

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 17 日現在

機関番号：25406

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500606

研究課題名(和文) 関節拘縮発生予防に関する研究

研究課題名(英文) Preventive effect of daily joint movement time on joint contracture in rats

研究代表者

小野 武也(ono, takeya)

県立広島大学・保健福祉学部・教授

研究者番号：30299797

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,000,000円

研究成果の概要(和文)：(目的)関節可動域制限の発生を予防するために必要な関節運動時間を検討した。(対象)Wistar系ラット個体とした。(方法)右足関節底屈位固定時間の違いにより対象個体を、1週間連続固定するG 1、1日12時間固定するG 2、1日8時間固定するG 3および1日4時間固定するG 4に分けた。固定時間以外における右足関節の動きは自由とした。1週間後、固定を除去した時の右足関節の背屈角度を測定した。(結果)背屈角度の有意な差がGroup 4のみに認められた。(結語)関節拘縮発生予防のためには、20時間/日の関節運動が必要である。

研究成果の概要(英文)：[Purpose] The purpose of this study was to investigate the preventive effect of daily joint movement time on joint contracture in rats. [Subjects and method] The subjects of this study were Wistar rats. The right hind limbs of all rats were immobilized in plantar-flexion and were divided into four groups with the immobilized times set as 24- (G 1), 12- (G 2), 8- (G 3) and 4- hours (G 4), respectively. The experiment was performed daily for seven consecutive days with the right hind limbs for the designated times. The last day, the angles of ankle dorsiflexion in G 1, G 2, G 3 and G 4 were measured after the casts were removed. [Results] There was no difference in the G 4. [Conclusion] Our results indicated that if the rat is not allowed to freely move for 20 hours daily the ankle joints stiffen.

研究分野：理学療法学

キーワード：関節拘縮 関節可動域制限 障害予防 廃用症候群 動物実験 運動療法

1. 研究開始当初の背景

関節の動きを維持・改善するために必要な運動について、これまでの研究では、「関節を全可動域にわたり3回動かすことを1日に2回行う」という非常に短い時間から、装具などで「1日24時間の伸張運動を行う」と非常に長い時間までの報告が見られ大きな幅があり、現在でも明らかにされているとは言い難い状況である。関節の動きを維持・改善するために必要な運動について検討した実験は、関節をギプスなどで固定した後、固定を外してストレッチを一日につき一定時間実施し、再び関節を固定する方法で行われている。これを1~2週程度毎日繰り返し、最終日は固定を外してストレッチを実施した後に、効果判定の関節可動域テストを行っている。

このような方法で得られたストレッチの時間から関節の動きを維持するために必要な関節運動の時間は30分/日と報告している(Williams 1990)。

ここでポイントとなる点は、最終日の効果判定直前にストレッチを行っている点である。最終日におこなう効果判定の関節可動域テスト結果は、2つの影響を含んでいると考えられる。一つは毎日行う関節運動の影響であり、もう一つは、最終日の関節可動域測定直前のストレッチの影響である。Harvey (2000)は、ヒトを対象として効果判定として行う関節可動域テスト直前の持続伸張を行わないで、Williams とほぼ同様の実験を行ったところ、30分/日のストレッチでは関節可動域の改善はなかったと報告している。

一般的な健康者は朝起きた時に関節のストレッチを行わないでも関節可動域は維持できており、これは、日頃の十分な関節運動が行われているためと思われる。この、日頃の十分な関節運動はどの程度であるかを知るためには、Harvey (2000)のように効果判定として行う関節可動域テスト直前の持続伸張を行わないで検討する必要がある。しかし、動物実験において効果判定直前のストレッチを行わず関節拘縮発生の予防に必要な関節運動時間を検討した研究はない。

我々は、Williamsの方法を模して、ラットを対象として効果判定直前に行うストレッチの有無が、実験結果にどのような影響をおよぼすのかについて検討した。その結果、30分/日の関節可動域訓練(24時間半の関節固定)を行い、最終日に効果判定として行う関節可動域テスト直前の可動域訓練を行うと可動域制限は改善できるが、最終日に可動域訓練を行わないと可動域制限は改善できないことを明確に示した(一日30分の伸張運動がラット足関節拘縮の発生予防に与える影響:理学療法科学 25(6)p947-949,2010)。以上のことから、最終日に効果判定として行う関節可動域テスト直前の可動域訓練を行わないで、日頃の関節運動だけで可動域を維持するためには、30分/日以上関節運動が

必要であると考えられた。次いで、一日12時間の関節運動(12時間の関節固定)がラット足関節拘縮発生に与える影響を調査した結果、関節拘縮の発生を確認した。このことから、Williamsが示した30分/日の関節運動では到底、可動域制限の発生を予防することはできず、12時間よりも長い関節運動(12時間よりも短い関節固定)で関節拘縮が発生するか調べる必要があると結論付けた(一日12時間の関節固定がラット足関節拘縮発生に与える影響,理学療法科学 26(2)p283-286,2011)。

2. 研究の目的

効果判定を行う直前の持続伸張を加えることなく、ラット関節拘縮の発生予防に有効な関節運動時間(関節固定時間)を検討する。本研究では、一日12時間以上の関節運動が関節拘縮の発生予防に与える影響を検討した。

3. 研究の方法

(対象)

対象とする実験動物として8週齢、体重192~250g(平均230±13g)のWistar系雌ラット24個体を用いた。すべてのラットは、飼育ゲージ内で自由に動き回り、さらに水と餌を自由に摂取する事ができるようにした。今回の実験は、県立広島大学保健福祉学部付属動物実験施設を使用し、県立広島大学研究倫理委員会の承認を受けて行った(承認番号No.18)。

(方法)

実験期間は1週間とした。まず、その初日に麻酔下(ペントバルビタールナトリウム40mg/kgを腹腔内に注入;以下同様)に、ラット6個体ずつを右足関節最大底屈位固定時間の違いにより無作為に4つのグループに分けた。すなわち、1週間連続固定するGroup 1、1日12時間固定した後に固定を除去し12時間自由に飼育するGroup 2、1日8時間固定した後に固定を除去し16時間自由に飼育するGroup 3、1日4時間固定した後に固定を除去し20時間自由に飼育するGroup 4である。次に、Group 1~4の右足関節の背屈角度を測定し基準となる正常値を得た。その後、Group 1~4の右足関節の固定を初日の午前7時に実施した。右足関節運動を可能とするために固定を除去する時間帯は、Group 2が19時から翌日7時、Group 3が15時から翌日7時、Group 4が11時から翌日7時とした。Group 2~4においては、実験2日目からも固定と固定の除去を初日と同様のスケジュールで実施し、これを7日目まで続けた。固定の除去には、エーテル麻酔を使用した。関節の固定部位は、大腿から足先部までとし、足趾は浮腫の発生を確認するために露出させた。関節の固定は、テーピングを用いて行い破損防止のため金網で保護した。また、テープの緩みや浮腫の発生を確認した際には適宜巻き替えを行った。なお、麻酔による影響を避けるためにGroup 1に対しても毎日エーテル麻酔

をかけた。実験最終日に、麻酔下に、Group 1~4 の右足関節の背屈角度を測定した。その測定時刻は、Group 1 と Group 2 が 19 時、Group 3 が 15 時、Group 4 が 11 時とした。この背屈角度の測定は、関節固定除去後に効果判定直前の関節運動を行うことなく実施した。測定は、次のように行った。側臥位にしたラットの股関節と膝関節を他動的に最大屈曲位とし小型筋力計 (KYOWA Co., LTS-1KA) を用いて 0.3 N の力で足関節を背屈させ、デジタルカメラで垂直上方から足関節を撮影した。背屈力 0.3 N は、正常ラット足関節を十分に背屈できる力である³⁾。撮影した画像より、画像解析ソフト (Scion Image Beta 4.03 for Windows) を用い足関節背屈可動域の大きさを示す背屈角度を測定した。背屈角度は 3 回測定し、その平均を測定値とした。その際、基本軸は腓骨と外果を結ぶ線、移動軸は踵骨足底面に平行な線とした。角度の表記は、その値が大きいほど可動域が制限されていることを示す。

固定除去の間に、右足関節運動が行われているかどうかを、毎朝の関節固定の前に、歩行中と安静肢位の足関節の状況を観察することにより把握した。

統計処理には Excel 統計 2010 を用いた。統計手法は背屈角度測定日 (初日, 7 日目) と固定時間の違い (Group 1, Group 2, Group 3, Group 4) を独立変数とし、背屈角度の測定値を従属変数とする二元配置分散分析を行った。また、背屈角度測定日と固定時間の違いとの間に交互作用が見られた場合は、それぞれの独立変数について単純主効果を検討した。なお、全ての統計手法は危険率 5% 未満をもって有意差の有無を判定した。

4. 研究成果

本実験では、固定 6 日目に Group 2 の 1 匹がエーテル麻酔過剰投与のため死亡したため、全ラット数は 23 となった。歩行時と安静時の右足関節運動は、Group 2, Group 3 および Group 4 において、ともに観察された。Group 毎の初日と 7 日目の足関節背屈可動域の測定結果を表 1 に示す。統計処理の結果、背屈角度測定日と固定時間の違いとの間に交互作用が見られた。そのため 初日の Group 間の有意差の有無、7 日目の Group 間の有意差の有無、Group 1 の初日と 7 日目の間の有意差の有無、Group 2 の初日と 7 日目の間の有意差の有無、Group 3 の初日と 7 日目の間の有意差の有無、Group 4 の初日と 7 日目の間の有意差の有無について、それぞれ単純主効果を求めた。その結果、初日には Group 間には有意差を認めず、7 日目には Group 間に有意差を認めた。また、Group 1, Group 2, Group 3 の初日と 7 日目の間には有意差を認め、Group 4 の初日と 7 日目の間には有意差を認めなかった。これらのことから、初日の背屈角度は Group による違いは認められない事、および Group 4 には関節拘縮が発生しなかった事が明らかとな

った。

関節拘縮発生を予防するために必要な関節運動の頻度と時間は、一日 1 回 30 分¹⁾と報告されている。この基準を参考に、Harvey LA 4) は脊損患者を対象として一日 30 分の関節運動を 28 日間行わせ、最後の関節運動終了の 24 時間後に関節可動域を測定した結果、関節拘縮発生予防効果は無かったと報告している。一方、Ada L 5) は脳血管障害患者を対象として、同様に一日 30 分の関節運動を 28 日間行い、最終日の関節運動後に評価したところ、効果が見られている。我々は、これらの研究方法の比較・検討により、効果判定直前の関節運動の有無が、それらの違いの原因であると推測した上で、ラットを用いて効果判定直前の関節運動が可動域の大きさを有意に改善させることを報告した⁶⁾。次に我々は、効果判定直前の関節運動を行わない場合 12 時間/日の関節運動でも、ラットにおいて関節拘縮発生予防につながらない事を見出した²⁾。Lannin NA 7) も脳血管障害患者を対象として 9~12 時間のストレッチを 56 日間行わせ、最後の関節運動終了後、24 時間経過してから評価した結果、関節拘縮発生予防効果は無かったと報告している。そして、今回我々は、4 時間の関節固定すなわち 20 時間の関節運動は効果判定直前の関節運動がなくても関節拘縮発生を予防できることを示した。健常成人では睡眠時でも数分から 1 時間程度の間隔で体動 body movement がある⁸⁾。実際に健常成人の足関節底背屈状況を電気角度計を用いて連続 24 時間観察した結果では、睡眠時の底背屈運動は少なくなるものの消失しない⁹⁾。これらのことから、関節は常に動くことにより柔軟性を保っていると推測できる。

本研究における課題は以下のとおりである。まず、関節可動域の改善程度には、加える強度と時間¹⁰⁾および最終可動域での関節運動¹¹⁾が影響しているにも関わらず足関節固定除去の間に足関節の動きがどのような頻度と可動域の範囲なのかを定量的に評価できなかった。また、連続した 8 時間/日の関節固定では関節拘縮が発生するとした今回の結果は、4 時間の関節運動を 2 回/日、関節運動を実施する時間をはさんで行った場合にも通用可能かどうかは不明である。さらに、関節拘縮の原因である皮膚、筋、靭帯などの病理解変化についての知見を得ることが必要である。

<引用文献>

1) Williams PE: Use of intermittent stretch in the prevention of serial sarcomere loss in immobilized muscle. Ann Rheum Dis, 1990, 49, 316-317.

2) 吉永龍史, 小野武也, 沖貞明・他: 一日 12 時間の関節固定がラット足関節拘縮発生に与える影響. 理学療法科学, 2011, 23 (6), 283-286.

3) 沖貞明, 大塚彰, 金井秀作・他: 関節可動域維持に必要な関節可動域運動の検討 ラットにおける実験的研究 . 運動・物理療法, 2004, 15(4), 312-316.

4) Harvey LA, Batty J, Crosbie J, et al.: A randomized trial assessing the effects of 4 weeks of daily stretching on ankle mobility in patients with spinal cord injuries. Arch Phys Med Rehabil, 2000, 81, 1340-1347.

5) Ada L, Goddard E, McCully J, et al.: Thirty minutes of positioning reduces the development of shoulder external rotation contracture after stroke: a randomized controlled trial. Arch Phys Med Rehabil, 2005, 86, 230-234.

6) 小野武也, 富田瑛博, 沖貞明・他: 一日 30 分の持続伸張がラット足関節拘縮の発生予防に与える影響. 理学療法科学, 2010, 25(6), 947-949.

7) Lannin NA, Cusick A, McCluskey A, et al.: Effects of splinting on wrist contracture after stroke: a randomized controlled trial. Stroke, 2007, 38(1), 111-116.

8) Jo K, Hagiwara H: 赤外線モーションセンサを用いた睡眠時体動の評価. 生体医学工学, 2009, 47(1), 7-14.

9) 小野武也, 伊橋光二, 鈴木幹男・他: 脳血管障害患者の麻痺側足関節における底背屈運動と可動域制限発生との関係 発症後 1 ヶ月以内の定量的検討 . 理学療法科学, 2003, 30(5), 288-295.

10) Usuba M, Akai M, Shirasaki Y, et al.: Experimental joint contracture correction with low torque--long duration repeated stretching. Clin Orthop Relat Res, 2007, 456, 70-78.

11) Flowers KR, Pheasant SD: The use of torque angle curves in the assessment of digital joint stiffness. J Hand Ther, 1988, 1, 69-74.

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔雑誌論文〕(計 3 件)

小野武也, 沖貞明, 井上かおり, 梅井凡子, 大田尾浩, 石倉英樹, 田坂厚志, 林一宏, 相原一貴, 大塚彰
関節可動域制限の発生を予防するために必要な関節運動時間の検討
理学療法科学 27(4), p 489-491, 2012

Takeya ono, Sadaaki oki, namiko umei, wakako tsumiyama, Atsushi Tasaka, Hideki Ishikura, kazuki aihara, yuta sato, Michele Eisemann Shimizu, akira otsuka,
Effect of an intermittent eight

hour joint fixation period on joint contractures in rats

J.Phys.Ther.Sci. 26:53-55, 2014.

Takeya ono, Sadaaki oki, namiko umei, Hideki Ishikura, kazuki aihara, yuta sato, akira otsuka, Norio muto
Effect of skin Resection on the Improvement of joint Contractures in rats

J.Phys.Ther.Sci. 26: 11-13, 2014.

〔学会発表〕(計 2 件)

Takeya Ono, et.al.

EFFECT OF AN EIGHT-HOUR JOINT FIXATION PERIOD ON JOINT CONTRACTURES IN RATS

WCPT-AWP&ACPT Congress 2013, 台北

世界理学療法士学会 (アジア地区学会)

Kazuki Aihara, Takeya Ono, et.al.

COMPARISON OF FFD BEFORE AND AFTER SLEEP

WCPT-AWP&ACPT Congress 2013, 台北

世界理学療法士学会 (アジア地区学会)

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕

出願状況 (計 0 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

取得状況 (計 件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

取得年月日:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小野武也 (TAKEYA, Ono)

県立広島大学・保健福祉学部・理学療法学科・教授

研究者番号: 30299797

(2) 研究分担者

加藤洋司 (YOUJI, Kayo)

県立広島大学・保健福祉学部・看護学科・准教授

研究者番号：60326436

(3)連携研究者

梅井凡子 (NAMIKO, Umei)

県立広島大学・保健福祉学部・理学療法学
科・准教授

研究者番号：30513907