鳴門教育大学研究紀要
第31巻　2016

痙直型脳性麻痺による肢体不自由者の脱トレーニング期間の相違が下肢筋力に及ぼす影響

田　中　弘　之*，井　上　貴　江**，北　原　嘉　之***，中　野　竜太郎***

（キーワード：痙直型脳性麻痺，脱トレーニング期間，等速性筋運動）

Ⅰ　緒　言

近年，健常な中高年者において，健康の維持・増進を目的として，定期的な運動が生活の中に取り入れられる傾向が一層高まっている。しかし，ジョギングやランニングなどの有酸素運動の過多による膝関節や足関節における傷害の誘発とその慢性障害化並びに筋力トレーニングの過負荷によって招来されるインピンジメント症候群の問題等が散見されている。

他方，障害者，特に脳性麻痺者についても，穐山[1]は，『健康意識の高い脳性麻痺者も多く，グループホームや個人レベルで自ら生活プログラムを立て，運動時間や病院での運動療法を生活の中に組み入れている人たちもいる。』と，健常者と同様の傾向が認められることを報告している。殊に，自力歩行の可能な脳性麻痺者の場合は，障害により歩行時の姿勢の変形が起っている可能性が考えられるため，加齢に伴って，下肢への負担の増大が示唆されている。さらに，高齢化が進むことで，障害とは直接関連のない疾患などのリスクが増すことにより，定期的に運動を継続することが困難となることが予想される。

前報[2]において，著者らは，下肢の筋力トレーニング習慣を有する痙直型脳性麻痺による肢体不自由者に対して，意図的な脱トレーニングの影響を検証し，単にトレーニング効果の低下を招来するだけではなく，逆に，増大をももたらす可能性について報告した。併せて，健常者を対象としたトレーニングとは異なり，肢体不自由者のトレーニングが障害の重度化を予防し，現有能力の維持にも貢献する意義を有し，筋力トレーニングの継続にあたって，オーバートレーニングの防止が重要であることも指摘した。

その一方で，脱トレーニング期間の長さとの因果関係に関するさらなる検証が必要[2]であることを指摘したが，脱トレーニング期間の相違による筋力トレーニングの影響については検討課題として残存していた。

本研究では，事例研究として，脳性麻痺者に対し，等速性あるいは等張性筋運動形態における継続的な下肢筋力トレーニングによる等速性下肢筋力の変化を観察するとともに，２種の脱トレーニング期間を意図的に設定し，この期間の多寡が対象者の筋力に及ぼす影響について検証することを目的とした。

Ⅱ　方　法

1　被験者

松葉杖や車いす等を使用せず自力での歩行が可能であり，幼少期からのリハビリテーションを含め下肢の筋力トレーニング習慣を有するが，スポーツ等の運動経験のない40歳代後半の痙直型脳性麻痺による軽度下肢不自由者の女性１名を対象とした.

2　トレーニング処方

トレーニングは，等速性筋運動負荷装置（以下 CYBEX770と略）によるアイソキネティック・トレーニングと日常生活時のフリーウエイトを用いた筋力トレーニングとした。

1）フリーウエイトトレーニング時に使用する主な用具

*鳴門教育大学生活・健康系コース（保健体育）
**鳴門教育大学研究生
***鳴門教育大学大学院

・水入りペットボトル（1500ml，1000ml 及び500ml）
・0.5kg のダンベルもしくは同重量のアンクルウエイト
・足背固定用のゴムベルト

2）フリーウエイトトレーニング時のトレーニング動作

CYBEX770によるアイソキネティック・トレーニング時と同じ動作を行い，トレーニング部位の負荷はペットボトルの水量やアンクルウエイトの重量及びダンベルの重量で調整を行った。

3）トレーニングの強度と時間

トレーニング部位を特定するにあたり，まず被験者の CYBEX770によるアイソキネティック・トレーニング適性の可否を確認するための予備実験として，膝関節の屈曲伸展運動，足関節の背屈底屈運動，股関節の外転内転運動，股関節の屈曲伸展運動，肩関節の水平外転水平内転運動，肩関節の屈曲内転伸展外転運動のアイソキネティック・テストを１日１回，角速度を60度，120度，180度に設定し，数日間実施した。

アイソキネティック・テスト中の被験者本人の様子や各部位の動作を観察した結果，その他の部位と比較して，動作様式に比較的変形が少ない膝関節の屈曲伸展運動と股関節の屈曲伸展運動を対象として，筋力トレーニングを行うこととした。また CYBEX770によるこれらの部位の筋力トレーニング時の角速度を膝関節の屈曲伸展運動については30度，股関節の屈曲伸展運動については60度，回数は各５回とした。

4）トレーニングの頻度

一週あたり３回とした。

5）トレーニングの期間

2011年５月から開始し，2013年７月まで継続して実施した。この間，2011年７月から2011年９月まで，2011年12月から2012年４月まで，2012年７月から2012年９月まで及び2012年12月から2012年５月までの４つの期間を脱トレーニング期間とし，前述のトレーニング動作を行わないよう設定した。

3　トレーニング効果の評価

CYBEX770による膝関節の屈曲伸展運動と股関節の外転内転運動におけるアイソキネティック・テストを2011年６月，2011年10月，2011年11月，2012年５月，2012年６月，2012年10月，2012年11月，2013年６月及び2013年７月に実施した。

2011年６月と2011年10月のテスト結果及び2012年６月と2012年10月のテスト結果については，脱トレーニング期間３か月のカテゴリーとし，2011年11月と2012年５月のテスト結果及び2012年11月と2013年６月のテスト結果について，脱トレーニング期間６か月のカテゴリーとして大別した。

筋力の評価項目は，最大トルク，最大トルク発揮角度，最大仕事量，平均パワー，総仕事量，平均関節可動域（以下平均 ROM と略）であった。

統計学的解析は，繰り返しのある二元配置の分散分析を行い，多重比較には Scheffe 法を用いた。なお，有意性の水準は５％未満とした。

Ⅲ　結果と考察

脱トレーニング期間３か月において，膝関節屈曲総仕事量（図１）及び膝関節伸展総仕事量（図２）において，脱トレーニング期間後に５％水準で有意に高値を示す傾向が認められた。

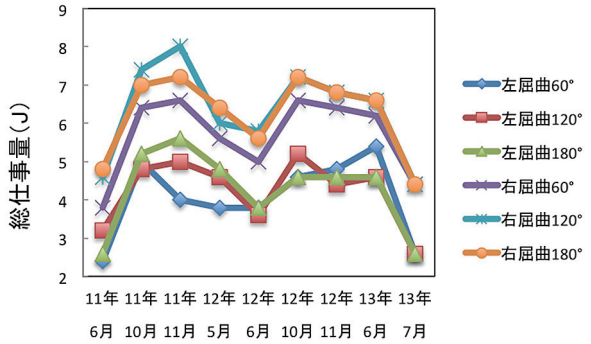

図１　膝関節屈曲運動における総仕事量の推移

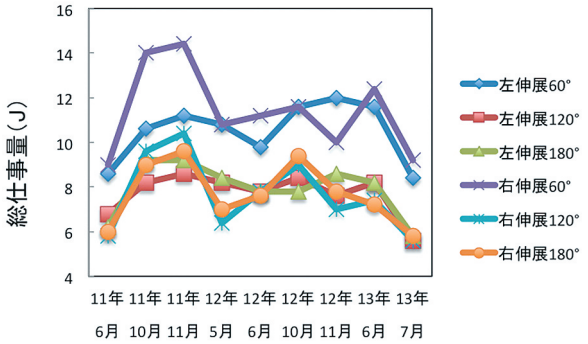

図２　膝関節伸展運動における総仕事量の推移

なお，図示しなかったが，膝関節屈曲最大トルク，膝関節伸展最大トルク，膝関節屈曲最大トルク/BW，膝関節伸展最大トルク/BW，膝関節屈曲最大仕事量，膝関節屈曲最大仕事量/BW，膝関節伸展最大仕事量/BW の各測定項目においても同様の結果が得られた。

なお，脱トレーニング期間６か月後に，有意な増大を示す筋力測定項目は認められなかった。

脱トレーニングに着目した先行研究[3)4)5)19)20)21)23)]において，脱トレーニングによって，トレーニング効果が減衰または消失するという報告[3)19)23)]が散見されているが，膝関節の結果において，平均パワーを除く各評価項目について，脱トレーニング期間後に筋力が増大しており，著者らの先行研究[2)]で認められている『脱トレーニングが単にトレーニング効果の低下を招来するだけでなく，逆に上昇をももたらす可能性』を追認する成果が得られた。加えて，『脱トレーニングによる下肢筋力の動態には，正負の影響が混在しており，その要因の究明には脱トレーニング期間の長さとの因果関係はさらなる検証が必要』と提言していたが，本研究においては，アイソキネティック・テストの結果を脱トレーニング期間３か月と脱トレーニング期間６か月の２つのカテゴリー分類で比較検証した結果，膝関節運動における筋力測定項目では，脱トレーニング期間３か月後のみの数値が有意に上昇しており，数値の低下を示す項目は認められなかった。これらの傾向から，障害を有する対象者の筋力トレーニングにおける代償性効果について，６か月間の保持は困難であることを示唆するものであった。

他方，股関節運動において，脱トレーニング期間３か月後に５％水準で有意に増大した筋力測定項目は，股関節内転運動の総仕事量（図３）のみであった。また，股関節外転運動の総仕事量（図４）では，脱トレーニング期間６か月後に５％水準で有意に低下する傾向が見られ，図示しなかったが，股関節の外転内転運動の総仕事量においても同様の結果が得られた。

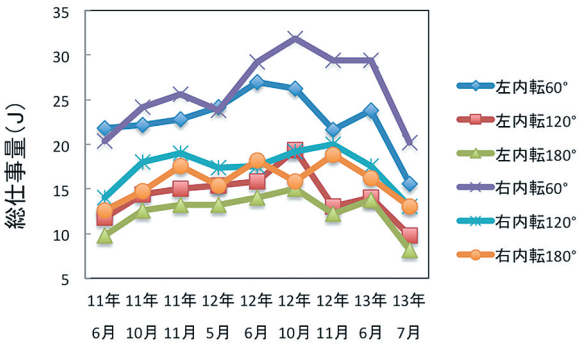

図３　股関節内転運動における総仕事量の推移

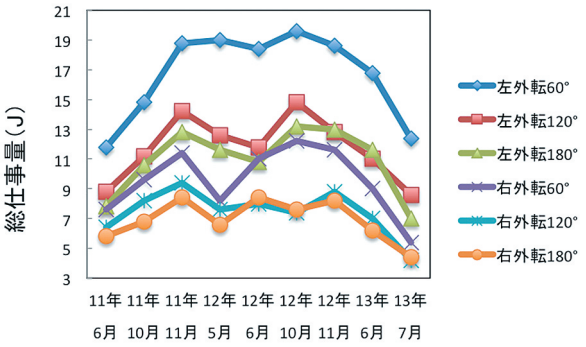

図４　股関節外転運動における総仕事量の推移

また，平均 ROM の推移では，膝関節運動（図５）及び股関節運動（図６）のいずれにおいても，脱トレーニング期間の延長によって，漸減する傾向が認められた。

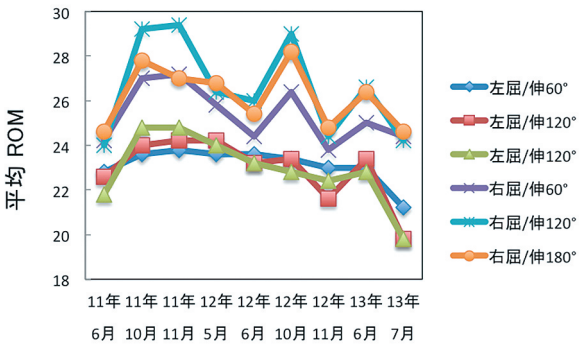

図５　膝関節屈曲伸展運動における平均 ROM の推移

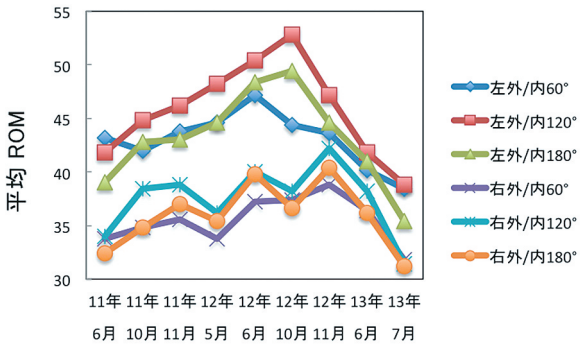

図６　股関節外転内転運動における平均 ROM の推移

股関節運動においては，脱トレーニング期間３か月後に筋力がやや増大する測定項目も散見されたが，著変は認められず，また，膝関節運動の場合とは異なり，脱トレーニング期間の延長により，筋力が低下していく傾向が認められた。前報[2)]において，比較的大筋群を動員する股関節運動よりも小筋群依存の膝関節運動の方が脱ト

レーニングの影響を受けやすいという可能性を示唆したが，本研究における股関節運動の消長では，脱トレーニング期間の延長に伴う筋力低下は，膝関節運動よりも股関節運動の方が著明となった。これらの機序の一端として，両関節運動を制御する大腿直筋，大腿二頭筋長頭，半腱様筋，半膜様筋，薄筋，縫工筋，大腿筋膜張筋等の二関節筋が遠位の関節運動に密接に関与[28]するためとも推察されるが，健常者と同様の機構が保持されていることの可否等の課題も包含して，その詳細については，さらなる精査が重要であると考えられた。

膝関節運動と股関節運動の両者の結果を総括すれば，脱トレーニングの影響による筋力低下の傾向は，脱トレーニング期間が６か月と長期化した場合の股関節外転運動の総仕事量と股関節外転内転運動の総仕事量に限定されていた。このことは，本実験で設定したトレーニング継続のための膝関節の屈曲伸展運動と股関節の外転内転運動というプロトコールにおける動作が，松葉杖や車いす等を使用せずに，自力歩行が可能な対象者にとっては，歩行を含む日常生活におけるすべての動作と連関[29][30][31]することに起因すると想定される。脱トレーニング期間を設定しても日常の生活動作が停止状態になることはなく，アイソキネティック・トレーニングやフリーウエイトを用いた筋力トレーニングとは異なる低負荷の身体活動による効果が維持され，また脱トレーニング期間がトレーニング部位の休息における代償性効果を招来する[2]ことにもなり，筋力の保持や増大の一因となった可能性も推察される。

一般に，健常者における筋肥大応答に連関する脱トレーニングの影響について，小笠原[3]は『時間経過とともに前値に復する。しかし，レジスタンス・トレーニングによって停滞した筋肥大応答が，比較的短時間で筋サイズへの影響の少ない脱レジスタンス・トレーニングによって改善されていることから，レジスタンス・トレーニングと脱レジスタンス・トレーニング期間を適切に設定しながら，断続的にレジスタンス・トレーニングを行う方略が，単に，継続的にレジスタンス・トレーニングを実行し続けるよりも効率的かつ効果的に筋肥大効果を得る可能性が高い。』と論証している。

従来，筋は，動作性肥大と廃用性萎縮という宿命を負っている。しかし，このような正負の適応現象の相互作用に関しては，不明な点が多く，論議のあるところとなっている。筋力トレーニングで増加した筋力と筋サイズが，脱トレーニングによって低下するのは自明である。ただ，筋サイズは早期にトレーニング前値に復する傾向が認められているが，筋力は筋サイズほどには低下しないとする報告[37]も行われている。健常者に関する運動生理学的見解において，速筋線維は遅筋線維と比較して，トレーニングによる筋肥大効果が大きいが，脱トレーニングによる萎縮も早く，遅筋線維ではそれとは対照的な動態を示す[38]ことが知られている。肢体不自由者の場合には，その動作学的特性から遅筋線維優位の筋組成に移行している可能性が高く，本研究のような脳性麻痺に障害が起因する対象者では，トレーニング効果が停滞しがちとなる可能性について多数報告[11][12][13][14][15][16][17][24]されており，その対照的機序がトレーニング効果の保持に関与したものとも推測される。実際に，脱トレーニング期間３か月後のアイソキネティック・テストの結果について，再トレーニング１か月後のアイソキネティック・テストの成績を加味して，検定を加えた場合には，有意な増大が認められなかったことがひとつの証左になると考えられる。

脱トレーニング現象は，モチベーションの低下や，トレーニング時間の確保の困難さ，受傷や陰性疲労等の要因によって誘発される不可避の事態[3]であると想定される。脱トレーニングによってミオシン重鎖が速筋型へ移行することも報告[39][40]されており，筋サイズはトレーニング前値に復しても，筋の収縮速度は改善される可能性が示されていることから「脱トレーニング－再トレーニングサイクル」の効用が究明されれば，意図的な脱トレーニングの在り方が，筋力トレーニングの長期的な効果を保証する重要な命題になると思量される。

これまでの一連の当該研究[2][11][12][13][14][15][16][17]において，対象者の下肢筋力様相の縦断的観察を主眼に置き，その過程における加齢の影響をも加味して脱トレーニング期間をトレーニング継続期間よりも長く設定している[2]ことを考慮しても，今回の脱トレーニング後の有意な筋力の増大は，健常者を対象とした小笠原[3]の見解を支持する結果ともなった。

本研究の対象者のような脳性麻痺者にとっては，獲得したトレーニング効果や障害と共存している現有能力[2]を長く維持することは切要であるため，トレーニング効果の停滞のリスクを内包しながらも一定のトレーニングの継続性は必要[11][12][16][24][25][26][27]であり，今後の加齢現象の加速化に伴って，その重要性も増大すると推察される。筋力トレーニングの継続期間中には，トレーニング動作においての継続に支障となる被験者の疲労や鈍痛などに関する主訴はなかったが，トレーニング効果を低下させないためにも，トレーニングスケジュールの定期的な精査が急務の課題であり，「脱トレーニング－再トレーニングサイクル」に関する運動処方の策定について，今後も検討を重ねる予定である。

Ⅳ　結　語

痙直型脳性麻痺による肢体不自由者の事例研究として，長年，縦断的に等速性筋収縮動作を対象として，下肢筋力に及ぼす筋力トレーニングの影響について観察を継続してきた。本研究では，脱トレーニング期間の功罪について検証するために，脱トレーニング期間３か月及び脱トレーニング期間６か月のカテゴリー別に過去のデータの比較検討を行い，下記のような知見を得た。

１．膝関節筋では脱トレーニング期間３か月後に有意に筋力が増大する傾向が認められた。

２．股関節筋では脱トレーニング期間３か月後の筋力に有意な変化は認められなかった。

３．膝関節筋及び股関節とも脱トレーニング期間６か月後に筋力の低下傾向が認められた。

以上のような結果から，脱トレーニング期間は下肢筋力の消長に影響を及ぼし，その動態は，筋収縮様式によっても異なる可能性が示唆された。これらの研究成果と健常者を対象とした類似の研究報告[3]との異同については，今後，精査を要する重要な検証課題であると考えられた。

参考・引用文献

1）穐山富太郎・川口幸義・大城昌平：脳性麻痺ハンドブック　－療育にたずさわる人のために－　第２版，145－150，医歯薬出版，2015.

2）田中弘之・井上貴江・藤森貴大：痙直型脳性麻痺による肢体不自由者における脱トレーニングの影響，鳴門教育大学研究紀要，第29巻，368－375，2014.

3）小笠原理紀：トレーニングと脱トレーニングによって変わる筋肥大応答，体育の科学，Vol. 64，No. 10，680－685，2014.

4）片山敬章：持久機能におけるトレーニングとディトレーニング，体育の科学，Vol. 64，No. 10，686－691，2014.

5）青木朋子：手指運動におけるトレーニングとディトレーニング，体育の科学，Vol. 64，No. 10，702－706，2014.

6）横山光・中澤公孝：脳神経機能トレーニングとディトレーニング　－運動記憶の忘却に打ち勝つための神経メカニズム－，体育の科学，Vol. 64，No. 10，673－679，2014.

7）山崎文夫：体温調節におけるトレーニングとディトレーニング，体育の科学，Vol. 64，No. 10，692－696，2014.

8）大槻毅：心血管系におけるトレーニングとディトレーニング，体育の科学，Vol. 64，No. 10，697－701，2014.

9）広瀬統一：アスリートのコンディショニングにおけるディトレーニング，体育の科学，Vol. 64，No. 10，707－712，2014.

10）万歳登茂子：成人脳性マヒライフノート，脳性マヒの二次障害実態調査実行委員会，2013.

11）井上貴江・佐々木弘幸・清水安希子・田中弘之：痙直型脳性麻痺による軽度肢体不自由者の筋力トレーニングに関する研究，鳴門教育大学実技教育研究，第15巻，47－50，2005.

12）井上貴江・佐々木弘幸・清水安希子・田中弘之：痙直型脳性麻痺による軽度肢体不自由者の筋力トレーニングに関する研究（第２報）－継続に向けての課題－，鳴門教育大学実技教育研究，第16巻，41－44，2006.

13）井上貴江・和田規孝・竹内靖人・田中弘之：痙直型脳性麻痺による下肢不自由者における上肢筋力トレーニングが下肢筋力トレーニングに及ぼす影響に関する研究，鳴門教育大学実技教育研究，第20巻，47－51，2010.

14）田中弘之・井上貴江・竹内靖人：痙直型脳性麻痺による下肢不自由者の最重度障害部位のトレーニング効果に関する研究，鳴門教育大学研究紀要，第27巻，383－389，2012.

15）井上貴江・清水安希子・山本洋司・松下亮・田中弘之：痙直型脳性麻痺による軽度肢体不自由者の上肢筋力トレーニングに関する研究，鳴門教育大学実技教育研究，第17巻，33－36，2007.

16）井上貴江・松下亮・松原圭一・和田規孝・田中弘之：痙直型脳性麻痺による軽度肢体不自由者の長期トレーニングに関する研究　－有効性と問題点－，鳴門教育大学実技教育研究，第18巻，15－18，2008.

17）井上貴江・和田規孝・田中弘之：痙直型脳性麻痺による軽度肢体不自由者の最重度障害部位の筋力トレーニングに関する研究，鳴門教育大学実技教育研究，第19巻，49－53，2009.

18）永島智里：脳性麻痺児の歩行障害とその治療，歩行と走行の脳・神経科学　－その基礎から臨床まで－　市村出版，185－193，2013.
19）岡本直輝・伊坂忠夫・福川敦：頸部の筋力トレーニングと脱トレーニングが頸部筋力に及ぼす影響，体力科学，第46巻，201－210，1997.
20）山下陽一郎・小田南州生・山下敦美：全身持久性能力の変化に関する脱トレーニングの影響，職業能力開発総合大学校紀要，第36号B（人文・教育編），47－51，2007.
21）脇本敏裕・三秋欣彦・中嶋雅子・長尾光城・松枝秀二・長尾憲樹：短期の低酸素吸入を伴う運動負荷と10日間の脱トレーニングが有酸素的作業能力および運動中の血中乳酸応答に及ぼす影響，川崎医療福祉学会誌，第15巻，第２号，455－561，2006.
22）大柿哲朗・小室史恵・宅島章・吉水浩・満園良一：中高年婦人の健康づくり運動教室の効果に関する研究－４年間継続者と中断者における血清脂質の動態－，健康科学，第12巻，99－106，1990.
23）辻本尚弥・鈴木英樹：ラット下肢骨格筋に対する長期間の脱トレーニングの影響，久留米大学健康・スポーツ科学センター研究紀要，第14巻，第１号，29－35，2007.
24）曽根翠：成人に至った脳性麻痺のリハビリテーション，Medical Rehabilitation，第87号，63－70，2007.
25）野村忠雄：脳性麻痺の整形外科的治療，Medical Rehabilitation，第87号，23－30，2007.
26）原泰夫：年長児の理学療法，Medical Rehabilitation，第35号，44－48，2003.
27）河村光俊：脳性麻痺の理学療法，Medical Rehabilitation，第87号，31－37，2007.
28）田中弘之・清水安希子・山本洋司・松下亮：足関節運動の筋力トレーニングが垂直跳びの跳躍高に及ぼす影響　－バレーボール競技におけるジャンプパフォーマンス向上のための実践的方策について－，鳴門教育大学実技教育研究，第17巻，27－32，2007.
29）佐藤一望・落合達宏：二次障害の予防と治療，Medical Rehabilitation,No. 35，70－77，2003.
30）松尾隆：脳性麻痺と機能訓練　－運動障害の本質と訓練の実際－（改訂第２版），南江堂，2002.
31）五味重春：脳性麻痺（第２版）－リハビリテーション医学全書15－　医歯薬出版，1989.
32）広川俊二：距離・時間因子情報による脳性麻痺児の歩行分析, 医用電子と生体工学25巻，２号, 17－24，1987.
33）土屋邦喜・佐竹孝行・太田剛・池邊修二：大型三次元床反力計を用いた歩行の解析　－脳性麻痺治療における適用に関して－，整形外科と災害外科，38巻，４号，1801－1805，1990.
34）小塚直樹・橋本伸也・宮本重範・小神博・横井裕一郎・仙石泰仁・三島与志正：痙直性脳性麻痺児のcrouching gait とその定量化に関する研究，理学療法学，19巻，４号，371－375，1992.
35）浅海岩生：CYBEX を使用した痙性筋の評価，第３回中国ブロック理学療法士学会学会誌，49－51，1989.
36）平岡浩一・秋山稔・渡部政幸・新町景充・川上司：CYBEX6000を用いた痙性評価の検者内信頼性および妥当性の検討，PT ジャーナル，Vol. 30，No. 229－132，1996.
37）Ogasawara, R., Yasuda, T., Sakamaki, M., Ozaki, H., Abe, T. 6–Weeks Resistance Training and Retraining–induced Muscle Hypertrophy and Strength Gains in Young Men. Med. Sci. Sports Exerc. 42–48, 2010.
38）Hakkinen, K., Newton, R. U., Gordon, S. E., McCormick, M., Volek, J. S., Nindl, B. C., Gotshalk, L. A., Campbell, W. W., Evans, W. J., Hakkinen, A., Humphries, B. J., and Kraemer, W. J. Changes in muscle morphology, electromyographic activity and force production characteristics during progressive strength training in young and older men. J. Gerontol. A. Biol. Sci. Med. Sci. 53, B415–423, 1998.
39）Andersen, J. L., and Aagaard, P. Myosin heavy chain IIX overshoot in human skeletal muscle. Muscle Nerve23, 1095–1104, 2000.
40）Andersen, L. L., Andersen, J. L., Magnusson, S. P., Suetta, C., Madsen, J. L., Christensen, L. R., and Aagaard, P. Changes in the human muscle force–velocity relationship in response to resistance training and subsequent detraining. J. Appl. Physiol. 99, 87–94, 2005.

Effects of the detraining period on the lower limb muscle strength in physically handicapped person due to the spastic type cerebral palsy

TANAKA Hiroyuki*, INOUE Takae**,
KITAHARA Yoshiyuki*** and NAKANO Ryutaro***

As for the physically handicapped person due to spastic type cerebral palsy, the difference of detraining period was verified for the impact on the lower extremity muscle strength.

The obtained results are as follows.

1. The knee joint muscular strength was significantly enhanced by the detraining of three months.
2. The hip joint muscular strength was not significantly enhanced by the detraining of three months.
3. The muscular strength of the knee joint and the hip joint was weakened by the detraining of six months.

From these results, it is suggested that the detraining period may effect on the lower limb muscle strength. It is also suggested that the effect of detraining may depend on muscle contraction style.

These findings are not necessarily corresponded to the results of the previous study that were conducted to healthy people as a subject of the research. Therefore, further study is expected.

*Faculty of Health and Living Sciences, Naruto University of Education
**Naruto University of Education Research Student
***Graduate School of Education, Naruto University of Education