

# MTPSSE における ウォーミングアップの概要と理論的背景

総説▶

西尾正輝

Masaki Nishio

**要旨** MTPSSE のプログラムには、ウォーミングアップが含まれている。その意義を要約すると、ストレッチングを活用したウォーミングアップを最初に行うことで発話・嚥下の関連筋群の土台となっている体幹・頭頸部の緊張を緩和しながら、筋・腱・靭帯の柔軟性を高めて可動域を維持・拡大した状態にコンディショニングを整えておくことが期待されるとともに、末梢の血液循環がよくなり、筋の収縮が容易となり、神経系の協調性が高まることなどで、その後のメイントレーニングにおいてより大きな運動範囲で可動域拡大運動ならびにレジスタンス運動を行うことを図る。

本稿では、MTPSSE におけるウォーミングアップのこのような意義を含めて、その概要と理論的背景について解説した。

**キーワード** 高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム、MTPSSE、ウォーミングアップ、ストレッチング、PEPIS

## I. 目的

筆者が開発した「高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラム (Movement Therapy Program for Speech & Swallowing in the Elderly: MTPSSE) (図1)」には、補足プログラムの中に「不良姿勢に伴う嚥下機能低下の予防・改善プログラム: 嚥下をよくするポールエクササイズ (PEPIS)」が含まれている。本誌8巻1号にて、筆者は PEPIS について著し<sup>1)</sup>、加齢や不良姿勢、不活動などに伴う姿勢の変化が嚥下機能の低下を招く機序について解説するとともに、その予防として柔軟性の運動が重要であることを指摘した。

具体的には、円背 (round back) と呼ばれる姿勢に加えて、頭部前方位姿勢で視線を正面に向けて頭部水平位を保持しようとする、頭部が過伸展位となり、嚥下運動にきわめて不利な姿勢となる (図2)。なぜなら、このような姿勢は上気道の狭窄もしくは閉塞に対して気道確保法のために頭部後屈法、顎先挙上法、下顎挙上法を用いたスニフing位 (sniffing position) と類似しており、口から気管の入り口までが直線に近くなる。こうした姿勢では、舌骨下筋群は伸張されて舌骨・喉頭を引き下げ、舌骨上筋群は下顎を引き下げる作用を有する状態となる (図3)。すなわち、嚥下時の舌骨・喉頭の挙上運動を阻害する作用が強く働き、嚥下反射の惹起困難、遅延、咽頭残留、食道入口部の開大障害、喉頭侵入、誤嚥などの原因となり得るからで

ある。

PEPIS はこうした嚥下な不利な姿勢を予防・改善するためのアプローチとして開発されたものであるが、これとは別途に MTPSSE には全身的な柔軟性を維持・向上させつつメイントレーニングにおける訓練・治療効果を高めるために、ウォーミングアップを設けている (図1)。本稿では、その概要と理論的背景について解説する。

## II. MTPSSE におけるウォーミングアップの構成と期待される主な効果

MTPSSE において、ウォーミングアップは、1) 頸部の運動、2) 肩甲帯の運動、3) 胸腰部の運動から構成される (表1)。ウォーミングアップとは、本来体温を高めることを意味し<sup>2)</sup>、全身的運動が望ましい。MTPSSE では発話・嚥下関連筋群の運動のための準備運動として実施するため、全身の中でも発話や嚥下運動にかかわる体幹の頸部、胸腰部、ならびに肩甲帯の関節可動域運動を重視する。一般にウォーミングアップとしてウォーキングやジョギングなどの簡単な有酸素トレーニングが用いられることがあるが、MTPSSE では柔軟性トレーニングの一環としてストレッチングにより頸部、肩甲帯、胸腰部の緊張を緩和しながら、関節可動域の維持・拡大、スティフネス (硬さの指標、筋緊張) の低下などにより筋・腱・靭帯の柔軟性を高めることを目的として行う。

換言すると、過緊張状態となりがちな体幹の頸部周囲筋や脊柱・胸郭に関連する筋群の緊張がストレッチングによ

新潟医療福祉大学大学院医療福祉学研究科保健学専攻言語聴覚学分野

[連絡先] 西尾正輝: 新潟医療福祉大学大学院医療福祉学研究科保健学専攻言語聴覚学分野 (〒950-3198 新潟県新潟市北区島見町1398)

TEL: 025-257-4431 FAX: 025-257-4431 E-mail: nishio@nuhw.ac.jp

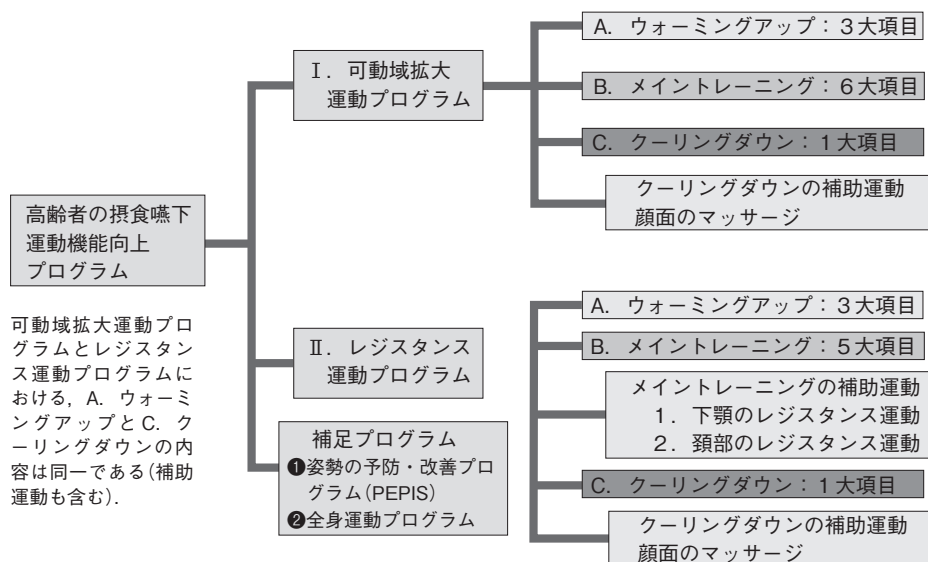


図1 高齢者の発話と嚥下の運動機能向上プログラムのグランドデザイン

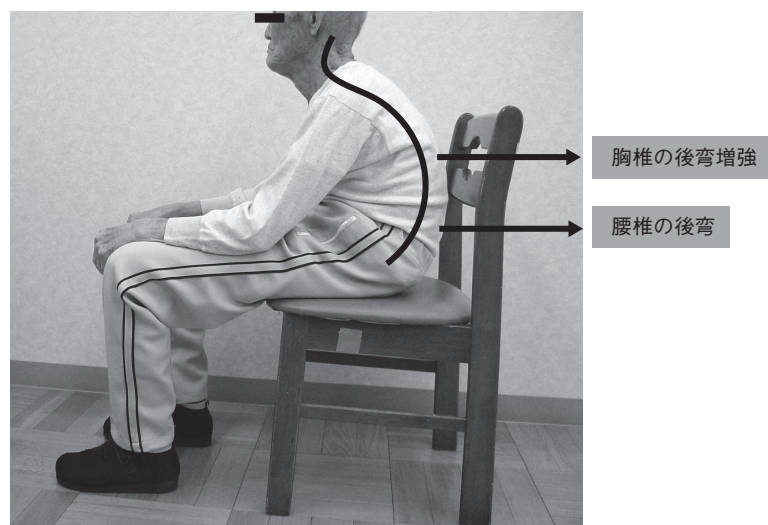


図2 老人性後弯症. 胸椎の後弯増強, 腰椎の後弯により典型的な円背を呈し, 視線を正面に向けるために頭部が過伸展位となっている。

り緩和され, 末梢の血液循環がよくなり, 筋の収縮が容易となり, 神経系の協調性が高まることなどで, 運動を円滑に行える状態へと導くことを期待する. すなわち, メイントレーニングでの身体運動に適応しやすい状態に整えるとともに, 身体に傷害が発生するのを予防する役割を担う. さらに, 筋委縮を予防したり, 深く呼吸をしながら行うことで精神的リラックス効果も得られる. ウォーミングアップは, アメリカスポーツ医学会 (American College of Sports Medicine: ACSM)<sup>3)</sup>をはじめ, 幅広く推奨されている. 表2に, MTPSSEにおいて期待されるウォーミングアップの主な効果を示す.

MTPSSEの実施に際してウォーミングアップを行いストレッチングにより柔軟性が高まり可動域が拡大した状態

にコンディショニングを整えておくと, その後のメイントレーニングでより大きな運動範囲で可動域拡大運動ならびにレジスタンス運動を行うことができる. また, ストレッチングとレジスタンストレーニングを組み合わせると, 姿勢の安定性とバランス能力も向上することが報告されている<sup>4)</sup>.

### Ⅲ. ストレッチング

#### 1. ストレッチングとは

ストレッチングというのは, その名の通り, 引き伸ばすこと, すなわち伸張することであり, 筋の起始と停止を遠ざけることによって伸張性の改善が生じる. 1960年代に,

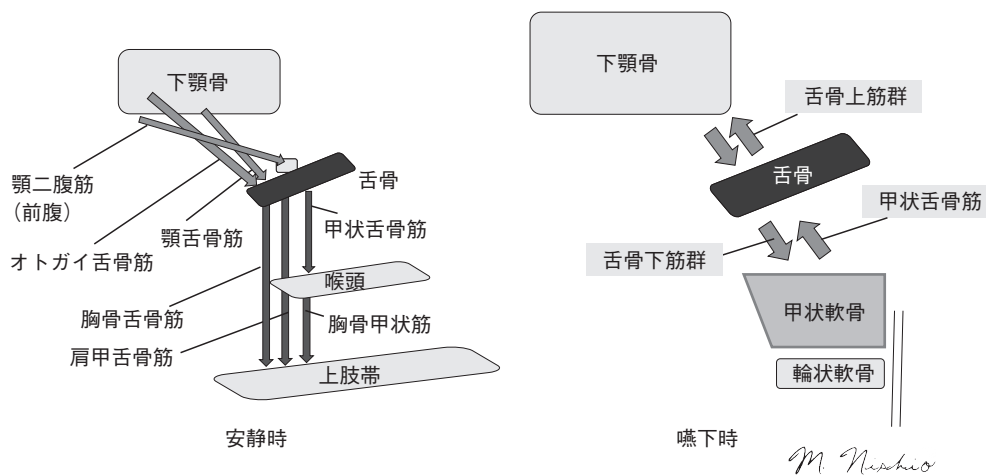


図3 頭部前方位姿勢に頭部過伸展位を伴う姿勢での舌骨上筋群と舌骨下筋群の動きを模式的に示す。頭部前方位姿勢で頭部が過伸展位をとると、舌骨下筋群は伸張され舌骨・喉頭を引き下げる作用を有する状態となる。嚥下時に舌骨上筋群と甲状舌骨筋が収縮して舌骨・喉頭を挙上させようと活動しても、舌骨下筋群が拮抗し挙上運動が阻害される。

O'Connell, Logan, deVriesらが柔軟性を高める報告を行ったのに端を発しているとされる<sup>5)</sup>。そしてBob Andersonが1975年に“STRETCHING”というタイトルの書を自費出版し、1980年にShelter Publicationsから出版された<sup>6)</sup>のを契機に世界的に静的ストレッチングの手技が普及した。同書は1981年に堀居により和訳がなされ<sup>7)</sup>、国内でも普及したが、それ以前にも柔軟性の運動がなかったわけではない。たとえば、1951年から続いているNHKのラジオ体操などは伸張性を重視した柔軟性の運動の一種である。もとより、ストレッチング様の運動そのものは、数千年の歴史があるヨガやアーユルヴェーダ、気功などの中にも存在し、柔軟性を高めるために筋を伸張する動きは古くから存在した。大相撲における力士の股割りも柔軟性を高めるためのストレッチングの一種である。さらにいえば、イヌ、ネコ、トラなどの動物が背伸びをする動作もまた筋群の伸張の原型とってよいかもしれない。

## 2. ストレッチングの分類

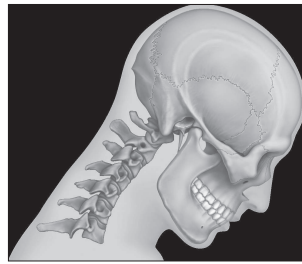
ストレッチングの分類は多様であり研究者により異なるが、大きく分けると静的ストレッチング (static stretching: SS) と動的ストレッチング (dynamic stretching: DS) に区分される。動的ストレッチングには、固有受容器を刺激することによって神経筋機構の反応を促通するPNFストレッチ (proprioceptive neuromuscular facilitation: 固有受容器神経筋促通法)、反動をつけてリズムカルな筋の収縮-弛緩を繰り返すことで筋を伸張するバリスティック・ストレッチ (ballistic stretch) などが含まれる。柔軟性を改善させることを目的とする場合は、動的ストレッチングよりも静的ストレッチングの方が有効であることが報告されている<sup>8)</sup>。

表1 ウォーミングアップの項目一覧

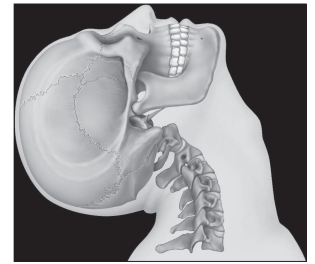
頸部の運動	
①	頸部の屈曲(前屈)運動
②	頸部の伸展(後屈)運動
③	頸部の側屈運動
④	頸部の回旋運動
肩甲帯の運動	
⑤	肩甲帯の屈曲運動
⑤	肩甲帯の屈曲運動 別法
⑥	肩甲帯の伸展運動
⑦	肩甲帯の挙上運動
⑧	肩甲帯の下制(引き下げ)運動
胸腰部の運動	
⑨	胸腰部の屈曲(前屈)運動
⑩	胸腰部の伸展(後屈)運動
⑪	胸腰部の側屈運動
⑫	胸腰部の回旋運動
⑫	胸腰部の回旋運動 別法

表2 MTPSSEのウォーミングアップにおいて期待される主な効果

筋・腱・靭帯の柔軟性の改善を伴う関節可動域の拡大
スティフネス(硬さの指標)の低下
疼痛軽減・予防
傷害の予防
パフォーマンスの向上
精神的リラックス効果
筋委縮の予防
血液循環の改善
神経系の協調性の向上



M. Nishio



M. Nishio

図4 MTPSSEに含まれているウォーミングアップの「① 頸部の屈曲(前屈)」。頸部を前方に向かって動かすことで後頸部の組織が伸張される。

図5 MTPSSEに含まれているウォーミングアップの「② 頸部の伸展(後屈)」。前頸部の屈筋をストレッチするために、屈曲とは反対方向の伸展方向に頸部を伸張させる。

表3 ウォーミングアップに含まれる全運動課題実施時に働く主な筋

運動課題	動作筋
① 頸部の屈曲(前屈)運動	胸鎖乳突筋, 斜角筋
② 頸部の伸展(後屈)運動	僧帽筋上部線維, 脊柱起立筋群
③ 頸部の側屈運動	(同側)胸鎖乳突筋, 斜角筋, 僧帽筋上部線維, 脊柱起立筋群
④ 頸部の回旋運動	(対側)胸鎖乳突筋
⑤ 肩甲帯の屈曲運動	前鋸筋, 小胸筋
⑥ 肩甲帯の伸展運動	僧帽筋中部線維, 菱形筋
⑦ 肩甲帯の挙上運動	僧帽筋上部線維, 肩甲挙筋
⑧ 肩甲帯の下制運動	僧帽筋下部線維, 小胸筋, 広背筋
⑨ 胸腰部の屈曲(前屈)運動	腹直筋, 腹斜筋
⑩ 胸腰部の伸展(後屈)運動	脊柱起立筋群, 短背筋群
⑪ 胸腰部の側屈運動	(同側)腹斜筋, 腰方形筋, 脊柱起立筋群
⑫ 胸腰部の回旋運動	(同側)内腹斜筋, (対側)外腹斜筋

MTPSSEでは、原則としてACSM<sup>3)</sup>が推奨する静的ストレッチングとPNFストレッチを採用している。概して、リハビリテーション領域では静的ストレッチングが用いられるのに対して、スポーツ領域では動的ストレッチングが用いられ、アスリートにとって競技前の動的ストレッチングは必須のものとなっている。後述するように静的ストレッチングにより筋緊張を低下させると俊敏性、筋出力の低下などによりパフォーマンスが低下するため、スポーツ領域では静的ストレッチングは避けられる。Behmら<sup>9)</sup>は、速い動きや爆発的な動きが必要な場合、パフォーマンスを低下させないために静的ストレッチングの実施には十分な注意が必要であるとともに、静的ストレッチングによる関節可動域の改善は明らかであるため、柔軟性が要求されるスポーツや健康増進のためには静的ストレッチングが推奨

されると結論づけている。

### 3. 静的ストレッチングの基本的メカニズムと手技

静的ストレッチングの基本的メカニズムは、単純である。身体の特定の部位をある方向に動かすと、関節の反対側にある筋や軟部組織が伸張されることになる。例えば、頸部を前方に向かって動かすと、後頸部の組織が伸張される(図4)。すなわち、筋が運動する方向と反対方向に向かって伸張させてストレッチすると理解するとよい。再び頸部を例として取り上げると、前頸部の屈筋をストレッチするには、屈曲とは反対方向の伸展方向に頸部を伸張させることになる(図5)。表3に、ウォーミングアップに含まれる全運動課題実施時に働く主な筋を示した。

したがって、各運動課題時に、表3に示した各動作筋が運動する方向と反対方向に向かって運動する筋を伸張させ

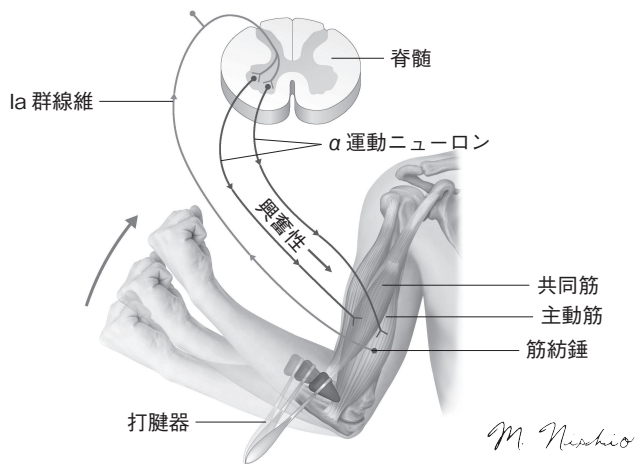


図6 伸張反射の模式図。打腱器で腱を叩打すると、筋線維が急激に伸張し筋紡錘が興奮して発生した活動電位が感覚ニューロン(Ia 群線維)を通して脊髄に伝えられ、下位運動ニューロン(α運動ニューロン)を興奮させ、最初に伸張された筋(同名筋)が反射的に収縮する。腱を叩打するのはゴルジ腱器官を興奮させるためではない。また、このとき、Ia 抑制により、収縮した筋の拮抗筋が弛緩する。

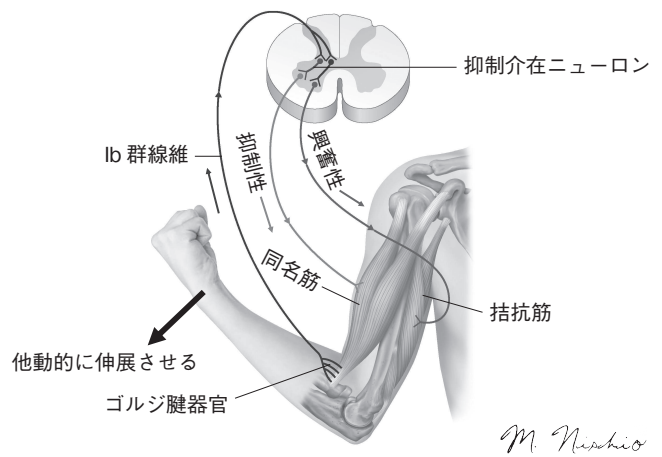


図7 Ib 抑制(自原抑制)の模式図

てストレッチすると理解するとよい。あらゆる嚙下関連筋群は直接的もしくは間接的に体幹と関連しあっており、頸部、肩甲骨、鎖骨、肩関節、胸郭の動きや体幹の安定性や柔軟性は、嚙下機能や呼吸機能と密接に関与している。そこで、頸部や体幹機能の向上は嚙下や呼吸機能の向上につながると推察され<sup>10,11)</sup>、MTPSSE では、上述の解剖生理学的視点から、1) 頸部の運動、2) 肩甲帯の運動、3) 胸腰部に分けて体幹の運動をウォーミングアップとして行う。沖ら<sup>12)</sup>は、頸部のストレッチにより可動域の制限が改善し、舌骨・喉頭挙上運動が向上して嚙下障害が改善した症例を報告している。

静的ストレッチングを実施する際には、ゆっくりと筋を伸張して関節可動域を広げ、抵抗を感じたところで筋の緊張感が和らぐまで待ち、その後ゆっくりと現在獲得している可動域をわずかに越えて再び軽い緊張感が出るまで過伸張させ、その位置にて10~30秒間保持する<sup>13)</sup>。こうして、筋、腱、関節周囲の結合組織を伸張させる。静的ストレッチングにおいてゆっくりと筋を引き延ばすのは、筋腱移行部にあるゴルジ腱器官が張力を検出してIb 群線維にインパルスが発生し、脊髄の介在ニューロンを介して目的とする筋の緊張を低下させるためである。これを自原性抑制(Ib 抑制)というが、この点については後で解説する。また、伸張後の解除も、ゆっくりと行うことに留意する。伸張する程度を次第に大きく手技は、静的漸増的ストレッチングと呼ばれ、短縮、拘縮などを引き起こした部位に対して行う場合に有用である。

はじめにゆっくりと筋を伸張するのは伸張反射を防ぐためである。筋肉には筋紡錘と呼ばれるセンサーがあり、筋

肉が瞬間的に引き伸ばされると感覚受容器である筋紡錘で生じた情報が求心性の感覚ニューロン(Ia 群線維)から脊髄の反射中枢へ信号が送られる。すると脊髄から遠心性の下位運動ニューロン(α運動ニューロン)へ伝わり筋肉を収縮させる信号が出され、結果としてその筋自身(同名筋)が反射的に収縮する。これを「伸張反射(stretch reflex)」、「伸展反射」、あるいは「筋紡錘反射」という(図6)。シナプスが1つしかないので、単シナプス性という。

また、主動筋が収縮する際に、収縮している筋と逆の作用をもつ筋、すなわち拮抗筋は収縮しないように抑制され弛緩している。この経路はシナプスを2つもつので2シナプス性である。仮に前腕の屈曲運動の主動筋である上腕二頭筋の運動ニューロンが興奮し収縮すると、拮抗筋である上腕三頭筋の運動ニューロンは抑制され、弛緩する。このように特定の筋が興奮して収縮すると同時にその拮抗筋が抑制される神経支配は、Sherringtonにより相反神経支配(reciprocal innervation)と名づけられた。図6に示した例を応用して解説すると、屈筋のα運動ニューロンは興奮して収縮すると同時に伸筋のα運動ニューロンは抑制される。結果として、関節は屈曲する。すなわち、伸張反射では伸張された筋そのものが収縮するのに対して、収縮した筋の拮抗筋が弛緩する。この反射を相反性抑制、拮抗抑制、もしくはIa抑制という。

伸張反射は筋肉が急激に引き伸ばされたときに起こる防御反応であり、静的ストレッチングにおいては逆効果となる。そこで、筋紡錘の興奮を抑制し、伸張反射を抑制してゆっくりと伸張させることがポイントとなる<sup>13)</sup>。

とりわけ、脳血管障害の既往があり筋緊張が亢進している人の場合は、静的ストレッチングが適している<sup>14)</sup>。脳血管障害例に対する静的ストレッチングの有用性については、



図8 MTPSSEに含まれているウォーミングアップの「⑦ 肩甲帯の挙上運動」。挙上運動時に、臨床家がクライアントの両肩の直上に両手で抵抗を与えて抵抗に抗して挙上させ続ける等尺性収縮を持続させるとよい。



図9 MTPSSEに含まれているウォーミングアップの「⑧ 肩甲帯の下制(引き下げ)運動」。

Yehら<sup>15-17</sup>、Selles<sup>18</sup>などの報告がある。臨床の中でMTPSSEを実施する際には、上述の点に留意しながら臨床家がアシストして可動域を拡大するとよい。

#### 4. 静的ストレッチに関する文献学的考察

静的ストレッチにより柔軟性が向上する機序について、総じて筋の伸張量が増加することと、筋のスティフネスの減少によるものと考えられている<sup>14,19</sup>。筋の伸張量については否定的見解もみられるが<sup>20</sup>、静的ストレッチにより筋の伸張量は増加する一方で、腱の伸張量は減少するという見解が優勢である<sup>19,21</sup>。

静的ストレッチに伴う筋のスティフネスについては、減少したとする報告が多数みられている<sup>21-26</sup>。しかし腱のスティフネスについては、減少したとする報告に否定的な報告<sup>27</sup>も存在する。

静的ストレッチにより得られる柔軟性にかかわる神経生理的機序については、筋に持続的な伸張が加わると、主動筋、共同筋に存在するゴルジ腱器官が興奮し、この信号が求心性にIb神経線維を伝播して脊髄後角に入り、介在ニューロンを介して同名筋の脊髄前角細胞の興奮を抑制し、目的とする筋の緊張を低下させる（あるいは弛緩させる）と説明される（図7）。以上から、静的ストレッチの重要点をまとめると、「いかに伸張反射を誘発しないでIb抑制によって筋を弛緩させることができるか」と要約することができる。

MTPSSEでは、他方でPNFストレッチに含まれる収

縮・弛緩ストレッチも一部で取り入れている。PNFは1940年代後半に、Kabatが筋収縮を高めるための生理学的理論を構築し、KnottとVossと共に開発された運動療法手技である。PNFストレッチはこの理論を応用したストレッチ手技である。筋のストレッチに際して、靭帯、筋紡錘、腱紡錘をあらかじめ刺激することにより、筋の閾値を低下させ、ストレッチ効果を高めることを目的としている。収縮・弛緩ストレッチというのは、ストレッチを行う筋群をあらかじめ最大努力で等尺性に収縮させておき、直後に静的ストレッチを行うというものである。主動筋と拮抗筋の収縮が連続性に起こり、相反性抑制（Ia抑制、拮抗抑制）と自原性抑制（Ib抑制）が起こる脊髄のもつ神経機構を応用している<sup>13</sup>。自原性抑制というのは自己抑制ともいい、遠心性線維を介して伸張した主動筋を弛緩させるものである。ゴルジ腱器官で検知された張力の信号がIb群線維を通して脊髄に入り、抑制性の介在ニューロンから運動ニューロンに抑制作用を及ぼすことで生じる。

Ia抑制については既にふれたが、初学者にとってIb抑制との関連性で混乱しやすい。簡潔にまとめると、Ia抑制が筋紡錘が反応して拮抗筋を抑制して弛緩させるのに対して、Ib抑制は腱紡錘が反応して自筋（同名筋）を抑制して弛緩させる。

具体的には、「⑦ 肩甲帯の挙上運動」と「⑧ 肩甲帯の下制（引き下げ）運動」がこれに該当する。「⑦ 肩甲帯の

拳上運動」で等尺性収縮させてから(図8), 数秒脱力させ, 「⑧ 肩甲帯の下制(引き下げ)運動」(図9)でストレッチを行い弛緩させる。拳上運動時に, 臨床家がクライアントの両肩の直上に両手で抵抗を与えて抵抗に抗して拳上させ続ける等尺性収縮を持続させるとよい。肩甲帯に対しては, こうした収縮・弛緩ストレッチが効果的であることが知られており, 肩こり感の改善にも有用である<sup>13)</sup>。

その他の課題も, PNF ストレッチに含まれる収縮・弛緩ストレッチで実施することができる。例えば, 「③ 頸部の側屈運動」を行う際に, 臨床家が一方の手を側頭部に当ててクライアントに等尺性収縮させてからリラックスさせ, そして側頭部に当てた手で頸部を倒して伸張すると共に, 肩甲帯にあてたもう一方の手で下方に押し下げてストレッチする。

ストレッチングを行う際には, 決して漫然としてレクリエーションのように行ってはならない。肉離れ(筋線維の断裂)を起こすほど過剰な力を加えて過伸張するのは論外であるが, 静的ストレッチングは通常の可動域を超えて筋肉を伸張させようとするものであるため, 可動域の範囲内でのみ行っても意義は乏しい。したがって, 確実に運動課題ごとに関連する筋群を十分に伸張させて一定時間保持させることが大切である。

保持時間について, MTPSSE では ACSM<sup>3)</sup> にならない静的ストレッチングを 10~30 秒間としているが, 時間的余裕があれば, 痛みに留意した上で保持時間を延長してもよい。かつては 6 秒間程度の短時間の伸張時間を妥当とする見解もみられたが<sup>28)</sup>, 今日では否定的であり, 20~30 秒間で効果を認めたとする報告がかなり多い<sup>21, 29-38)</sup>。その例を示すと, 谷澤ら<sup>38)</sup>は伸張時間を 6 秒間群と 30 秒間群と比較し関節可動域拡大には後者の方が有効であると報告している。Bandy ら<sup>30)</sup>は若年~中年群を対象とした研究で, 15 秒間と比較して 30 秒間もしくは 60 秒間の保持が関節可動域改善に有効であると報告している。Magnusson ら<sup>29)</sup>も静的ストレッチングを 5 秒程度では効果が得られなかったが, 20~30 秒で効果が得られたと報告している。Siatras ら<sup>34)</sup>は, 10 秒, 20 秒, 30 秒, 60 秒の 4 条件で検討した結果, 30 秒と 60 秒で有意に関節可動域が改善したと報告している。以上から, 10 秒というのは最低限度の時間であり, 筋がかろうじてリラックスし, 伸張し始める時間であることをわきまえておく必要があるという Garber ら<sup>4)</sup>の指摘は妥当であると推察される。

静的ストレッチングは高齢者に対しても関節可動域の拡大に有効であり<sup>39-42)</sup>, 筋力増強効果が認められ<sup>41)</sup>, さらにパフォーマンスを向上させる<sup>40, 41, 43-45)</sup>と報告されている。保持時間については, 高齢者では 30~60 秒が効果的と報告されている<sup>3, 4, 46)</sup>。

以上を総括すると, 静的ストレッチングの実施時に 20

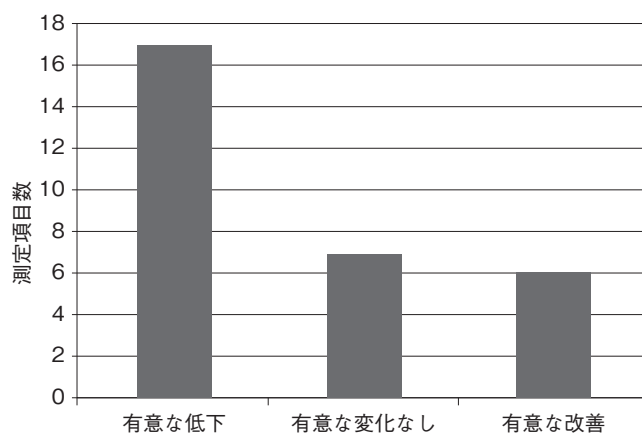


図 10 静的ストレッチによるジャンプ高の変化(文献9)を一部改変)。ストレッチによるジャンプの高さの変化を調査した 20 研究(484 人)中の各測定項目の変化を示す。

~30 秒間は保持するように努め, 高齢者では可能な限り 30~60 秒間保持するのが望ましいといえる<sup>47, 48)</sup>。

ただし, 60 秒間以上の保持は推奨されない。ACSM<sup>3)</sup>でも総計で 60 秒間となるように指導している。したがって, 仮に 1 回 15 秒間とすれば, 4 回実施することになり, 1 回 30 秒間とすれば 2 回実施することになり, 長時間のウォーミングアップとしてのストレッチングが推奨されないのは, 筋がリラックスモードに切り換わったり関節の安定性が低下するなどし, その後のメイントレーニングで活動性が低下してしまうことが危惧されるからである。Fowles ら<sup>49)</sup>はゴルジ腱器官の Ib 抑制は筋力低下に関わりと指摘し警鐘を鳴らしている。

従来の研究報告をみても, 短期間の静的ストレッチングはその直後の運動において筋パワーを低下させという報告が多い<sup>49-56)</sup>。ただし, こうした現象は一過性のものであり, 長期間な静的ストレッチングは筋力を低下させることはなく, むしろ増加させることがある<sup>57, 58)</sup>。

また, パフォーマンスを低下させるという報告も少ない<sup>48, 59-65)</sup>。Kay ら<sup>66)</sup>はシステマティック・レビューで 60 秒以上の静的ストレッチングはパフォーマンスを損なうと結論づけている。Behm ら<sup>9)</sup>は, 静的ストレッチングがジャンプ(20 論文), 短距離走やランニング効率(16 論文)に与える影響に関する文献レビューを行い, ジャンプについて機能が低下すると報告しているものはるかに多いことを報告している(図 10)。ただし, こうした現象も一過性のものであり, 長期間な静的ストレッチングは筋パフォーマンスを向上させると考えられている<sup>58)</sup>。

実施時間については, ACSM<sup>3)</sup>ではウォーミングアップに費やす時間は 5~10 分としており, MTPSSE でもウォーミングアップの所用時間を 5~10 分程度としている。

ストレッチングの関節可動域拡大の持続効果は 6~120

分程度と見解が報告者により異なるが<sup>35, 52, 67, 68</sup>、おそらく対象とする筋による相違と思われる。

ストレッチングの実施頻度については、ACSM<sup>3)</sup>は週に2~3回以上としており、これにより年齢にかかわらず関節可動域の拡大が持続すると報告されている<sup>4)</sup>。最も効果的なのは、毎日実施した条件下である<sup>3, 4)</sup>。あるいは、必要性の高い項目を選抜して実施してもよい。実施期間も長期的に行う方が効果的であり、6週間継続することで関節可動域の拡大を認めたとする報告が多い<sup>23, 31, 37, 57)</sup>。

それでは、諸種の病態を有する人に対して静的ストレッチングは関節可動域拡大に有効なのであろうか。文献学的に検討すると、片麻痺のある人に対しては、関節可動域の拡大に有効であり<sup>16, 17)</sup>、スティフネスの低下に有効であり<sup>69, 70)</sup>、パフォーマンスは短期的には変化を認めないが<sup>69, 71)</sup>、長期的には向上させ<sup>70)</sup>、Modified Ashworth Scale (MAS) を改善させる<sup>15-17)</sup>。拘縮のある人に対しては有効であるとする報告<sup>72, 73)</sup>と有効ではない、もしくは効果が乏しいとする報告<sup>74, 75)</sup>に分かれており、見解の一致が得られていない。筋短縮に対しては有効である<sup>76-78)</sup>。

実施回数は、2~4回が妥当とされ<sup>3)</sup>、前述のように総計で60秒間行うことが推奨されている。MTPSSEでもこれにしたがっている。また、ACSM<sup>3)</sup>は、PNFストレッチについては、中程度の収縮(随意最大筋収縮の20~75%)に10~35%のアシストを加えてストレッチし3~6秒間行うことを推奨している。

## 文 献

- 1) 西尾正輝：不良姿勢に伴う嚙下機能低下の予防・改善プログラム：嚙下をよくするポールエクササイズ (PEPIS)。デイサースリア臨床研究, 8 : 98-114, 2018.
- 2) Asmussen E, Boje O : Body temperature and capacity for work. Acta Physiol Scand, 10 : 1-22, 1945.
- 3) American College of Sports Medicine : ACSM's guidelines for exercise testing and prescription (tenth edition). Wolters Kluwer, 2018.
- 4) Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al : American College of Sports Medicine : American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults : guidance for prescribing exercise. Med Sci Sports Exerc, 43 : 1334-1359, 2011.
- 5) 小林義雄, 竹内伸也 : ストレッチング. 講談社スポーツシリーズ. 講談社, 1982.
- 6) Anderson B : STRETCHING. Shelter Publications, 1980.
- 7) ボブ・アンダーソン (堀居 昭訳) : ボブ・アンダーソンのストレッチング. ブックハウス・エイチディ, 1981.
- 8) O'Sullivan K, Murray E, Sainsbury D : The effect of warm-up, static stretching and dynamic stretching on hamstring flexibility in previously injured subjects. BMC Musculoskelet Disord, 10 : 37, doi : 10.1186/1471-2474-10-37 (Published online), 2009.
- 9) Behm DG, Chaouachi A : A review of the acute effects of static and dynamic stretching on performance. Eur J Appl Physiol, 111 : 2633-2651, 2011.
- 10) 太田清人 : 頸部・体幹・姿勢のコントロール. Medical Rehabilitation, 57 : 26-33, 2005.
- 11) 河原和枝, 太田弘子 : 理学療法士 (PT) の立場から. 才藤栄一, 向井美恵 (編)「摂食・嚙下リハビリテーション 第2版」, pp123-125, 医歯薬出版, 2007.
- 12) 沖侑一郎, 田中直次郎, 沖田啓子, 他 : 嚙下障害の症例に対し、頸部可動性改善と舌骨上筋群の筋力増強が嚙下障害の改善に寄与した一例. 理学療法学, 39, Suppl, 2 : 0991, 2012.
- 13) 丹波慈郎, 高柳富士丸, 宮川博文, 他 : メディカルストレッチング—筋学からみた関節疾患の運動療法—. 金原出版, 2008.
- 14) 相馬俊雄 : 臨床場面におけるストレッチングの実際. 理療, 45 : 35-43, 2015.
- 15) Yeh CY, Chen JJ, Tsai KH : Quantitative analysis of ankle hypertonia after prolonged stretch in subjects with stroke. J Neurosci Methods, 137 : 305-314, 2004.
- 16) Yeh CY, Tsai KH, Chen JJ : Effects of prolonged muscle stretching with constant torque or constant angle on hypertonic calf muscles. Arch Phys Med Rehabil, 86 : 235-241, 2005.
- 17) Yeh CY, Chen JJ, Tsai KH : Quantifying the effectiveness of the sustained muscle stretching treatments in stroke patients with ankle hypertonia. J Electromyogr Kinesiol, 17 : 453-461, 2007.
- 18) Selles RW, Li X, Lin F, et al : Feedback-controlled and programmed stretching of the ankle plantarflexors and dorsiflexors in stroke : effects of a 4-week intervention program. Arch Phys Med Rehabil, 86 : 2330-2336, 2005.
- 19) 鈴木重行 (編) : ストレッチングの科学. 三輪書店, 2013.
- 20) Weppeler CH, Magnusson SP : Increasing muscle extensibility : a matter of increasing length or modifying sensation? Phys Ther, 90 : 438-449, 2010.
- 21) Morse CI, Degens H, Seynnes OR, et al : The acute effect of stretching on the passive stiffness of the human gastrocnemius muscle tendon unit. J Physiol, 586 : 97-106, 2008.
- 22) Kubo K, Kanehisa H, Fukunaga T : Effect of stretching training on the viscoelastic properties of human tendon structures in vivo. J Appl Physiol, 92 : 595-601, 2002.
- 23) Gajdosik RL, Allred JD, Gabbert HL, et al : A stretching program increases the dynamic passive length and passive resistive properties of the calf muscle-tendon unit of unconditioned younger women. Eur J Appl Physiol, 99 : 449-454, 2007.
- 24) Ryan ED, Beck TW, Herda TJ, et al : The time course of musculotendinous stiffness responses following different durations of passive stretching. J Orthop Sports Phys Ther, 38 : 632-639, 2008.
- 25) Burgess KE, Graham-Smith P, Pearson SJ : Effect of acute tensile loading on gender-specific tendon structural and mechanical properties. J Orthop Res, 27 : 510-516, 2009.
- 26) Marshall PW, Cashman A, Cheema BS : A randomized controlled trial for the effect of passive stretching on measures of hamstring extensibility, passive stiffness, strength, and stretch tolerance. J Sci Med Sport, 14 : 535-540, 2011.
- 27) Kay AD, Blazeovich AJ : Moderate-duration static stretch reduces active and passive plantar flexor moment but not



- Achilles tendon stiffness or active muscle length. *J Appl Physiol*, 106 : 1249-1256, 2009.
- 28) Kisner C, Colby LA : Therapeutic exercise. Foundations and techniques. 3rd ed. FA Davis, 1996, pp143-182.
  - 29) Magnusson SP, Simonsen EB, Dyhre-Poulsen P, et al : Viscoelastic stress relaxation during static stretch in human skeletal muscle in the absence of EMG activity. *Scand J Med Sci Sports*, 6 : 323-328, 1996.
  - 30) Bandy WD, Irion JM, Briggler M : The effect of time and frequency of static stretching on flexibility. *Physical Therapy* 77 : 1090-1096, 1997.
  - 31) Reid DA, McNair PJ : Passive force, angle, and stiffness changes after stretching of hamstring muscles. *Med Sci Sports Exerc*, 36 : 1944-1948, 2004.
  - 32) Decoster LC, Scanlon RL, Horn KD, et al : Standing and Supine Hamstring Stretching Are Equally Effective. *J Athl Train*, 39 : 330-334, 2004.
  - 33) Chaouachi A, Chamari K, Wong P, et al : Stretch and sprint training reduces stretch-induced sprint performance deficits in 13- to 15-year-old youth. *Eur J Appl Physiol*, 104 : 515-522, 2008.
  - 34) Siatras TA, Mittas VP, Mameletzi DN, et al : The duration of the inhibitory effects with static stretching on quadriceps peak torque production. *J Strength Cond Res*, 22 : 40-46, 2008.
  - 35) Boyce D, Brosky JA Jr : Determining the minimal number of cyclic passive stretch repetitions recommended for an acute increase in an indirect measure of hamstring length. *Physiother Theory Pract*, 24 : 113-120, 2008.
  - 36) Brandenburg JP : Duration of stretch does not influence the degree of force loss following static stretching. *J Sports Med Phys Fitness*, 46 : 526-534, 2006.
  - 37) Yuktasir B, Kaya F : Investigation into the long-term effects of static and PNF stretching exercises on range of motion and jump performance. *J Bodyw Mov Ther*, 13 : 11-21, 2009.
  - 38) 谷澤 真, 飛永敬志, 伊藤俊一 : 短時間の静的ストレッチが柔軟性および筋出力に及ぼす影響. *理学療法—臨床・研究・教育*, 21 : 51-55, 2014.
  - 39) Gajdosik RL, Vander Linden DW, McNair PJ, et al : Effects of an eight-week stretching program on the passive-elastic properties and function of the calf muscles of older women. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*, 20 : 973-983, 2005.
  - 40) Johnson E, Bradley B, Witkowski K, et al : Effect of a static calf muscle-tendon unit stretching program on ankle dorsiflexion range of motion of older women. *J Geriatr Phys Ther*, 30 : 49-52, 2007.
  - 41) Batista LH, Vilar AC, de Almeida Ferreira JJ, et al : Active stretching improves flexibility, joint torque, and functional mobility in older women. *Am J Phys Med Rehabil*, 88 : 815-822, 2009.
  - 42) Gallon D, Rodacki AL, Hernandez SG, et al : The effects of stretching on the flexibility, muscle performance and functionality of institutionalized older women. *Braz J Med Biol Res*, 44 : 229-235, 2011.
  - 43) Rodacki AL, Souza RM, Ugrinowitsch C, et al : Transient effects of stretching exercises on gait parameters of elderly women. *Man Ther*, 14 : 167-172, 2009.
  - 44) Christiansen CL : The effects of hip and ankle stretching on gait function of older people. *Arch Phys Med Rehabil*, 89 : 1421-1428, 2008.
  - 45) Cristopoliski F, Barela JA, Leite N, et al : Stretching exercise program improves gait in the elderly. *Gerontology*, 55 : 614-620, 2009.
  - 46) Feland JB, Myrer JW, Schulthies SS, et al : The effect of duration of stretching of the hamstring muscle group for increasing range of motion in people aged 65 years or older. *Phys Ther*, 81 : 1110-1117, 2001.
  - 47) Walker B : The anatomy of stretching. Lotus Publishing, 2007.
  - 48) 鈴木重行 : 運動療法 健康づくりのための運動プログラム 健康づくり運動 ストレッチング. *日本臨床*, 67 : 454-458, 2009.
  - 49) Fowles JR, Sale DG, MacDougall JD : Reduced strength after passive stretch of the human plantarflexors. *J Appl Physiol*, 89 : 1179-1188, 2000.
  - 50) Cramer JT, Housh TJ, Weir JP, et al : The acute effects of static stretching on peak torque, mean power output, electromyography, and mechanomyography. *Eur J Appl Physiol*, 93 : 530-539, 2005.
  - 51) Cramer JT, Beck TW, Housh TJ, et al : Acute effects of static stretching on characteristics of the isokinetic angle-torque relationship, surface electromyography, and mechanomyography. *J Sports Sci*, 25 : 687-698, 2007.
  - 52) Power K, Behm D, Cahill F, et al : An acute bout of static stretching : effects on force and jumping performance. *Med Sci Sports Exerc*, 36 : 1389-1396, 2004.
  - 53) 山下敏彦 : ストレッチングの理論的根拠—神経生理学的メカニズムを中心に—. *整形・災害*, 48 : 449-454, 2005.
  - 54) Knudson D, Noffal G : Time course of stretch-induced isometric strength deficits. *Eur J Appl Physiol*, 94 : 348-351, 2005.
  - 55) 濱田圭佑, 佐々木誠 : 静的ストレッチングがジャンプ能力に及ぼす影響—生理学面ならびに機能面からの検討—. *理学療法科学*, 23 : 463-467, 2008.
  - 56) Babault N, Kouassi BY, Desbrosses K : Acute effects of 15min static or contract-relax stretching modalities on plantar flexors neuromuscular properties. *J Sci Med Sport*, 13 : 247-252, 2010.
  - 57) Guissard N, Duchateau J : Effect of static stretch training on neural and mechanical properties of the human plantar-flexor muscles. *Muscle Nerve*, 29 : 248-255, 2004.
  - 58) Kokkonen J, Nelson AG, Eldredge C, et al : Chronic static stretching improves exercise performance. *Med Sci Sports Exerc*, 39 : 1825-1831, 2007.
  - 59) 太田 勲, 乾 公美 : ストレッチングの生理学. *理学療法*, 7 : 321-326, 1990.
  - 60) 覚張秀樹, 広瀬統一 : ウォーミングアップ・クーリングダウンにおけるストレッチング. *理学療法*, 21 : 1482-1491, 2004.
  - 61) Nelson AG, Driscoll NM, Landin DK, et al : Acute effects of passive muscle stretching on sprint performance. *J Sports Sci*, 23 : 449-454, 2005.
  - 62) Little T, Williams AG : Effects of differential stretching protocols during warm-ups on high-speed motor capacities in professional soccer players. *Strength Cond Res*, 20 : 203-207, 2006.
  - 63) 山口太一, 石井好二郎 : 運動前のストレッチングがパフォーマンスに及ぼす影響について—近年のストレッチング研究の結果をもとに—. *Creative Stretching*, 5 : 1-18, 2007.
  - 64) Behm DG, Kibele A : Effects of differing intensities of static stretching on jump performance. *Eur J Appl Physiol*,

- 101 : 587-594, 2007.
- 65) Beckett JR, Schneiker KT, Wallman KE, et al : Effects of static stretching on repeated sprint and change of direction performance. *Med Sci Sports Exerc*, 41 : 444-450, 2009.
  - 66) Kay AD, Blazeovich AJ : Effect of acute static stretch on maximal muscle performance. *Med Sci Sports Exerc*, 44 : 154-164, 2012.
  - 67) Depino GM, Webright WG, Arnold BL : Duration of maintained hamstring flexibility after cessation of an acute static stretching protocol. *J Athl Train*, 35 : 56-59, 2000.
  - 68) Mizuno T, Matsumoto M, Umemura Y : Viscoelasticity of the muscle-tendon unit is returned more rapidly than range of motion after stretching. *Scand J Med Sci Sports*, 23 : 23-30, 2013.
  - 69) Bressel E, McNair PJ : The effect of prolonged static and cyclic stretching on ankle joint stiffness, torque relaxation, and gait in people with stroke. *Phys Ther*, 82 : 880-887, 2002.
  - 70) Selles RW, Li X, Lin F, et al : Feedback-controlled and programmed stretching of the ankle plantarflexors and dorsiflexors in stroke : effects of a 4-week intervention program. *Arch Phys Med Rehabil*, 86 : 2330-2336, 2005.
  - 71) Maynard V, Bakheit AM, Shaw S : Comparison of the impact of a single session of isokinetic or isotonic muscle stretch on gait in patients with spastic hemiparesis. *Clin Rehabil*, 19 : 146-154, 2005.
  - 72) Ulrich SD, Bonutti PM, Seyler TM, et al : Restoring range of motion via stress relaxation and static progressive stretch in posttraumatic elbow contractures. *J Shoulder Elbow Surg*, 19 : 196-201, 2010.
  - 73) McGrath MS, Ulrich SD, Bonutti PM, et al : Evaluation of static progressive stretch for the treatment of wrist stiffness. *J Hand Surg Am*, 33 : 1498-1504, 2008.
  - 74) Katalinic OM, Harvey LA, Herbert RD, et al : Stretch for the treatment and prevention of contractures. *Cochrane Database Syst Rev*, 8 : CD007455, 2010.
  - 75) Moseley AM, Herbert RD, Nightingale EJ, et al : Passive stretching does not enhance outcomes in patients with plantarflexion contracture after cast immobilization for ankle fracture : a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*, 86 : 1118-1126, 2005.
  - 76) Ferreira GN, Teixeira-Salmela LF, Guimarães CQ : Gains in flexibility related to measures of muscular performance : impact of flexibility on muscular performance. *Clin J Sport Med*, 17 : 276-281, 2007.
  - 77) Nelson RT, Bandy WD : Eccentric Training and Static Stretching Improve Hamstring Flexibility of High School Males. *J Athl Train*, 39 : 254-258, 2004.
  - 78) Draper DO, Castro JL, Feland B, et al : Shortwave diathermy and prolonged stretching increase hamstring flexibility more than prolonged stretching alone. *J Orthop Sports Phys Ther*, 34 : 13-20, 2004.