

学 力 確 認 の 結 果 の 要 旨

報告番号	保 論 第 3 号		氏 名	川 田 将 之
審査委員	主 査	牧 迫 飛 雄 馬		
	副 査	榊 間 春 利	副 査	窪 田 正 大
	副 査	福 留 清 博	副 査	大 渡 昭 彦

主査及び副査の5名は、令和元年8月20日、学位請求者 川田 将之 に対し、審査論文の内容について質疑応答を行うと共に、関連事項について試問を行った。

具体的には、以下のような質疑応答がなされ、いずれについても十分な回答を得ることができた。

【質問1】 インプラントを用いた関節反力の計測は外科的手術が適応となるため、現実的には筋骨格モデルシミュレーションが臨床で適応されると思われますが、他に用いられている方法がありますか。

〔回答1〕 インプラントは適応が難しいので、現在は筋骨格モデルシミュレーションが一般的に用いられています。シミュレーションの中で様々な計算方法、最適化法があります。筋骨格モデルシミュレーション以外の方法では、関節反力を分析することは困難です。

【質問2】 最大筋張力は各個人で異なりますか。また、この方法は一般的ですか。

〔回答2〕 最大筋張力は筋骨格モデル内に組み込まれている生理学的断面積と係数、体型から算出され、個人によって異なります。この方法は一般的に研究に用いられています。

【質問3】 今回の研究で足関節反力を提示しなかったのはなぜですか。

〔回答3〕 足関節は構造が複雑で、関節面それぞれに反力を設定するのが難しいためです。現状では、他の研究においても足関節反力に関する報告は少ないです。

【質問4】 斜面の傾斜を10°としている根拠は何ですか。

〔回答4〕 先行研究に準じた角度であり、かつ測定空間の制約によって設定いたしました。

【質問5】 斜面の角度が変われば関節反力は変わりますか。

〔回答5〕 関節反力を分析した先行研究がないため、正確には不明ですが、角度によって変化すると考えられます。

【質問6】 股・膝関節反力ともに1歩行周期に2回のピークがあり、特に下り歩行で膝関節反力大きい理由は何ですか。

〔回答6〕 床反力も1歩行周期に2回のピークを示します。同時期に関節モーメントもピークを示します。そのため、関節反力も同様に2回のピークを示します。特に下り歩行における膝関節では伸展モーメントが増加し、強い大腿四頭筋の筋張力が必要とされます。その張力によって関節を圧縮する力を生じるため、膝関節反力が増加したと考えられます。

【質問7】 関節反力の計算はモデル内で行うものですか。例えば身長、体重を入力することで算出できるものなのでしょうか。

〔回答7〕 筋骨格モデルシミュレーションでは、身長、体重といった身体計測データに基づいて人体モデルを作成し、そのモデルを動作させることによって関節反力を算出しています。

【質問8】 シミュレーションによって結果が変化するのは、日本人と外国人の体格の違いなどによるものなのでしょうか。

〔回答8〕 体格による違いだけでなく、最適化の方法によっても結果は変化すると思います。また、筋骨格モデル自体の筋の数や形態、走行もより人体に近いものになっており、シミュレーションの精度が向上してきています。

- 【質問9】 この研究で、最も重要な結果は何ですか。
- 【回答9】 斜面歩行時の関節反力を定量化できた点と、股関節反力ベクトルの向きが変化することを明らかにした点だと思います。
- 【質問10】 膝関節反力はどの力を分析しているのですか。
- 【回答10】 膝関節の中心点に作用する反力を分析しています。
- 【質問11】 全部で170筋とのことですが、股関節周囲筋にはどのような筋が含まれていますか。
- 【回答11】 外旋筋など小さな筋を含み、主要な筋は全てモデル化されています。大殿筋などの大きな筋は複数の線維で構成され、それらも含めて170筋となっています。
- 【質問12】 インプラントによって計測できる関節反力ではどの方向を計測していますか。
- 【回答12】 主に合力が計測されています。
- 【質問13】 なぜ最適化法では筋のストレスの3乗が用いられているのですか。
- 【回答13】 筋のストレスの3乗を用いている理由としては、今回扱ったソフトウェア (AnyBody) で標準設定として採用されているためです。報告によっては2乗で行っているものもあります。
- 【質問14】 今回用いた筋骨格モデルは西洋人の体型がモデル化されたものなので、日本人には合致しないのではありませんか。
- 【回答14】 今回の検討では、厳密に日本人に適応しているかは不明確です。セグメント長といった設定を一般的な日本人の体型データに変更し、検討する必要があると思います。
- 【質問15】 斜面の角度を10° と設定していますが、国土交通省の定めている規定などを参考に設定する方法もあると思います。
- 【回答15】 今回は先行研究に準じて設定しましたので、今後の課題とさせていただきます。
- 【質問16】 実生活における斜面歩行を分析するには、今回の斜面は短いのではないのでしょうか。
- 【回答16】 斜面の長さについては先行研究に準じて行っています。また、測定空間の制約上、斜面を長くすることは現状の測定環境では難しいと思われます。今後の課題だと考えます。
- 【質問17】 力学的には重心の上方移動が今回の結果に影響していると思いますが、いかがですか。
- 【回答17】 重心を上方へ移動させるための推進力の増加とそれに伴う関節モーメントの増加が筋張力の増加を引き起こし、結果として関節反力が増加したと考えられます。
- 【質問18】 下り歩行の方が力学的には容易だと思いますが、一般的には下り歩行の方が負荷が大きいとされています。今回の結果から説明ができますか。
- 【回答18】 下り歩行は重心の下方移動を制動するために、大きな関節モーメントが必要ですので、そのための筋活動が必要であり、下り歩行における身体的負荷を増大させていると考えられます。また、下り歩行では床反力も大きく、関節への負荷も大きいものと予想されます。
- 【質問19】 今回、最適化法を用いているので、最適な歩行を選択していることが前提になっていると思います。しかし、結果として関節反力は増加しています。両者の整合性についてはどのように考えますか。
- 【回答19】 今回の最適化法は計測された動作を成立させるために必要な筋張力の総和が最小となるように設定していますので、整合性に問題ないものと思います。
- 【質問20】 今回の研究で明らかになった点の臨床応用と、これから発展させていくためには何が必要でしょうか。
- 【回答20】 今回の結果から、斜面歩行時の関節の負荷が平地歩行より大きいことが分かりました。このことから、臨床において、疼痛や変形性関節症を呈する高齢者で、斜面歩行を行う機会が多い環境にある者には、杖の使用等、関節への負荷を減らすための介入が必要であると考えます。また、今後研究を発展させるためには、変形性関節症患者など、疾患のある方を対象に、研究を進めることが必要だと思います。

以上の結果から、5名の審査委員は川田将之氏が大学院博士課程修了者と同等の学力と識見を十分に具備しているものと判断し、博士（保健学）の学位を与えるに足る資格を有するものと認めた。