的な対策が求められている。過去の様々な地上研究において、タンパク質の摂取、特に糖質摂取と摂取後の運動との組み合わせにより、タンパク質合成が向上し、筋量を増加させることが知られている。しかしながら、これまで長期宇宙飛行中の栄養摂取と筋力維持の関係を調べた研究はほとんどない。本研究で著者は、国際宇宙ステーション（ISS）に滞在した宇宙飛行士のタンパク質の摂取と筋機能の維持の関係について、米国航空宇宙局（NASA）から入手した健康管理データ（LSAH）を使用して検討したものである。最初に、長期宇宙滞在中の微小重力による筋萎縮に及ぼすタンパク質及び糖質の摂取並びに運動の影響について調査し、続いて、ISSに長期滞在した宇宙飛行士のデータを個々に解析することで、タンパク質摂取と体格指数が筋機能に及ぼす影響を詳細に解析した。

### 方法

著者は、NASAが宇宙飛行士の健康管理用に蓄積しているデータを二次利用し、後ろ向きコホート研

究として実施した。NASA の LSAH 諮問委員会でデータ利用の承認を得た後に、計画書の適格性基準を満たした宇宙飛行士について、栄養摂取記録、運動記録、筋力測定値、生化学検査値、骨密度測定値及び体組成測定値を入手した。潜在的な共変量を考慮したうえで、飛行中のタンパク質摂取量が帰還後の筋力測定値に及ぼす影響を評価するために重回帰分析を行った。

## 結果

著者の検討の結果、62名の健康な被験者が適格性基準を満たした。性別、年齢、滞在期間、糖質摂取量及び飛行前の筋力を調整した解析において、タンパク質の摂取は、着陸5日後の60°での求心性膝関節伸展運動 ( $\beta = 51.66$  および  $p < 0.05$ )、30°での求心性足関節底屈運動 ( $\beta = 32.86$  および  $p < 0.05$ ) および30°での遠心性足関節底屈運動 ( $\beta = 79.85$  および  $p < 0.05$ ) に対して有意な筋力維持効果を認めた。また、運動効果を考慮した場合でも有意な維持効果を認めた ( $\beta = 51.35$  および  $p < 0.05$ ;  $\beta = 32.79$  および  $p < 0.05$ ;  $\beta = 81.99$  および  $p < 0.05$ )。しかしながら、これまで地上研究で確認されていたタンパク質と糖質摂取の交互作用については、いずれのモデルにおいても、着陸5日後の筋力維持に対して有意な効果を認めなかった。着陸30日後の筋力測定の結果では、30°での求心性足関節底屈運動 ( $\beta = 30.9$  および  $p < 0.05$ ) においてタンパク質摂取の有意な効果を認めた。筋機能と体格指数との関係に関しては、帰還後の足関節底屈筋力低下が大きい群でのみ、飛行後の体重が有意に減少した (求心性筋力測定値低下群:  $-2.7\text{kg}$  ( $p < 0.05$ ); 遠心性筋力測定値低下群:  $-1.7\text{kg}$  ( $p < 0.05$ ))。さらに、体格指数レベルごとに宇宙飛行中のタンパク質摂取が飛行後の筋力に及ぼす影響を調べた結果、過体重者群のみで、足関節底屈筋力におけるタンパク質摂取の有意な効果を認めた (求心性筋力測定時:  $\beta = 29.3$  および  $p < 0.05$ ; 遠心性筋力測定時:  $\beta = 58.4$  および  $p < 0.05$ )。

## 考察

著者の研究では、長期宇宙滞在中のタンパク質摂取は運動の影響を考慮した場合でも、膝関節伸展筋力及び足関節底屈筋力の維持に有意な効果を認めた。しかしながら、タンパク質と糖質摂取の交互作用については、今回は有意な効果を認めなかった。また、過体重者群では、足関節底屈筋力が低い傾向がある一方、タンパク質摂取は過体重者群でのみ足関節底屈筋力を有意に維持することが示された。

## 結論

著者の研究により、長期宇宙滞在中に最も影響を受ける足関節底屈筋力におけるタンパク質摂取の効果が示唆されたことで、宇宙滞在中の筋力低下に対するタンパク質摂取の有用性が示された。筋力と体格指数との関係性については、体組成の情報等も踏まえた更なる研究が必要であるが、タンパク質摂取が微小重力下においても特に過体重者の筋力維持に有用である可能性は、今後のカウンターメジャーの検討にあたって重要な知見である。

## 審査の結果の要旨

### (批評)

著者は、NASAが宇宙飛行士の健康管理用に蓄積しているデータを解析して、宇宙滞在中の筋力低下に対するタンパク質摂取の有用性が示した。本研究の成果は、微小重力下における筋力維持の手法を開発する上で重要な知見として高く評価される。

令和2年2月4日、学位論文審査委員会において、審査委員全員出席のもと論文について説明を求め、関連事項について質疑応答を行い、最終試験を行った。その結果、審査委員全員が合格と判定した。

よって、著者は博士(医学)の学位を受けるのに十分な資格を有するものと認める。