研究論文

健康人の膝関節トルク値の予測

—重回帰分析を用いて—

山田みどり¹⁾ 近藤 健
高橋 秀寿²⁾ 野田 幸男³⁾

Estimation of Knee Torque of Healthy Subjects by a Multi-regression Analysis.

Midori YAMADA, RPT¹⁾, Takeshi KONDO, MD, Hidetoshi TAKAHASHI, MD²⁾, Yukio NODA, MD³⁾.

1) Department of Physical Medicine and Rehabilitation National Shiobara Spa. Hospital
: 1333 Shimoshiobara Shiobara-cho Nasu-gun Tochigi 329-29 Japan. TEL 0287-32-4111.

3) Department of Rehabilitation Medicine, Keio University Hospital: 35 Shinanomachi
Shinjyuku-ku Tokyo 160 Japan. TEL 03-3353-1211.

J. Exerc. Physiol. 7(1):9-13, 1992. Submitted Sept. 30, 1991. Accepted Dec. 20, 1991.

ABSTRACT

By using a multi-regression analysis, this study was designed to predict the peak torque (PT) of knee extension or flexion and the maximum repetition work (MRW) during muscle contraction of uniform movement among healthy subjects. The result was that estimated formulae for them using four factors like body height, weight, age, and sex were significantly obtained. Correlation between PT and body height, weight, sex, and age was high in this order, being highly influenced by the first two factors. In regard to MRW, similar results were obtained. These results suggest that PT of knee extension or flexion and MRW can be estimated by using those four factors, which may play an important role in preparing exercises for the reinforcement of muscle strength.

Key words: knee torque, uniform movement, multi-regression analysis

要旨

健康者における等運動性収縮時の膝伸展屈曲最大トルクと最大仕事量の予測を、重回帰分析を用いて行った。その結果、身長、体重、年齢、性別の4つの因子で、トルクと仕事量それぞれ有意に予測式が成立した。最大トルクと各因子の相関は、身長、体重、性別、年齢の順に高く、特に身長、体重の影響が大きかった。また、最大仕事量も同様の結果が得られた。これにより、上記4つの因子で膝伸展屈曲最大トルクと最大仕事量が予測でき、今後の筋力増強訓練の一指標になると思われる。

キーワード: 膝関節トルク、等運動性収縮、重回帰分析

1) 国立塩原温泉病院理学診療科: 那須郡塩原町大字下塩原1333 (〒329-29) TEL 0287-32-4111.

2) 慶応義塾大学月が瀬リハビリテーションセンター 理学療法科 3) 慶応義塾大学病院リハビリテーション科

運動生理7(1):9-13, 1992. 受付日1991年9月30日 受理日1991年12月20日

I はじめに

等運動性収縮を用いた訓練は、最大筋力の増強に有利な等尺性収縮運動訓練と筋持久力の強化に効果のある等張性収縮運動訓練との両者の特徴を加えた総合的な訓練¹⁾としてリハビリテーションの分野で広く用いられている。

当院では、運動装置として、BIODEX社製のBIODEXを使用しているが、日本人の健常人データがないため、評価及び訓練に用いる際には不自由を感じている。

そこで、今回我々は、膝関節伸展・屈曲トルクを健常人について測定し、興味ある結果が得られたので、報告する。

II 対 象

対象は、当院の職員で、過去に神経・筋骨格系疾患の既往歴がない、健常人で、男性28名、女性32名、計60名である。年齢は、21歳から72歳で、平均年齢は 41.7 ± 14.4 歳であった。各年代別の人数は図1に示す。

III 方 法

各対象者の通常ボールを蹴る足(利き足)について測定した。測定は、椅子座位で大腿、腰部、体幹をベルトで固定し、レバーアームは下腿長の下5分の4の長さに設定した。等運動性収縮モードを用い、膝伸展・屈曲とも求心性収縮とした。各速度は、1分間の回転数(rpm)で、5、10、15の3段階とした。ウォーミングアップの後、5、10rpmは5回、15rpmは10回、最大努力による膝伸展・屈曲トルクの測定を行った。その時、自分の筋トルク曲線の画面を見せ、視覚によるBio-feedbackを行った(図2)。また、各測定の間は、疲労が残らないように、十分休息をとらせた。

図1 年代別グラフ

図2 BIODEXによる測定風景

IV 統計的検索

測定データは最大トルク(Peak Torque, 以下PTと略す)および、最大仕事量(Maximum Repetition Work, 以下MRWと略す)について検討した。

PTおよび、MRWを規定する要因のうち年齢、体重、身長、性別を用いて、重回帰分析によって、PT、MRWを予測した。

V 結果

図3は、5rpmの角速度において、膝伸展PTと身長の関係を示す。相関係数は0.73で、1%で有意な相関が得られた。同様に膝伸展PTと体重も相関係数が0.69で、やはり1%で有意な相関が得られた(図4)。年齢については、年齢が増すに従って、膝伸展PTが減少する傾向が認められた(図5)。

5rpmにおける膝伸展PTを従属変数とし、各因子を独立変数とした重回帰分析を行ったところ次のような1次式になった。

$$y = a_0 + a_1 x_1 + a_2 x_2 + a_3 x_3 + a_4 x_4$$

y : 予測値(ft·lbs)

x_1 : 年齢(歳)

x_2 : 体重(lb*) * 1 lb=0.15kg

x_3 : 身長(in**) ** 1 in=2.54cm

x_4 : 性別(男1、女2)

図3 膝伸展最大トルク値と身長(5rpm)

図4 膝伸展最大トルク値と体重(5rpm)

図5 膝伸展最大トルク値と年齢(5rpm)

図6 膝伸展最大トルク値と予測値(5rpm)

$$a_0: -79.397$$

$$a_1: -0.438$$

$$a_2: 0.513$$

$$a_3: 1.722$$

$$a_4: -9.504$$

重回帰分析の相関係数は0.92、寄与率は85%で、分散比が74.8となり、4つの説明変数で0.1%の危険率で有意に、この予測式が成立した。

MRWについても、同様に重回帰分析により予測式を求めることができ、有意な相関が得られた。

膝伸展PT実測値と予測値をグラフにプロットすると、図6のように、高い相関を示していることがわかった。

また、他の角速度におけるPT及びMRWについても表1のように重回帰分析による予測が可能であった。

表1 健康人膝関節トルク値の予測式

$$y = a_0 + a_1 \times \text{年齢} + a_2 \times \text{体重} + a_3 \times \text{身長} + a_4 \times \text{性別}$$

年齢(才), 体重(lb) 1 lb=0.4536 kg, 身長(in) 1 in=2.54 cm, 性別(男1, 女2)

y (予測値)	a ₀	a ₁	a ₂	a ₃	a ₄	重相関係数	寄与率	分散比
膝伸展								
5rpm ext PT	-79.397	-0.438	0.513	1.722	-9.504	0.919	0.845	74.773
10rpm ext PT	-29.407	-0.476	0.367	1.251	-13.825	0.937	0.878	98.599
15rpm ext PT	6.903	-0.487	0.322	1.681	-13.702	0.936	0.875	96.656
5rpm ext MRW	-101.04	-0.372	0.42	2.068	-6.006	0.88	0.775	47.323
10rpm ext MRW	-21.369	-0.539	0.368	1.144	-12.752	0.906	0.82	62.781
15rpm ext MRW	5.721	-0.519	0.322	0.699	-11.651	0.885	0.784	49.782
膝屈曲								
5rpm flex PT	-1.664	-0.187	0.146	0.347	-5.095	0.829	0.687	30.111
10rpm flex PT	-1.453	-0.187	0.1	0.413	-5.9	0.835	0.696	31.542
15rpm flex PT	-23.343	-0.225	0.83	0.06	-5.979	0.759	0.576	18.672
5rpm flexMRW	-8.832	-0.141	0.121	0.48	-5.763	0.795	0.632	23.642
10rpm flexMRW	11.34	-0.207	0.102	0.225	-7.668	0.828	0.686	30.041
15rpm flexMRW	20.336	-0.21	0.07	0.106	-6.07	0.77	0.594	20.08

P<0.0001

VI 考 察

PT及びMRW規定する因子としては身長、体重、性別、年齢、運動歴、検査への協力度などが考えられるが、運動歴や協力度は、定量化が困難でもあり、今回は除外した。そこで、身長、体重、性別、年齢の4つの要因で重回帰分析を行い、高い寄与率が得られたことから、膝関節トルクの予測は、運動歴等を考慮しなくても、十分可能であると考えた。また、これらの因子の他にGrossら²⁾は %Body fat や大腿周径を用いている。さらに年齢は2乗

値を用いるなど工夫をして予測を行ったところ、特にPTと年齢は負の相関であることを明白に説明できたと述べている。しかし、重回帰分析の基本は多くの因子を一次式で説明する事にあると考えると、例えば年齢における相関が低くともそのままの値を採用しても良いと考えた。

今回の結果から、PT及びMRWは、身長の影響が最も大きく、次に体重の影響を大きく受けていることがわかった。

一般に身長は、身体発育の最も基本的な因子であり、かつ、身体的作業能力と関係する

と言われている。一方体重は、身長とは異なり後天的影響を受ける度合いが比較的大きい因子³⁾と考えられる。これらにより、身長や体重の値が大きいということは、筋肉系の発達も推察でき、PTやMRWの重要な因子となっているものと考えられる。性別では、女性は男性に比べ小さい値となっている。これは体重にしめる筋肉量などの影響によるものと考えられる。

年齢による影響が比較的小さいのは、今回、20歳～50歳代の対象者が多いためと考えられる。Molnarら⁴⁾⁵⁾によると、7～15歳といった若年者のグループにおいては、年齢が身長と体重の変化を最も反映する重要な因子であると述べていおり、年齢とPTの値は正の相関を示すとされている。また、Aniansson⁶⁾は70歳の男女において膝関節PTの標準値を予測している。我々も今後、成長の終了前である20歳以下や、老化による影響が大きいと考えられる60歳以上について、さらに詳細な評価を行う予定である。

また、膝関節疾患の評価や、予測値を目標にした筋力増強訓練などに、この予測式を応用していきたいと考えている。

VII まとめ

1. 重回帰分析を用いて、等運動性収縮時の膝伸展屈曲最大トルクと最大仕事量の予測を行うため、BIODEXを用いて測定を行った。
2. 対象は健康者で、男性28名、女性32名計60名である。
3. 最大トルクと最大仕事量について、身長、体重、年齢、性別の4つの要因で、重回帰分析を行ったところ、それぞれ有意に予測式が成立した。
4. 最大トルクとの相関は、身長、体重、性別、

年齢の順に高く、身長、体重の影響が大きく、また、最大仕事量も同様の結果が得られた。

(この研究の要旨は第26回日本理学療法士学会において発表した。)

文 献

- 1)猪飼哲夫・他:筋力増強の理論.PTジャーナル25:146-148,1991.
- 2)Gross MT et al: Relationship between multiple predictor variables and normal knee torque production. Physical Therapy 69:68-76,1989.
- 3)東京都立大学体育学研究室:日本人の体力標準値 第4版:21-57,不味堂,1989.
- 4)Alexander J,Molnar GE: Muscular strength in children:Preliminary report on objective standards. Arch Phys Med Rehabil 54:424-427,1973.
- 5)Molnar GE,Alexander J: Development of quantitative standards for muscle strength in children: Arch Phys Med Rehabil 55:490-493,1974.
- 6)Aniansson A:Muscle function in old age with special reference to muscle morphology, effect of training and capacity in activities of daily living :Medical Dissertation,Goteborg,Sweden.
- 7)蜂須賀研二:筋力テストと筋萎縮の評価.総合リハ17:131-136,1989.
- 8)浅山あきら:運動療法の基礎.総合リハ19:499-504,1991.
- 9)小竹伴照:筋力増強訓練.総合リハ19:505-509,1991.