

[原著]

## 異なる運動中における CBB 装着時の体幹及び下肢筋活動の検討

山元 総勝<sup>1,\*</sup> 武藤 大樹<sup>2</sup>

Considerations for trunk and leg muscular activity with CBB attachment  
in different movements

Sokatsu YAMAMOTO, Daiki MUTO

### 要旨

【目的】 健常成人において、起立、昇段、傾斜歩行という3つの動作の体幹・下肢筋活動の相互の関連性を調べることに、また、立脚側膝のCBB (Center Bridge Brace) 装着有無での片脚立位において、挙上下肢 (挙上) 側股関節の異なる屈曲角度の違いが体幹・下肢筋活動にどのような影響を及ぼすかを検討することである。

【方法】 起立 (40, 30, 20cm), 昇段 (10, 20cm), 傾斜歩行 (0, 10, 20%) の3動作8課題と片脚立位7課題において、右側体幹・下肢8筋 (腹直筋, 脊柱起立筋, 大殿筋, 中殿筋, 内側広筋, 大腿二頭筋, 前脛骨筋, 腓腹筋) の筋活動は筋電図を用いた。各課題筋活動は、RMSで平滑化処理 (ウインドウ幅100ms) 後、ピーク値を算出し、最大等尺性収縮 (MVC) と比較し各筋の%MVC (各動作のピーク値/MVC) を求め、各課題間で比較した。

【結果および考察】 脊柱起立筋群, 大殿筋, 内側広筋, 前脛骨筋では起立動作が昇段, 傾斜歩行よりも有意に筋活動量が増加した。また、起立や昇段動作では、課題負荷が増大するに連れ、体幹・下肢筋の抗重力筋活動の増大が示唆された。中殿筋や腓腹筋は、起立よりも片脚立位である昇段, 傾斜歩行において有意に筋活動量が高かった。片脚立位では、股屈曲最大の時、最も筋活動が高く、また、CBBを装着した股屈曲90°は、CBBを装着しない股屈曲最大と有意差はなかった。【結論】 起立や昇段の高さや傾斜角度を考慮することで体幹・下肢伸展筋群の段階的筋力増強ができることが示唆された。また、片脚立位時の挙上側股関節を最大屈曲位に保持することで下肢筋力を効率よく増大させることができることが示唆された。

キーワード：起立、昇段、傾斜歩行、片脚立位、CBB、下肢筋活動

### I 緒言

厚生労働省<sup>1)</sup>の報告によると、介護が必要となった主な原因を要介護度別にみると、要支援者では、関節疾患、脳血管疾患 (脳卒中)、骨折・転倒が多く、また、要介護者では、認知症、脳卒中、高齢に

よる衰弱が上位を占めている。転倒は、骨折と転倒恐怖によってADLを低下させ、要介護・寝たきりの危険を増大させ、要支援・要介護要因の11.8%を占めることから、高齢者の転倒を防ぐ必要性は高い<sup>2)</sup>。田井中ら<sup>3)</sup>によると、転倒経験のある高齢者では、転倒経験のない高齢者と比べ有意に下肢筋力

所属

<sup>1</sup>熊本保健科学大学 保健科学部 リハビリテーション学科 理学療法学専攻 (兼) 大学院 保健科学研究科

<sup>2</sup>熊本機能病院

\*責任著者：syamamot@kumamoto-hsu.ac.jp

(特に股関節外転筋と膝関節伸展筋)が低下していたと述べている。また、アメリカ老年医学会などが作成した転倒予防ガイドライン<sup>4)</sup>の中で、転倒に高く関与する危険因子の一つとして、筋力低下を挙げている。日本整形外科学会は、加齢や運動不足に伴う身体機能の低下や関節痛や易骨折性(骨粗鬆症)など運動器の障害により要介護になるリスクの高い状態をロコモティブ・シンドローム(ロコモ)と提唱し、ロコモ予防の中心を下肢筋力とバランス能力の向上に位置付け、スクワットと開眼片脚立ちを特に推奨している<sup>5)</sup>。ロコモ度テストの一つに立ち上がりテストがあるが、これは、片脚又は両脚で、決まった高さ(20cm, 30cm, 40cm)の高さから立ち上がれるかどうかで、簡易的に下肢の筋力を評価するものである<sup>6)</sup>。

リハビリテーション(リハ)の臨床現場では、筋力低下した個々の筋力増強訓練だけでなく、日常生活活動(ADL)能力を向上させるために、椅子からの起立、歩行、階段昇降、坂道(傾斜)歩行などを個人の能力に応じて、積極的に行われているが、負荷量の定量的基礎データがみられない。

藤本ら<sup>7)</sup>は、起立、段差昇降、歩行の3つの基本動作はADLに大きく影響する基本動作であると述べ、可能な基本動作を知ることによってADLを予測でき、これらの改善を目的とした治療を行うことはADLの向上に結びつくと報告している。実際、リハの現場では、筋力低下や関節痛により歩行が困難な症例に対しては、まず、椅子からの起立練習が処方される。脳卒中ガイドライン<sup>8, 9)</sup>でも早期からの積極的リハや下肢訓練量を多くする起立—着席訓練や歩行訓練は、歩行能力の改善のために強く推奨されるとエビデンスレベルがグレードAとなっている。しかし、歩行が可能な患者でも起立の困難な人も多く、起立訓練では、椅子の高さを考慮しなければならない。さらに、Yamamoto<sup>10)</sup>は、デイケアに通う高齢者を対象に、異なる高さの台(20, 30, 40cm)からの起立能力と歩行速度やADLとの関連性を調べた結果、低い台から起立できる人ほど歩行スピードやその他のADL能力は高い結果を得た。また、片脚立位は、バランスや下肢筋力向上を目的に臨床でよく実施されるが、拳上側股関節屈曲角度を意識したトレーニングは実施されていないのが現状である。

Pickle NTら<sup>11)</sup>は、傾斜歩行と平地歩行の動作に

おける筋機能の違いを明確にするために、歩行速度1.25m/sでの0°(平地歩行)、±3°、±6°、±9°の傾斜歩行時における下肢筋に及ぼす影響を調べた。ヒラメ筋・腓腹筋は、平地歩行に比べ、傾斜歩行(昇り)でより重要な筋で、膝伸展筋は、平地歩行に比べ、傾斜歩行(下り)で、より筋活動が高く、膝を制動していることを示した。しかし、傾斜歩行と起立動作や昇段動作との関連性を比較した論文はほとんど見られない。

また、脳卒中患者の転倒率は高く、リハビリテーション病院(リハ病院)の1病棟における3年半の転倒調査では、脳卒中患者507名のうち、35.3%が転倒し、車椅子や便座への移乗動作で転倒した患者が多かった<sup>12)</sup>。また、リハ病院を退院した脳卒中患者1,143名の転倒調査では、66%の患者が転倒していて、退院時のADLの評価は転倒群で有意に低値であった<sup>12)</sup>。転倒の原因として、脳卒中による片麻痺、下肢の感覚障害、バランス機能の低下、高次脳機能障害、めまい・失調・低血圧、薬物の使用、環境要因などあげられる<sup>12, 13)</sup>。猪飼ら<sup>14)</sup>の報告によると、片麻痺患者の麻痺側荷重率は非麻痺側と比較し低下しており、重心動揺も大きく、片麻痺患者では麻痺側方向への転倒のリスクが高いことが示唆されると述べている。これは、脳卒中片麻痺患者は下肢伸展共同運動パターンにより、立脚初期に膝関節はロッキングが生じ、膝支持性が低下した結果、転倒を引き起こすものと思われる。

佐喜眞ら<sup>15)</sup>によって考案された反張膝用器具Center Bridge Brace(以下CBB:特許第2903509号、佐喜眞義肢)は、立脚期に膝屈曲位を保持することで、随意的な筋収縮を促通することができるため、膝ロッキングや反張膝が生じる片麻痺患者に処方される(図1)。しかし、そのバイオメカニカルな機

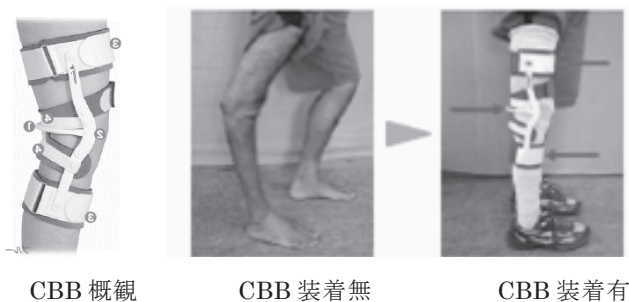


図1. CBB 概観と反張膝に対するCBB 装着前後

(資料提供:株式会社佐喜眞義肢 佐喜眞 保氏より)

構については、不明な部分が多く、普及に至っていない。

そこで本研究の目的は、起立、昇段、傾斜歩行という3つの動作の体幹・下肢筋活動の相互の関連性を調べることと、また、立脚側膝のCBB装着有無での片脚立位において、挙上側股関節の異なる屈曲角度の違いが体幹・下肢筋活動にどのような影響を及ぼすかを検討することである。

## II 対象および方法

対象は、体幹・下肢に整形外科的、神経学的疾患の既往がなく、研究に同意の得られた健常成人男性で、起立、昇段、傾斜歩行は12名、片足起立は、22名とした。また、22名のうち、同意の得られた11名に対し、CBBを右膝に装着し、追加研究を行った。性別、年齢、身長、体重、BMIの間に有意差は見られなかった(表1)。全ての対象者に参加の際に、研究の目的、方法、リスクを説明し同意を得た。

なお、本研究は熊本保健科学大学ライフサイエンス倫理申請委員会の承認を受けて実施した(承認番号:2015-47, 2016-12)。

### 1. 筋活動の測定方法

起立(40, 30, 20cm)、昇段(10, 20cm)、傾斜歩行(0, 10, 20%)の3動作8課題と片脚立位7課題において右側体幹・下肢8筋(腹直筋、脊柱起立筋、大殿筋、中殿筋、内側広筋、大腿二頭筋、前脛骨筋、腓腹筋)の筋電図を測定した。筋電図の記録には、テレマイオDTS(Noraxon inc. USA)を用い、16bitでA/D変換の上、パーソナルコンピュータ内に記録した。サンプリング周波数は

1500Hzとし、バンドパスフィルターは10~500Hzとした。筋電図のアーチファクトを最小化するために皮膚角質をアルコール綿およびスキンプュー(日本光電社製)を使用し、皮膚抵抗を10k $\Omega$ 以下まで減少させる処理を行った。電極貼付位置は、Cramら<sup>16)</sup>北谷ら<sup>17)</sup>を参考にした。筋を触診し、筋線維の走行に沿って、使い捨て電極Blue sensor(Ambu製・Denmark)2個を電極間距離2cmでそれぞれ8筋の筋腹に貼付した。動作課題における筋活動を確認するために、ビデオカメラ(HD Pro Webcam C920r, Logicool社製 サンプリング周波数:30Hz)で各動作を側方から撮影した。筋電波形の解析は、MR3 Myomuscle((Noraxon inc. USA)を、機器の同期には、マイオシンクロおよびシンクロライト(Noraxon inc. USA)を使用し、同期信号および光信号によって時間軸を一致させた。

### 2. 研究課題

#### 1) 異なる高さの台からの起立動作(図2a)

座面の異なる高さ40cm, 30cm, 20cmの三種類の台から起立動作を行った(以下起立40cm, 起立30cm, 起立20cmとする)。対象者の開始姿勢は、膝窩を台前面から15cm離れた直立座位姿勢とし、両足・両膝は肩幅の広さで、中間位とした。また、足を置く位置は、最も立ちやすい位置とし、検者の口頭指示に従い、殿部を持ち上げた直後3秒保持し、その後ゆっくり立ち上がるという一連の動作を数回練習し、1回の計測を行った。被検者には、起立する際、頭頸部・体幹は、極力中立位を保ちながら反動をつけないように指示し、動作速度は、検査者の口頭指示でコントロールした。測定中、上肢による代償を最小限にするため胸の前で腕を組んで行った。



a 起立 40 cm b. 昇段 20 cm c. 傾斜歩行 0% d. 片脚立位股最大

図2. 各課題の開始姿勢



## 2) 異なる高さの段での昇段動作 (図2b)

高さ10cm, 20cmの二種類の台からの前方昇段動作を行う(以下昇段10cm, 昇段20cmとする)。対象者の開始肢位は, 台の10cm手前の直立立位姿勢とした。測定側下肢を台に置く位置は, 数回試行し最も立ちやすい位置とし, 昇段動作は, 検者の口頭指示に従い, 後足の離床直後, 片脚で3秒保持した後ゆっくり昇段し, 反対側足部が揃うまでの一連の動作を十分に練習した。計測は, 練習後に十分な休息を与え, 安定した課題1回を記録した。異なる高さの段の計測順序は, 封筒法で無作為に行い, 課題間の休息も充分与えた。測定中, 上肢による代償を最小限にするため胸の前で腕を組んで行った。

## 3) 傾斜歩行(傾斜の異なるスロープでの坂道のぼり動作) (図2c)

対象者が, トレッドミル(MAT-2700, フクダ電子社製)を用いて傾斜歩行を行った。筋電波形の処理, 観察を行いやすくするため, 低速度(1.0km/h)で, 傾斜を0%, 10%, 20%に変化させた時の傾斜歩行(以下傾斜0%, 傾斜10%, 傾斜20%とする)を行った。トレッドミル歩行に慣れるために各測定の前に十分練習を行い, 練習後に十分な休息を与え, 課題を行った。データ収集は歩行が安定した約30秒間を記録した。

## 4) 挙上側の異なる股関節屈曲角度における片脚立位動作 (図2d)

挙上側股関節を屈曲30°(股30), 屈曲60°(股60), 屈曲90°(股90), 屈曲最大(股最大)の4課題と右膝関節にCBBを装着し挙上側股関節を屈曲30°(CB30), 60°(CB60), 90°(CB90)の3課題で片脚立位を行った。股最大とは, 被検者が片脚立位で挙上側股関節を最大努力して屈曲できる角度とする。各条件の片脚立位姿勢は, 左股関節屈曲位での右片脚立位とし, 両上肢は骨盤上縁に置き, 前方の視線と同じ高さのものを注視することとした。各課題は, 十分に練習した後, 各片脚立位が, 安定してから10秒保持させ, 計測した。

## 3. データ解析

筋電波形の解析には, MR3 myomuscle (Noraxon inc. USA)を用いた。各筋は, 最大等尺性の徒手抵抗を5秒間かけた時の筋活動を導出し, 全波整流を

行った後その安定した1秒間の平均振幅を最大随意収縮筋活動量(MVC)100%とした。動作中のノイズがないことを筋電波形で直接確認の上, 各課題の筋活動を記録した。測定した各課題筋活動は, RMSで平滑化処理(ウインドウ幅100ms)後, ピーク値を算出し, 各筋の%MVC(各動作のピーク値/MVC)を求め, 各課題間で比較した。

## 4. 統計解析

統計学的処理は, 各条件間における体幹・下肢筋の%筋活動量を比較するために一元配置分散分析および多重比較(Tukey)を行った。有意水準は5%未満とした。統計処理ソフトは, SPSS(ver.23)を用いた。

表1 対象者の基本属性

	起立, 昇段, 傾斜歩行	片脚立位
性別(名)	男性 12	男性 22(*11)
年齢(歳)	22.8±2.7*	23.1±2.4
身長(cm)	173.3±5.2*	171.8±0.6
体重(kg)	65.7±6.0*	63.3±6.6
BMI(kg/m <sup>2</sup> )	21.9±2.0*	21.5±1.6

平均値±標準偏差 \* CBB装着者

## Ⅲ 結果

### 1. 起立, 昇段, 傾斜歩行における体幹筋活動(表2)

各動作における腹直筋活動量は少なく, また, 各課題間に有意差は見られなかった。

起立における脊柱起立筋の%MVC(起立40cm: 31.8%, 起立30cm: 34.8%, 起立20cm: 35.9%)は, 昇段(昇段10cm: 13.6%, 昇段20cm: 18.4%), 傾斜歩行(傾斜0%: 13.6%, 傾斜10%: 13.4%: 傾斜20%: 15.8%)と比較し, 有意に高かった。

### 2. 起立, 昇段, 傾斜歩行における股関節筋活動(表3)

起立(起立30cm: 15.1%, 起立20cm: 15.4%)と昇段(昇段20cm: 16.7%)における大殿筋活動量は, 傾斜0%と比較して, 有意に高かった。起立課題間では, 14~15%, 傾斜歩行課題間では, 7~13%で

表2 各課題に対する体幹筋 %MVC

		*p<0.05	**p<0.01	(単位:%)
		筋活動量(%MVC)		
課題(右下肢)	腹直筋	脊柱起立筋		
起立40cm	4.3±4.1	31.7±14.8		
起立30cm	4.7±4.4	34.8±14.1		
起立20cm	5.4±4.6	35.9±13.5		
昇段10cm	3.5±3.3	13.6±7.6		
昇段20cm	3.3±2.9	18.4±7.8		
傾斜0%	5.0±4.9	13.6±6.9		
傾斜10%	4.1±4.0	13.5±5.9		
傾斜20%	4.0±4.1	15.8±6.8		

値は平均値±標準偏差

表3 各課題に対する股関節筋 %MVC

		*p<0.05	**p<0.01	(単位:%)
		筋活動量(%MVC)		
課題(右下肢)	大殿筋	中殿筋		
起立40cm	14.0±5.4	7.0±4.2		
起立30cm	15.1±7.4	9.1±5.3		
起立20cm	15.4±6.5	10.7±4.1		
昇段10cm	9.1±4.9	21.5±13.2		
昇段20cm	16.7±5.9	31.2±18.1		
傾斜0%	7.1±4.1	22.8±9.8		
傾斜10%	10.4±5.8	23.0±7.3		
傾斜20%	12.6±5.5	26.2±9.2		

値は平均値±標準偏差

あったが、同一動作間での有意差は見られなかった。

起立における中殿筋活動量は MVC の10% 未満 (起立40 cm : 7.0%, 起立30 cm : 9.1%, 起立20 cm : 10.7%) で、昇段動作や傾斜歩行と比較し、有意に低かった。一方、昇段 (昇段10cm : 21.5%, 昇段20cm : 31.2%) と傾斜歩行 (傾斜0% : 22.8%, 傾斜10% : 23.0%, 傾斜20% : 26.2%) においては、起立より有意に筋活動量が得られた。

### 3. 起立、昇段、傾斜歩行における膝関節筋活動 (表4)

起立における内側広筋活動量 (起立40cm : 37.2%, 起立30cm : 44.7%, 起立20cm : 52.3%) は高く、昇段

(昇段10cm : 21.5%, 昇段20cm : 39.7%), 傾斜歩行 (傾斜0% : 5.7%, 傾斜10% : 12.2, 傾斜20% : 20.0%) と比較して有意に高かった。難易度に応じて筋活動量は高くなったが、同一動作間での有意差は見られなかった。

各動作における大腿二頭筋の筋活動量は起立で 20.0~26.0%, 昇段で13.7~24.8%, 傾斜で15.1~17.8% だったが、各動作、各課題間に有意差は見られなかった。

### 4. 起立、昇段、傾斜歩行における足関節筋活動 (表5)

起立における前脛骨筋活動量 (起立40cm : 30.7%,

表4 各課題に対する膝関節筋 %MVC

		*p<0.05	**p<0.01	(単位: %)
筋活動量 (%MVC)				
課題(右下肢)	内側広筋	大腿二頭筋		
起立40cm	37.2±17.7			20.0±13.7
起立30cm	44.7±17.3	*		26.0±20.2
起立20cm	52.3±18.0	**		24.8±21.5
昇段10cm	21.5±10.5	*	*	13.7±10.5
昇段20cm	39.7±11.5	**	**	22.4±15.1
傾斜0%	5.7±7.0			16.2±7.3
傾斜10%	12.2±5.0			15.1±8.3
傾斜20%	19.7±6.9		*	17.8±11.4

値は平均値±標準偏差

表5 各課題に対する足関節筋 %MVC

		*p<0.05	**p<0.01	(単位: %)
筋活動量 (%MVC)				
課題(右下肢)	前脛骨筋	腓腹筋		
起立40cm	30.7±16.1			11.4±7.2
起立30cm	57.3±25.9	*		9.4±4.9
起立20cm	67.4±26.0	**		17.4±11.2
昇段10cm	22.3±15.5	*	*	12.4±7.2
昇段20cm	41.9±22.1	**	**	17.5±10.0
傾斜0%	21.3±9.0			21.5±14.9
傾斜10%	25.9±9.7			33.7±19.7
傾斜20%	36.6±16.7		*	45.8±25.3

値は平均値±標準偏差

起立30cm : 50.3%, 起立20cm : 67.4%) は高く, 昇段 (昇段10cm : 22.3%, 昇段20cm : 41.9%), 傾斜歩行 (傾斜0% : 21.3%, 傾斜10% : 25.9, 傾斜20% : 36.6%) と比較して有意に高かった。難易度に応じて筋活動量は高くなり, また, 起立の課題間には有意差がみられた。昇段の高さや傾斜角度の難易度に応じて筋活動は増大したが, 有意差は見られなかった。

傾斜歩行 (傾斜10% : 33.7, 傾斜20% : 45.8%) における腓腹筋活動量は起立 (起立40cm : 11.4%, 起立30cm : 9.4%, 起立20cm : 17.3%), 昇段 (昇段

10cm : 12.3%, 昇段20cm : 17.5%) と比較し, 有意に高かった。

### 5. 片脚立位における体幹および下肢筋活動

#### 5.1 股屈曲角度の違いおよびCBB装着有無による体幹筋活動 (図3)

腹直筋の%MVCは, 股関節の屈曲角度やCBB装着の有無に関わらず, 約5%以下 (股30 : 3.7±2.9%, 股60 : 3.9±3.2%, 股90 : 4.4±3.6%, 股最大 : 5.1±4.2%, CB30 : 5.0±2.8%, CB60 : 4.7±2.9%,

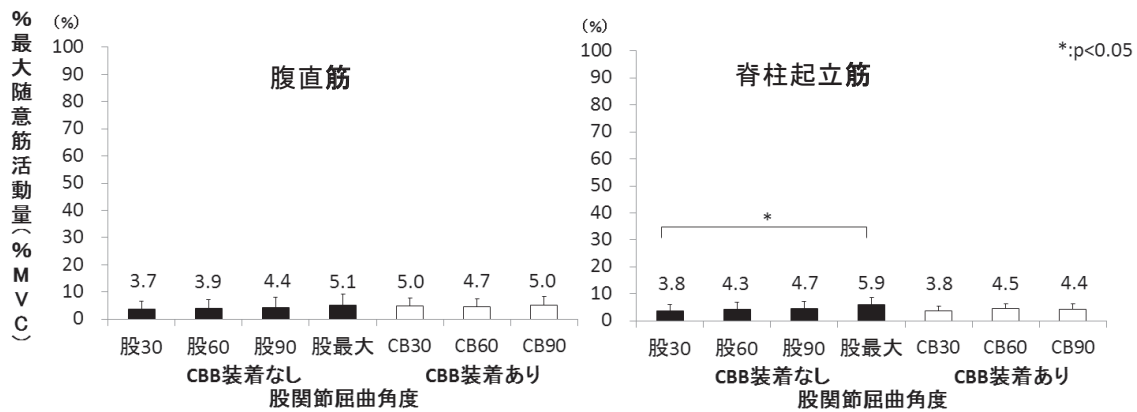


図3. 片脚立位における股屈曲角度の違いと CBB 装着有無による体幹筋 %MVC

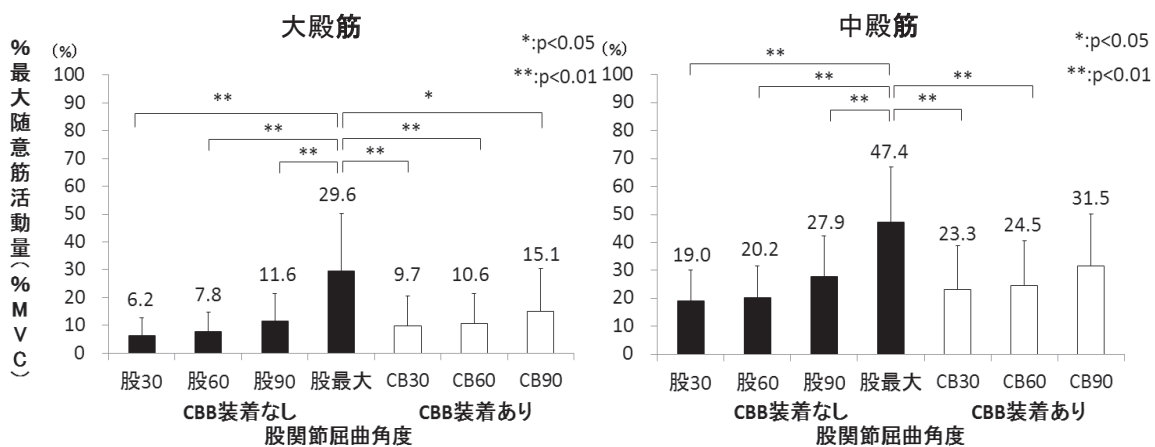


図4. 片脚立位における股屈曲角度の違いと CBB 装着有無による股関節筋 %MVC

CB90:  $5.0 \pm 3.2\%$ ) と低く、有意差は見られなかった。

脊柱起立筋の股最大時の %MVC は、股30と比較し有意に高かったが、全体的に筋活動は低いものだった(股30:  $3.8 \pm 2.3\%$ , 股60:  $4.3 \pm 2.6\%$ , 股90:  $4.7 \pm 2.4\%$ , 股最大:  $5.9 \pm 2.6\%$ , CB30:  $3.8 \pm 1.7\%$ , CB60:  $4.5 \pm 1.7\%$ , CB90:  $4.4 \pm 1.9\%$ )。

### 5.2 股屈曲角度の違いおよび CBB 装着有無による股関節周囲筋活動 (図4)

大殿筋の股最大時の %MVC が約30% と最も高く、CBB 装着有無に関わらず、他のどの股関節屈曲角度よりも有意に高かった(股30:  $6.2 \pm 6.5\%$ , 股60:  $7.8 \pm 7.0\%$ , 股90:  $11.6 \pm 9.8\%$ , 股最大:  $29.6 \pm 20.5\%$ , CB30:  $9.7 \pm 10.9\%$ , CB60:  $10.6 \pm 10.7\%$ , CB90:  $15.1 \pm 15.2\%$ )。

中殿筋の股最大時の %MVC は、股30, 股60, 股90と比較し有意に増加した。また CBB を装着した CB30, CB60と比較しても有意に高いことが示され

た。しかし、CB90と比較した場合では筋活動に有意差は見られなかった(股30:  $19.0 \pm 11.2\%$ , 股60:  $20.2 \pm 11.4\%$ , 股90:  $27.9 \pm 14.5\%$ , 股最大:  $47.4 \pm 19.5\%$ , CB30:  $23.3 \pm 15.4\%$ , CB60:  $24.5 \pm 16.2\%$ , CB90:  $31.5 \pm 18.5\%$ )。

### 5.3 股屈曲角度の違いおよび CBB 装着有無による膝関節周囲筋活動 (図5)

内側広筋の股最大時の %MVC は約20% 弱で、股30, 股60, 股90と比較し有意に増加した。CBB 装着時の CB30, CB60, CB90と比較しても有意に高いことが示された。また、CBB を装着することで CBB 装着なしと比較して、筋活動は約2~3倍増大したが有意差は見られなかった(股30:  $4.4 \pm 4.8\%$ , 股60:  $5.3 \pm 5.0\%$ , 股90:  $6.8 \pm 5.9\%$ , 股最大:  $18.6 \pm 11.0\%$ , CB30:  $13.4 \pm 8.9\%$ , CB60:  $12.8 \pm 8.5\%$ , CB90:  $14.1 \pm 9.1\%$ )。

大腿二頭筋の股最大時の %MVC は約30% 弱で、

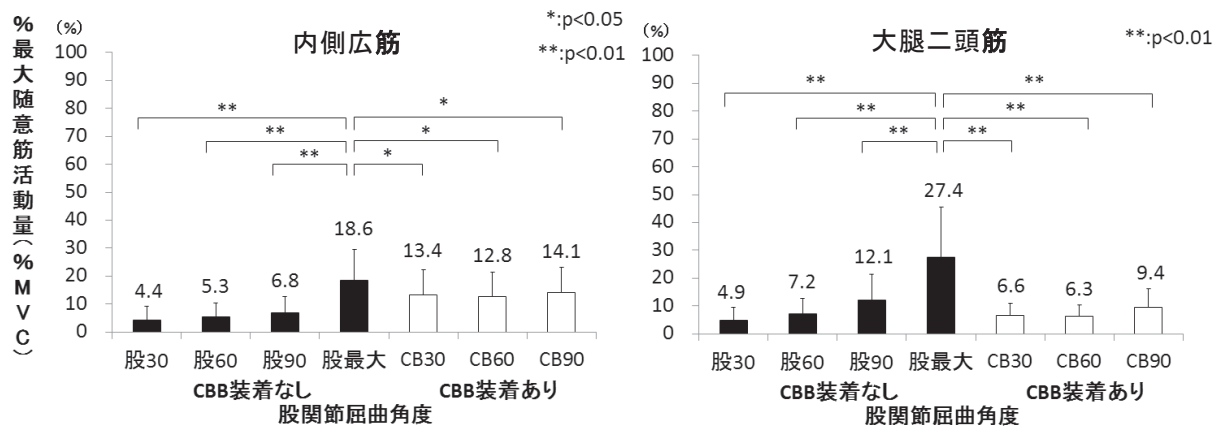


図5. 片脚立位における股関節屈曲角度の違いとCBB装着有無による膝関節筋%MVC

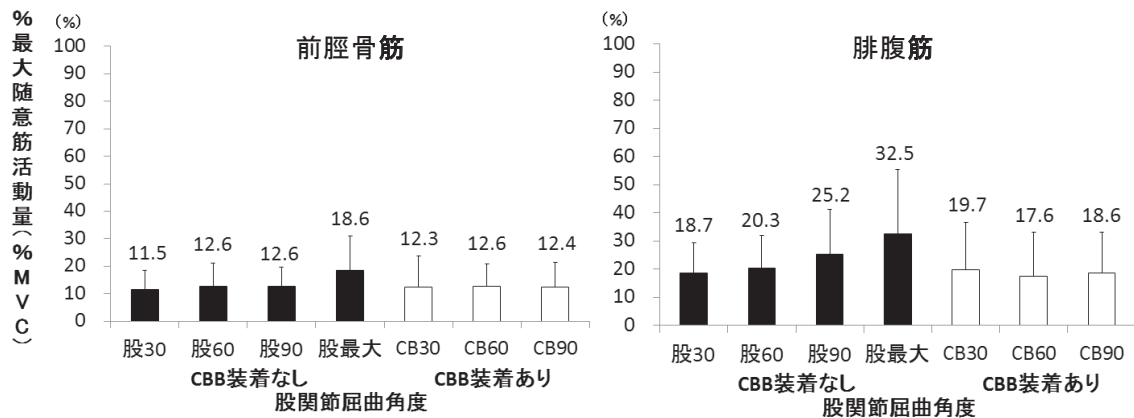


図6. 片脚立位における股関節屈曲角度の違いとCBB装着有無による足関節筋%MVC

股30, 股60, 股90と比較し, 有意に増加した。CBB装着時のCB30, CB60, CB90と比較しても有意に高いことが示された(股30:  $4.9 \pm 4.6\%$ , 股60:  $7.2 \pm 5.5\%$ , 股90:  $12.1 \pm 9.2\%$ , 股最大:  $27.4 \pm 18.0\%$ , CB30:  $6.6 \pm 4.4\%$ , CB60:  $6.3 \pm 4.0\%$ , CB90:  $9.4 \pm 6.7\%$ )。

#### 5.4 股関節屈曲角度の違いおよびCBB装着有無による足関節周囲筋活動(図6)

前脛骨筋の筋活動は, 股最大で約20%弱と最も高いことが示されたが, 股関節屈曲角度の違いやCBB装着の有無に関わらず有意差は見られなかった(股30:  $11.5 \pm 7.0\%$ , 股60:  $12.6 \pm 8.4\%$ , 股90:  $12.6 \pm 7.2\%$ , 股最大:  $18.6 \pm 12.5\%$ , CB30:  $12.3 \pm 11.4\%$ , CB60:  $12.6 \pm 8.4\%$ , CB90:  $12.4 \pm 8.9\%$ )。

腓腹筋の筋活動でも, 股最大で約30%強と最も高いことが示されたが, 股関節屈曲角度の違いやCBB装着の有無に関わらず有意差はみられなかつ

た(股30:  $18.7 \pm 10.6\%$ , 股60:  $20.3 \pm 11.6\%$ , 股90:  $25.2 \pm 16.0\%$ , 股最大:  $32.5 \pm 22.9\%$ , CB30:  $19.7 \pm 17.0\%$ , CB60:  $17.6 \pm 15.4\%$ , CB90:  $18.6 \pm 14.5\%$ )。

## IV 考察

本研究では, 起立, 昇段, 傾斜歩行という3つの動作と拳上側の異なる股関節屈曲角度での片脚立位動作における下肢筋活動の関連性を検討した。

### 1. 起立, 昇段, 傾斜歩行における体幹筋活動

体幹では, 各動作における腹直筋活動量は少なく, また, 各課題間に有意差は見られなかった。起立の脊柱起立筋は座面の高さに関連し, 低い座面からの起立が高い座面よりも有意に活動し, また, 昇段, 傾斜歩行の全ての課題の筋活動量と比較し, 有意に活動していた。

染矢ら<sup>18)</sup>は, 起立において, 特に, 脊柱起立筋で



は顕著な差が認められたと報告している。また、星ら<sup>19)</sup>は起立時の体幹前傾保持は脊柱起立筋の活動であると報告し、法所ら<sup>20)</sup>は起立時の殿部離床時に体幹前傾に対する制動力が関与すると報告している。本研究でも同様の結果となったが、脊柱起立筋において、起立時の座面の高さが低くなるほど体幹前傾角度が増し、これに対する制動力に比例して筋活動量が高くなったと考えられる。昇段や傾斜歩行では、体幹前屈角度が相対的に小さいため、脊柱起立筋の筋活動は少なかったものとする。一方、腹直筋は、起立では体幹が重力方向に前屈し、また昇段・傾斜歩行では、体幹が直立位のため筋活動は少なかったと思われる。

## 2. 起立、昇段、傾斜歩行における股関節筋活動

起立 (30cm, 20cm) と昇段 (20cm) における大殿筋活動量は、傾斜 (0%) と比較して、有意に高かった。同一動作間での有意差は見られなかった。中殿筋活動量は昇段と傾斜歩行において、起立より有意に高かった。

染矢ら<sup>18)</sup>は、高い台 (40cm) より、低い台 (30, 20, 10cm) の起立動作の方が有意に大殿筋の筋活動量が得られたと報告している。浅川ら<sup>21)</sup>は昇降動作において大殿筋、中殿筋では、段差の高さが 10cm, 20cm, 30cm と高くなるにつれて筋活動量が有意に得られたと報告している。

大殿筋活動量は本研究でも同様の傾向がみられたが、股関節屈曲角が大きいほど股関節伸展作用が働くのではないかと考える。また、中殿筋活動量は、起立における %MVC は、7~11% と昇段と傾斜歩行に比べ、約 1/3 から 1/2 と活動量が低かった。これは、中殿筋は、片脚位で挙上側骨盤が下がるのを制御する時に最も筋活動は高まるが、起立動作では、両足を接地した状態で立ち上がるので、反対側骨盤が下降するのを制御する必要がなく、昇段動作や傾斜歩行に比し、中殿筋活動は少なかったものと思われる。一方、昇段と傾斜歩行動作では、片脚支持で、かつ、挙上側の骨盤下降を制御しながら体重を持ち上げなければならないため、筋活動が高かったためであると思われる。

## 3. 起立、昇段、傾斜歩行における膝関節筋活動

起立における内側広筋活動量は高く、昇段、傾斜歩行と比較して有意に高かった。難易度に応じて筋

活動量は高くなったが、同一動作間での有意差は見られなかった。

座面高が異なる椅子からの立ち上がり動作において、染矢ら<sup>18)</sup>は、外側広筋で座面が低くなるほど有意に筋活動が大きかったと報告し、また森ら<sup>22)</sup>は、椅子の高さの違いにおける立ち上がり動作において、大腿直筋で、25cm の高さからの立ち上がり動作が、45cm の高さよりも有意に大きかったと報告している。我々は、内側広筋を調べたが、起立 40cm からの内側広筋活動量は、傾斜 0%, 傾斜 10% よりも高く、起立 30cm と起立 20cm は、昇段 10cm やすべての傾斜歩行課題よりも有意に高かった。また、昇段 20cm は、傾斜 0%, 傾斜 10% よりも内側広筋の筋活動量は有意に高かった。一方、起立 40cm は昇段 20cm とほぼ同じ筋活動量だった。これらの結果より、膝伸展筋の筋力に応じた起立、昇段、傾斜歩行の運動指導の必要性が示唆される。

各動作における大腿二頭筋の筋活動量は各動作、各課題間に有意差は見られなかった。大西<sup>23)</sup>、星<sup>24)</sup>は、起立動作においてハムストリングスは殿部離床後の股関節伸展に作用すると報告している。今回の研究結果では、起立で 20~26%、昇段で 13~22%、傾斜歩行で 15~18% と各動作、各課題間に大腿二頭筋活動量のばらつきが多く、これらの筋活動の差を特定することは困難であった。

## 4. 起立、昇段、傾斜歩行における足関節筋活動

前脛骨筋活動量は起立が昇段や傾斜歩行と比べて有意に筋活動が高く、また、起立の課題間においても有意差が見られた。

染矢ら<sup>18)</sup>、大西ら<sup>23)</sup>は、起立において前脛骨筋で有意に筋活動が得られたと報告している。これは、殿部離床時に膝の伸展力を発揮しやすくするために、脛骨直下の踵部に圧中心を移動させ、足関節背屈筋である前脛骨筋を活動すると報告している。今回の研究でも同様の結果だった。これは、40cm の起立に比べ 30, 20cm の起立は膝の屈曲角度が大きい。そのため前脛骨筋により足関節固定力を高めていることが考えられる。よって昇段、傾斜歩行よりも膝屈曲角度が大きくなる起立、台の高さを変えた起立の課題間で、有意に前脛骨筋の筋活動量が増加したと考えられる。腓腹筋活動量は傾斜歩行において有意に高かった。川井ら<sup>25)</sup>は、傾斜歩行において有意に筋活動が得られ、下方への重心落下を防ぐために

筋活動量の増加が認められたと報告しており、今回の結果からも同様のことが言える。また、前進運動に伴い、足関節背屈位から底屈運動の遂行のため腓腹筋の筋活動量が增大したと考える。そのため、傾斜0%より傾斜10%、傾斜20%の蹴り出しが大きく、有意に筋活動量が増加したと考えられる。

## 5. 股関節屈曲角度の違いおよびCBB装着有無による筋活動

腹直筋の筋活動は全体的に少なく、股関節屈曲角度の違いやCBB装着の有無において有意差は見られなかった。また脊柱起立筋の筋活動は、股最大(5.9%)でやや高く、股30(3.8%)と比較し有意に高かったが、全体的に筋活動は低いものだった。これは、片脚立位を行った際に体幹を直立位に保ったため筋活動が少なかったものと考えられる。

大殿筋の股最大時の筋活動は、股関節屈曲角度の違いやCBB装着の有無に関わらず、全課題と比較し有意に高かった。中殿筋の股最大時の筋活動(47.4%)は股30(19.0%)、股60(20.2%)、股90(27.9%)と比較し有意に高く、また、CBB装着時のCB30(23.3%)、CB60(24.5%)と比較して有意に高いことが示された。しかし、CB90(31.5%)との比較では有意差は見られなかった。これは、CBBを装着することで股関節最大屈曲位を取らなくても中殿筋の筋活動を促通できることが示唆された。

内側広筋の筋活動は、股30(4.4%)、股60(5.3%)、股90(6.8%)と股関節屈曲90°までは、筋活動は緩徐な上昇を示すが、股最大時では、約3倍と急激に筋活動の増大がみられた。また、CBBを装着することで装着無しよりも筋活動が増加した。大腿二頭筋の股最大時(27.4%)の筋活動も他の全課題と比較して有意に高かった。富田ら<sup>26, 27)</sup>は、臥位で一側の股関節屈曲に20, 40, 60, 80%MVCの負荷を与え、対側下肢筋活動量をみた研究では、80%MVC負荷の時が、20, 40, 60%MVCの負荷に比べて、有意に増加したことを示した。そして、一側下肢の股関節周囲筋の筋収縮によって影響を受けやすく、対側の股関節周囲筋に生じやすいと述べている。また、Hess<sup>28)</sup>やTodor<sup>29)</sup>は、一側手指の運動に対する負荷が大きい方が、対側の筋活動は増大することを示している。本研究の結果も、拳上側股関節最大屈曲位保持は、高い負荷の運動であるため対側下肢の筋活動が増大したと考えられる。また、片脚立位

で股関節屈曲角度が増大すると骨盤後傾が生じることは知られている<sup>30)</sup>ことから、骨盤が後傾すると、運動連鎖により膝関節の屈曲が生じる。これらのことから、股関節最大屈曲位で骨盤が後傾し、それに伴い膝関節屈曲が生じたことで内側広筋の筋活動が増大したと思われる。また、内側広筋ではCBB装着の有無で有意差は見られなかったが、CBBを装着することで筋活動が約2~3倍の増大がみられた。竹林ら<sup>31)</sup>による研究では、片脚立位時に立脚側下肢の膝関節を30°屈曲位に保持することで同側下肢筋活動の増大がみられたと報告している。本研究では、CBBを装着したことにより膝関節が軽度屈曲位に保持されたことで、筋活動が約2~3倍増大したのと思われる。

前脛骨筋、腓腹筋の筋活動は、股関節屈曲角度の違いやCBB装着の有無に関わらず有意差は見られなかった。腓腹筋は、立位保持において突発的な活動を示し、その活動パターンには大きな個体差を認めたとの報告もある<sup>32)</sup>。本研究の結果をみると、各課題の腓腹筋活動にはばらつきがあり、このことから有意差は見られなかったと考える。

## V 本研究の限界

本研究は、基本的・応用的な日常生活動作である起立、昇段、傾斜歩行、片脚立位における体幹および下肢筋活動の関連性をみた。これらの動作における筋活動は、個人の身長や下肢長の違いにより各動作時の関節角度が異なることやまた体重などにも影響されるため、解析する際は考慮する必要がある。また、傾斜歩行の際の歩行スピードや歩行率にも筋活動は影響することが考えられ、これらの影響を考慮して得られた結果を解釈する必要がある。今回は、健康成人を対象に研究を実施したが、高齢者や脳卒中や関節疾患がある場合は、これらの日常生活活動にも非対称性が出てくるため、両側を測定しなければならないが、電極配置数に限界があるため、今後、電極配置を検討する必要がある。また、関節痛や麻痺がある場合、片脚立位での測定は、困難になるので、今後考慮する必要がある。

## VI 結語

起立、昇段、傾斜歩行と片足起立における体幹お

よび下肢筋活動の関連性を調べた。今回の研究から、起立において、脊柱起立筋群、大殿筋、内側広筋、前脛骨筋が、昇段や傾斜歩行よりも有意に筋活動量が増加した。一方、中殿筋は、昇段と傾斜歩行において、起立より筋活動量が有意に高かった。

片脚立位では、挙上側の股関節角度を30°、60°、90°、最大屈曲位に保ち、立脚側の体幹および下肢筋活動を調べた。挙上側股関節90°屈曲位までは、立脚側の下肢筋活動の動員は不十分であったが、最大屈曲位では、下肢筋活動が活発に増大した。また、CBBを装着したことで、特に、膝伸筋の筋活動が増大する傾向を示した。

起立や昇段の高さや傾斜角度を考慮することで体幹・下肢伸展筋群の段階的筋力増強ができることが示唆された。また、片脚立位時の挙上側股関節を最大屈曲位に保持することで下肢筋力を効率よく増大させることができることが示唆され、臨床に応用できるものと思われる。

## 謝辞

本研究の実施に際し、測定に協力した金子亮介君、永野裕太郎君、加地さくらさん、そして被験者としてご協力いただいた学生の皆様に深く感謝いたします。

本研究は、平成28年度熊本保健科学大学学内研究費の助成を受けて実施しました。

また、本研究における利益相反は存在いたしません。

## VI 引用文献

- 厚生労働省：平成28年国民生活基礎調査の概況、<http://www.mhlw.go.jp/toukei/saikin/hw/k-tyosa/k-tyosa16/dl/16.pdf>、(閲覧日：2017.11.13)
- 石橋英明：骨粗鬆症に対する運動療法 転倒予防のための運動療法. MB Med Reha No.195：73-79, 2016
- 田井中幸司, 青木純一郎：在宅高齢女性の転倒経験と体力. 体力科学56：279-286, 2007.
- Guideline for the Prevention of Falls in Older Persons. American Geriatrics Society British Geriatrics Society, and American Academy of Orthopedic Surgeons Panel on Falls Prevention. JAGS 49：664-672, 2001.
- 石橋英明：ロコモに対する運動療法 運動習慣のない中高年者に勧めるべき運動. 日本医事新報 No.4679：97-104, 2013
- 日本整形外科学会：立ち上がりテスト.  
[https://www.joa.or.jp/public/locomo/locomo\\_pamphlet\\_2015.pdf](https://www.joa.or.jp/public/locomo/locomo_pamphlet_2015.pdf)、(閲覧日：2017.11.2)
- 藤本静香, 藤本修平, 太田隆, 他：変形性膝関節症患者における基本動作能力と日常生活活動の関連性. 理学療法科学 31 (2)：239-245, 2016.
- 日本脳卒中学会：脳卒中治療ガイドライン 2.1 運動障害・ADLに対するリハビリテーション.  
[http://www.jsts.gr.jp/guideline/300\\_304.pdf](http://www.jsts.gr.jp/guideline/300_304.pdf)、(閲覧日：2017.11.10)
- 日本脳卒中学会：脳卒中治療ガイドライン 2.2 歩行障害に対するリハビリテーション.  
[http://www.jsts.gr.jp/guideline/300\\_304.pdf](http://www.jsts.gr.jp/guideline/300_304.pdf)、(閲覧日：2017.10.10)
- Yamamoto S, Tatetsu O, Mizota K, et al: Physical function and Activities of Daily living in the Elderly, 13<sup>th</sup> International Congress of the WCPT, 85, 1999
- Pickle NT, Grabowski AM, Jeffers JR, et al: The functional roles of muscles during sloped walking. Journal of Biomechanics 49 (14)：3244-3251, 2016
- 猪飼哲夫：片麻痺患者における転倒予防. ジェロントロジーニューホライズン 19 (3)：31-36, 2007.
- 大高洋平：脳卒中患者の転倒・骨折. 臨床スポーツ医学 23 (10)：1197-1202, 2006
- 猪飼哲夫：高齢者・片麻痺患者の転倒とバランス機能. リハビリテーション医学 43：523-530, 2006.
- 知念弘, 新垣菅, 佐喜眞保：片麻痺患者の反張膝に対する新しい膝装具の試み. 整形外科, 53 (6)：737-739, 2002.
- Cram JR, Kasman GS, Holtz J: Introduction to Surface Electromyography. USA, AN ASPEN PUBLICATION, 349-377, 1998
- 北谷亮輔, 大畑光司, 澁田紗央理：足関節背屈



- 制限と歩行速度の変化が歩行時の下肢関節角度と筋活動に与える影響. 日本基礎理学療法学雑誌 16 (2) : 29-37, 2012
- 18) 染矢富士子, 三秋泰一: 椅子の高さの違いが立ち上がり動作の下肢・体幹筋の筋活動に与える影響. 金大医保つるま保健学会 29 (2) : 101-104, 2005.
- 19) 星文彦, 山中雅智, 高橋光彦, 他: 椅子からの立ち上がり動作に関する運動分析. 理学療法学 19 (1) : 43-48, 1992.
- 20) 法所遼汰, 岡山裕美, 大工谷新一: 胸腰部屈曲位における立ち上がり動作の特徴. 理学療法科学 31 (2) : 253-256, 2016.
- 21) 浅川康吉, 市橋則明, 羽崎完・他: 踏み台昇降訓練における股関節周囲筋の筋電図学的分析. 理学療法科学 27 (3) : 75-79, 2000.
- 22) 森 明子, 江口淳子, 渡邊 進: 椅子の高さの違いが起立・着席動作時における下肢筋の筋活動に与える影響. 川崎医療福祉学会誌 13 (1) : 169-171, 2003
- 23) 大西英明, 江原義弘, 相馬俊雄: 起立動作の筋電図学的評価. 理学療法 22 (3) : 546-552, 2005.
- 24) 星文彦, 武田涼子: 起き上がり動作のメカニズム 椅子からの立ち上がり動作. 理学療法 20 (10) : 1028-1036, 2003.
- 25) 川井伸夫, 佐藤洋一郎, 蝦名稔幸, 他: トレッ  
ドミルを用いた上り勾配歩行各相の下肢筋活動の変化. 日本理学療法学会大会 2009 (0) : 1047-1047, 2010.
- 26) 富田浩, 柳澤健: 一側下肢の筋収縮が対側下肢の筋放電に及ぼす影響. PNF リサーチ, 13 : 18-29, 2013.
- 27) 富田浩, 新田收, 柴田雅祥, 他: 一側下肢の筋収縮が対側足関節周囲筋の筋放電に及ぼす影響. PNF リサーチ 14 : 40-46, 2014.
- 28) Hess C, Mills K, Murray N : Responses in small hand muscles from magnetic stimulation of the human brain. J Physiol. 388 : 397-419, 1987.
- 29) Todor J, Lazarus J : Exertion level and the intensity of associated movements. Dev Med Child Neurol. 28 : 205-212, 1986.
- 30) 古後晴基: 股関節屈曲運動における寛骨大腿リズムおよび寛骨後傾の左右差. 理学療法科学 26 : 521-524, 2011.
- 31) 竹林秀晃, 宮本謙三, 宅間豊, 他: Closed Kinetic Chain 時の大腿筋膜張筋の筋活動 - 膝関節肢位および FOOT ANGLE の変化 -. 土佐リハビリテーションジャーナル, 9-14, 2003.
- 32) 藤原勝夫, 池上晴夫, 岡田守彦: 立位姿勢の安定性と下肢筋の相対的筋負担度との関係. 筑波大学体育科学系紀要 8 : 165-171, 1985.

(平成29年11月27日受理)



## Considerations for trunk and leg muscular activity with CBB attachment in different movements

Sokatsu YAMAMOTO, Daiki MUTO

### Abstract

[Objective] The purpose of this study was to investigate the relationships between a trunk and lower limb muscle activity levels in standing from the chair, climbing the stairs, walking on a slope and one-foot standing with hip flexion of contra-lateral side in healthy adults. [Results and Discussion] Muscular activities in standing from the chair, increased significantly compared to climbing the stairs and walking on slope in muscles of Gluteus maximum, Vastus medialis, Tibialis anterior. If load increased, it is suggested that muscles activity of the anti-gravitational muscles increase significantly in standing from the chair and climbing the stairs. In the Gluteus medius and Gastrocnemius muscles, the muscle activity in climbing the stairs and walking on the slope because of one leg support during walking were significantly higher in standing from the chair. In one foot standing, the most of muscle activities were the highest in the position of the maximal hip flexion, however, there was no significant difference between the muscle activities in the position of hip 90° flexion with wearing the knee brace, Center Bridge Brace (CBB) and those in maximum hip flexion. [Conclusion] It was suggested that the muscular strength of the trunk/leg extension muscles can be increased gradually by considering the height of the chair and the stair and inclination angle of the slope. In addition, it was suggested that lower leg muscle strength can be efficiently increased by holding the free leg up at the maximum flexion position at the time of single leg standing.