

1

長期入院すると足の筋力が低下し歩くのが困難となる。そこで、病院では歩くのに必要な大腿四頭筋の筋力を測定することがある。その測定に関する以下の文章の(①)～(⑬)に当てはまる数値を入れよ。

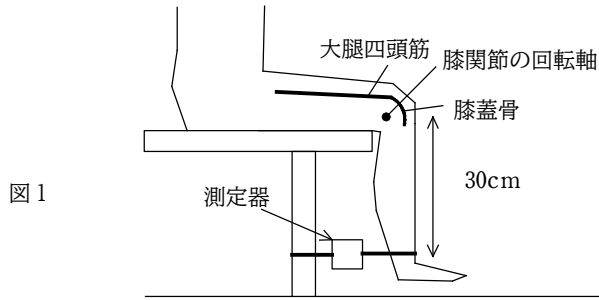


図1

図1のように机の上に被験者(入院患者)を座らせ、足を床に接触しないように垂直になるように降ろさせる。足首と机の脚をロープでつなぎ、この間に張力の測定器を取り付ける。この測定器はこのロープにはたらいっている張力の測定ができるものとする。

大腿四頭筋は大腿四頭筋腱で膝蓋骨とつながっており、この筋力で下肢を動かしている。この状態での膝関節の回転軸から大腿四頭筋までの距離を5.0cm(0.050m)とする。膝関節の回転軸からロープをつないでいる足首までの距離を30cmとする。測定機による張力が体重の $\frac{1}{2}$ 以上あれば歩行に差し支えないとされている。この数値は通常の人で1.0を若干超える程度で、運動している人で1.2程度、特に筋力の強い人で1.3程度と言われている。体重が60kgの人で測定してみよう。重力加速度の大きさを 10 m/s^2 とすると、この人の体にはたらいっている重力の大きさは(①)Nなのでこの測定器の値が300N以上あれば歩行に差し支えないことになる。

膝関節の回転軸を回転中心とすると、測定器の張力が300Nの時の足の力のモーメントは(②)Nmである。このモーメントを膝モーメントと呼ぶことにする。大腿四頭筋の筋力によるモーメントが膝モーメントと釣り合っているとすると、大腿四頭筋によるモーメントは90Nmである。膝関節の回転半径は0.050mなので、大腿四頭筋の筋力は(③)Nとなる。この患者の大腿四頭筋の筋力が(③)Nを下回るようになると、転倒の危険性が高くなることになる。

人の膝には膝蓋骨が存在し、大腿四頭筋と大腿四頭筋腱でつながっている。この様子を示したのが図2である。膝蓋骨は膝の曲げ角度(図2の角 θ)によって、動くようになっている。これは、大腿四頭筋腱と膝の回転中心との距離を保つためである。もし、膝大きく曲げた時、大腿四頭筋腱と膝の回転中心との距離が0になると、大腿四頭筋による力のモーメントが(④)になってしまい、立つことができなくなってしまうからである。

そこで、大腿四頭筋の筋力が最大1800Nのある人の膝回転中心と大腿四頭筋腱との線分と大腿四頭筋とのなす角(図2の角 α)と角 θ との関係を測定すると、図3のようになった。また、そのデータをもとにそれぞれの膝の曲がり角度における膝の力のモーメントを計算すると図4のようになった。

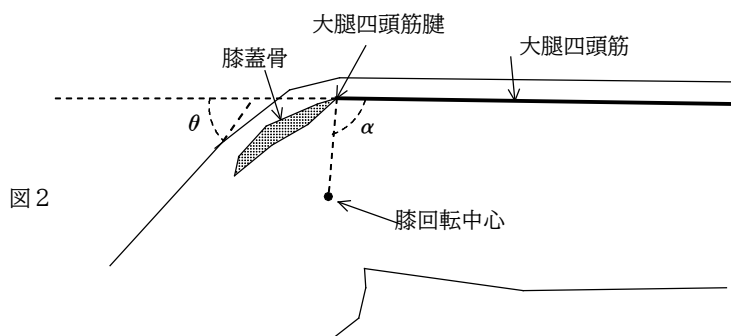


図2

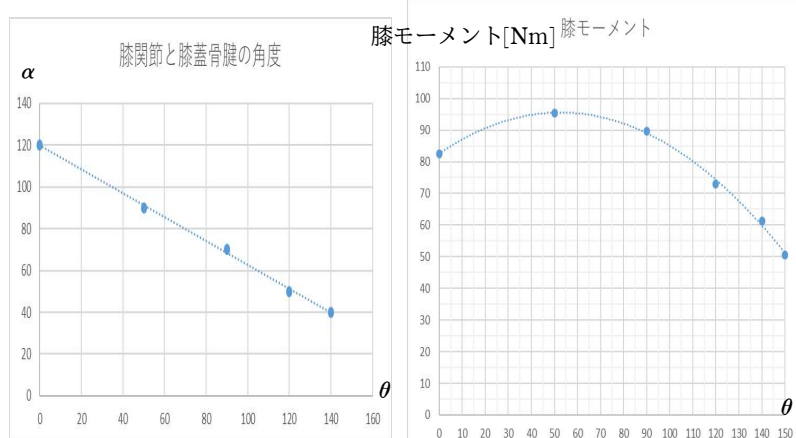


図3

図4

この図3によると、図1の測定を行った時 $\theta=90^\circ$ なので、この時の α は約(⑤)°である。膝モーメントが最大になるのは膝の曲げ角 $\theta=(⑥)^\circ$ の時、この時の α は(⑦)°であり、膝モーメントの大きさは(⑧)Nmとなる。

次に、椅子から立ち上がる場合を考えてみよう。図5はこの人が椅子に普通に座っている状態である。この状態では重力 W と足にはたらく垂直抗力が同一作用線上にないので立てない。立つためには、図6のように上半身を前に傾けて、垂直抗力と重力が同一作用線上に来るようにする必要がある。立つ瞬間の膝の曲げ角 θ を 120° とすると、膝モーメントは(⑨)Nmである。両足を使うので実際はこの2倍で150Nmとなる。この膝モーメントで上半身を起すのであるが、上半身の荷重は体重の0.7倍と言われているので、約400Nと考えてよい。膝の回転中心と腰の間の距離を0.40mとすると、この人が立ち上がるのに必要なモーメントは(⑩)Nmとなる。膝モーメントがこのモーメントに足りないので、この人は足だけで椅子から立ち上がることはできない。手を椅子か膝がしらに掛けて体を支える必要がある。

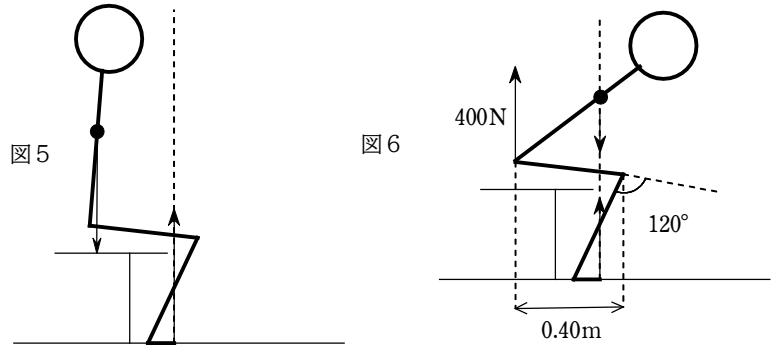


図5

図6

測定機による測定値が体重の半分の場合は、手で支えることによって椅子から立ち上がれる状態であることが分かる。

次に和式トイレで座っている状態から立ち上がるのに必要な膝のモーメントを計算してみよう。

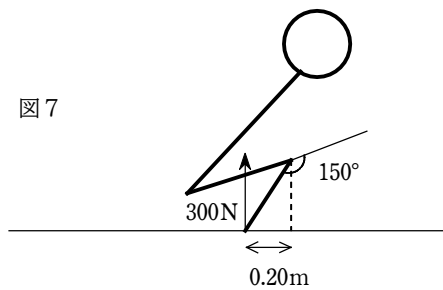


図7

図7は和式トイレにしゃがんでいる状態の体勢を示している。この時、膝の曲がり角度 $\theta=150^\circ$ で、膝の回転軸とつま先の位置が0.20m水平にずれているとする。この体勢で片足にかかる垂直抗力は体重の半分で300Nと考えられる。このとき、立ち上がるのに必要な膝にかかるのモーメントの大きさは(⑪)Nmである。図4より、 $\theta=150^\circ$ で膝にかかる力のモーメントは(⑫)Nmなので、この人は何かにつかまらないうち立ち上がれない。立ち上がるためには最低1.2倍のモーメントが必要である。図1における測定器の測定値と膝モーメントが比例しているとしたら、この時の測定値が体重の(⑬)倍あれば、立ち上がることが可能といえる。

解説

- ① 質量60kg、重力加速度の大きさ 10 m/s^2 なので、重力は600N
- ② 張力が300Nで、回転半径が30cm=0.30mなので、 $300\text{ N} \times 0.30\text{ m} = 90\text{ Nm}$
- ③ 膝関節に対する大腿四頭筋力のモーメントが90Nmで、回転半径が0.050m(5.0cm)なので、大腿四頭筋の筋力は $\frac{90}{0.050} = 1800\text{ N}$
- ④ 回転半径が0なので、力のモーメントは 0Nm
- ⑤ 図3のグラフより、 $\alpha=70^\circ$
- ⑥ 図4のグラフより 最大になるのは $\theta=50^\circ$
- ⑦ 図3のグラフより $\theta=50^\circ$ となっているのは $\alpha=90^\circ$
- ⑧ 図4のグラフより、 $\theta=50^\circ$ のときのモーメントは 95Nm
- ⑨ 図4のグラフより、 $\theta=120^\circ$ のときのモーメントは 75Nm
- ⑩ 力の大きさ400Nで、回転半径が0.40mなので、 $400\text{ N} \times 0.40\text{ m} = 160\text{ Nm}$
- ⑪ 力の大きさ300Nで回転半径が0.20mなので、 $300\text{ N} \times 0.20\text{ m} = 60\text{ Nm}$
- ⑫ 図4のグラフより $\theta=150^\circ$ のときの力のモーメントは 50Nm
- ⑬ ⑪⑫より、 $\frac{60}{50} = 1.2$ 倍のモーメントが必要となる。測定値が体重の0.50倍の時のモーメントが50Nmなので、60Nmになるには1.2倍のモーメントにならなければならない。よって、 $0.50 \times 1.2 = 0.60$ 倍

