

2016 年度博士論文（要約）

Calf Ankle Index の有用性に関する研究

桜美林大学大学院 老年学研究科 老年学専攻

寺山 圭一郎

## 目次

第 1 章 序章	1
第 2 章 本研究の目的と意義	1
第 3 章 予備研究「下腿周囲長計測における検者間信頼性について」	2
第 4 章 研究 1「地域在住高齢者における CAI-身体機能および転倒との関連」	3
第 5 章 研究 2「虚弱高齢者における CAI-身体機能および再発との関連」	5
第 6 章 総合考察	7
第 7 章 結論	8

## 第1章 序章

### 1. はじめに

身体計測は、安価で非侵襲的な技術により健康状態、栄養状態を評価し、動作能力の予測が出来るとされている<sup>1)</sup>。特に、周囲長の計測は、四肢の肥厚や体幹の太さを数値であらわすもので、筋萎縮の程度または筋線維の発達状態、身体の栄養状態（肥満度）、四肢の腫脹（浮腫）の状態、切断肢の成熟度、呼吸機能状態などの身体情報を得ることが出来る<sup>2)</sup>とされている。このうち、筋萎縮の有無や筋線維の発達状態をみる場合は筋のよく発達している最大周囲長を測定し、関節周囲の浮腫の有無・程度をみる場合には関節近位の最小周囲長を測定する<sup>3)</sup>とされている。また、最小周囲長は骨格の発達状態をみる場合にも用いられるとされている<sup>4)</sup>。さらに、World Health Organization (WHO) (1995) の報告によると、下腿周囲長は高齢者の骨格筋量を最も鋭敏に表す指標であるとされており、加齢とこれに伴う活動量の減少による除脂肪体重の変化を表す<sup>1)</sup>とされている。この他にも、先行研究において、四肢周囲長のなかで最大部の下腿周囲長は、筋量<sup>5)</sup>のほか、身体機能、特に移動能力<sup>6-9)</sup>、運動耐容能<sup>10-12)</sup>、栄養状態<sup>13-15)</sup>や長期予後<sup>16,17)</sup>との関連が示唆されたとの報告もある。

また、下腿周囲長の計測は、安価で非侵襲的な技術であるほか、被験者の努力を必要としない、被験者の意欲や気分によらずに左右されない、被験者の理解力によらずに左右されない、さらには、時間がかからないうえ、ズボンの裾をまくるだけで計測が可能であり、過度の露出を抑えることができることが利点として挙げられる。

しかし、下腿周囲長は、人種や生活環境においてもその値が異なるほか、先行研究において、男性と女性で下腿最大周囲長に有意差が認められており<sup>5,6,16)</sup>、指標とする場合、男女で異なる値を用いている<sup>5,17)</sup>など、個体差による影響が大きい。

そこで、下腿最大周囲長と下腿最小周囲長の比をとり、Calf Ankle Index (以下 CAI) とし、個体差によらずに左右されない指標とし、高齢者の身体機能を評価する指標として用いることができないかについて検討する。

## 第2章 本研究の目的と意義

### 1. 目的

下腿最大周囲長と最少周囲長の比をとり、CAI とし、①地域在住高齢者の身体機能との関連、②転倒リスクとの関連、③虚弱高齢者の身体機能との関連、④虚弱高齢者の再発リスクとの関連、について検討し、転倒のリスクや再発のリスクのほか、身体機能を評価する簡便な指標となりうるかを明らかにする。

### 2. 意義

メジャーで下腿の周囲長を測定するだけという簡便な方法で、被験者の努力を必要とせずに身体機能の評価が可能となる。また、転倒リスクおよび再発リスクとの関連を明らかにすることにより、簡便な評価方法で、その予防が必要な症例を抽出するためのスクリー

ニングとして利用することが可能となる点において意義のある結果が得られるものと考え  
る。

### 3. 研究の枠組み

本研究は以下のとおり、予備研究と二つの本研究からなる。

- 1) 予備研究「下腿周囲長計測における検者間信頼性について」
- 2) 研究 1「地域在住高齢者における CAI-身体機能および転倒との関連-」
- 3) 研究 2「虚弱高齢者における CAI-身体機能および再発との関連-」

予備研究において、下腿周囲長の測定における再現性を確認する。そのうえで、研究 1  
では比較的健常な高齢者の、研究 2 では虚弱な高齢者の代表として、心臓リハビリテーシ  
ョン実施患者の身体機能と CAI の関連を検討し、CAI が転倒のリスクや再発リスクを含め  
た身体機能を評価する簡便な指標となるかを検討する。

研究 1 及び研究 2 については、東邦大学医療センター佐倉病院倫理委員会において承認  
を得た（2013-038）。

## 第 3 章 予備研究

### 1. 下腿周囲長計測における検者間信頼性について

#### 1) 目的

下腿周囲長計測における検者間信頼性について級内相関係数を用いて検討し、下腿最  
大周囲長および最小周囲長の計測において計測者により誤差が生じるかを明らかにす  
る。

#### 2) 対象

対象となる病院のリハビリテーション部に在籍している理学療法士 7 例および実習生  
3 例の合計 10 例。

#### 3) 方法

2 例の被験者に対して、対象の 10 例がそれぞれ下腿周囲長を計測した。被験者は 30  
代の健常な男性と女性各 1 例とした。それぞれ利き脚である右の下腿最大部位と最小部  
位の周囲長をメジャーで計測した。

#### 4) 解析方法

計測結果から級内相関係数（Intraclass correlation co- efficient : 以下 ICC）算出し  
た。

#### 5) 結果と考察

計測値の誤差はいずれも 0.5cm 以内で、ICC は 0.980 ( $p < 0.01$ ) となっていた。この  
ことから、日常から評価として下腿周囲長を計測している理学療法士はもちろん、実習

性においても同様の結果が得られたことから、計測方法を指導し、何度か練習をすることで正確な計測が出来るものと考ええる。

## 第4章 研究1「地域在住高齢者におけるCAI-身体機能および転倒との関連」

### 1. 研究1-1：横断的研究

#### 1) 目的

介護予防教室に参加した地域在住高齢者において、CAIと身体機能、転倒リスクとの関連について横断的に検討し明らかにする。

#### 2) 対象

2013年、2014年と2015年の3年間に、地域の介護予防教室に参加した165例を対象とした。下腿周囲長の最大、最小のいずれかにおいて1.0cmを超える左右差がある場合は本研究の対象から除外することとした。さらに、下腿周囲長計測時に、明らかな浮腫がある場合にも本研究の対象から除外することとした。

#### 3) 方法

初回教室実施時に体力測定と転倒リスクの調査を実施した。体力測定の項目は、下腿最大周囲長と最小周囲長に加え、握力、膝伸展筋力、開眼片脚立ち、5m歩行とTimed Up and Go Test（以下TUG）を計測した。また、質問紙は、転倒リスク評価票と転倒自己効力感の2つを用いることとした。

#### 4) 解析方法

下腿周囲長は最大値、最小値とも左右の平均を算出し、これを最大値/最小値として比をとりCAIとした。膝伸展筋力に関しては体重との比をとり補正した。計測項目それぞれにおいて、左右の平均値を算出した。そのうえで、男性と女性の2群に分類し、その差をMann-WhitneyのU検定にて解析した。また、CAIおよび最大周囲長と、その他の項目の計測結果との関連をスピアマンの順位相関係数を用いて解析した。さらに、転倒リスク評価票を従属変数とし、転倒リスク評価票と有意な相関が認められた項目を独立変数として重回帰分析を実施した。

#### 5) 結果と考察

対象は7例が除外され、158例（男性17例、女性141例）となっていた。男性と女性の間で有意な差が認められた項目は身長、体重、握力と5m快適歩行の4項目で、いずれも男性が有意に高値となっていた。下腿周囲長に関しては、男性が最大34.8cm、最小21.4cmで女性が最大33.5cm、最小20.3cmと男性が有意に高値であった。また、これらの比をとったCAIについては、男性が1.62、女性が1.64と女性の方が高値となっていたが有意差は認められなかった。

各測定項目において、CAIと有意な相関が認められたのは、年齢（ $\rho=-0.312$ ）、BMI

( $\rho = 0.193$ )、握力 ( $\rho = 0.253$ )、5m 快適歩行 ( $\rho = -0.180$ )、5m 最大歩行 ( $\rho = -0.223$ )、TUG ( $\rho = -0.236$ ) および転倒リスク評価票 ( $\rho = -0.289$ ) となっていた。さらに、最大周囲長と有意な相関が認められた項目は、BMI ( $\rho = 0.729$ ) と握力 ( $\rho = 0.389$ ) のみであった。CAI と最大周囲長の両方と有意な相関が認められた BMI と握力に関して、それぞれ対応のある相関係数の差の検定を行った。その結果、BMI は有意差が認められ、握力は有意差が認められなかった。

転倒リスク評価票と有意な相関が認められた項目は、CAI の他、BMI ( $\rho = 0.211$ )、開眼片足立ち ( $\rho = -0.307$ )、5m 快適歩行 ( $\rho = 0.372$ )、5m 最大歩行 ( $\rho = 0.354$ ) と TUG ( $\rho = 0.368$ ) となっていた。

転倒リスク評価票を従属変数とし、CAI、BMI、開眼片脚立ちと、5m 快適歩行を独立変数として重回帰分析を実施した結果、CAI ( $\beta = -0.326$ )、5m 快適歩行 ( $\beta = 0.234$ ) が独立した因子として抽出された ( $R = 0.501$ )。

以上のことから、CAI は、個体差に左右されず、皮下脂肪の影響も受けにくい状態で、転倒に関する身体機能を反映し、包括的な転倒のリスクの指標となり得る可能性が示唆された。

## 2. 研究 1-2：縦断的研究

### 1) 目的

研究 1-1 で計測した CAI をベースラインとし、6 か月後の身体機能に及ぼす影響および、ベースラインの CAI とその後 1 年間における転倒の有無との関連を明らかにする。

### 2) 対象

研究 1-1 で対象となった対象全例。

### 3) 方法

初回の体力測定から 6 ヶ月経過した時点で再度、同様の体力測定および転倒リスクの評価を行った。また、初回介入時から 1 年経過した時点で、その間に「転倒した」もしくは「転倒しそうになった」、「躓いた」、の有無について質問紙を用いて調査した。

### 4) 解析方法

各項目とも、6 か月間の変化を Wilcoxon の符号付順位和検定を用いて検討した。また、1 年間の転倒の有無により非転倒群、転倒リスク群の 2 群に分類し、ベースラインの各項目の差の検定を行った。さらに、CAI について、転倒リスクの有無における ROC 曲線を作成、Area Under the curve (以下 AUC) を評価し、カットオフ値を算出した。

### 5) 結果と考察

6 ヶ月後に再度、体力測定および転倒リスク調査を実施した対象は 73 例 (男性 5 例、女性 68 例) となっていた。初回測定時と最終測定時で有意差が認められた項目は、下腿最大周囲長、下腿最小周囲長と転倒不安感尺度で、下腿最大周囲長が 34.0cm から 33.8cm へ、下腿最小周囲長が 20.8cm から 20.3cm に有意に変化していた。転倒不安感

尺度については、10.0点から11.0点と有意に点数が高くなっていた。

さらに、初回測定後から1年の間に「躓いた」、「転倒しそう」を含め、転倒が無かったことが確認できた63例を非転倒群、「躓いた」10例、「転倒しそう」8例、さらに、実際の「転倒」6例の合計24例を転倒リスク群とし2群に分類し、各項目における差について検討した。その結果、CAIは、非転倒群が1.65、転倒リスク群が1.63と転倒リスク群のほうが低値となっていたが、有意差は認められなかった。

次に、「躓いた」のみの10例を非転倒群に含め、「転倒」6例と「転倒しそう」8例の計14例を転倒リスク群として解析した。その結果、年齢、開眼片足立ち、5m快適歩行、TUGおよびCAIの5項目で有意差が認められた。年齢は、非転倒群が73.5歳、転倒リスク群が77.0歳で、転倒リスク群において有意に高値となっていた。開眼片足立ちは、非転倒群が36.2秒、転倒リスク群が11.8秒と転倒リスク群で有意に低値となっていた。5m快適歩行は、非転倒群が3.59秒、転倒リスク群が4.08秒、TUGは非転倒群が8.40秒、転倒リスク群が9.42秒と、いずれも転倒リスク群で有意に高値となっていた。CAIについては、非転倒群が1.65、転倒リスク群が1.58と転倒リスク群で有意に低値となっていた。

さらに、実際に転倒した6例のみを転倒群とし、その他を非転倒群としての検討では、下腿最小周囲長、CAIと転倒リスク評価表の3項目で有意差が認められた。下腿最小周囲長は、非転倒群が20.8cm、転倒群が21.6cmと転倒群が有意に高値で、CAIは非転倒群が1.65、転倒群1.56と転倒群で有意に低値となっていた。転倒リスク評価票についても非転倒群が8.0点、転倒群が12.0点と転倒群が有意に高値となっていた。

「転倒」の6例と「転倒しそう」の8例、あわせて14例を転倒リスク群とし、その他を非転倒群としROC曲線を作成したところ、AUCは0.735 (P=0.006)で、CAIの転倒リスクにおけるカットオフ値は、感度が0.8以上となるよう設定したところ、1.57 (感度0.810、特異度0.500)となっていた。さらに、「転倒」の6例のみを転倒群とし、ROC曲線を作成したところ、AUCは0.812 (P=0.013)でカットオフポイントは、1.54で感度が0.889、特異度が0.500となっていた。

これらのことから、CAIが1.57を下回る場合、転倒のリスクが高いと考えられるため、より重点的に介入することが望ましいと考える。

## 第5章 研究2「虚弱高齢者におけるCAI-身体機能および再発との関連」

### 1. 研究2-1：横断的研究

#### 1) 目的

本研究では、入院にて心臓リハビリテーションを実施した高齢者を虚弱高齢者の代表とし、CAIと身体機能との関連を横断的に検討し、明らかにする。

#### 2) 対象

2013年12月～2016年2月までの間に、当院で心臓リハビリテーションを実施した入院患者100例を対象とした。計測時、独歩が困難な対象および、下腿周囲長において

1.0cm を超える左右差がある場合、下腿に著名な浮腫がある場合は本研究の対象から除外することとした。

### 3) 方法

退院可能相当と担当医が判断した段階で体力測定を実施した。項目は、研究 1 で計測したものと同様とした。さらに、最大酸素摂取量と相関があり、運動耐容能の指標として広く用いられている 6 分間歩行試験<sup>44)</sup>も実施した。

### 4) 解析方法

研究 1 同様、男女の差を Mann-Whitney の U 検定にて解析した。そのうえで、CAI および最大周囲長と、その他の項目との関連をスピアマンの順位相関係数を用いて解析した。さらに、6 分間歩行距離を従属変数とし、CAI に加え、6 分間歩行距離と有意な相関が認められた項目を独立変数として重回帰分析を実施した

### 5) 結果と考察

全 100 例中、男性は 79 例、女性は 21 例となっていた。男性と女性の間で有意な差が認められた項目は身長、体重、6 分間歩行距離、握力、膝伸展筋力体重比、5m 最大歩行と下腿最大周囲長で、いずれの項目においても、男性が有意に高値となっていた。下腿最大周囲長と下腿最小周囲長の比をとりインデックス化した CAI は、男性 1.65、女性 1.59 となっていたが、有意差は認められなかった。

各測定項目において、CAI と有意な相関が認められたのは、年齢 ( $\rho = -0.426$ )、BMI ( $\rho = 0.440$ )、6 分間歩行距離 ( $\rho = 0.623$ )、握力 ( $\rho = 0.426$ )、開眼片足立ち ( $\rho = 0.340$ )、5m 快適歩行 ( $\rho = -0.362$ )、5m 最大歩行 ( $\rho = -0.450$ ) および TUG ( $\rho = -0.352$ ) となっていた。さらに、最大周囲長と有意な相関が認められた項目は、年齢 ( $\rho = -0.427$ )、BMI ( $\rho = 0.811$ )、6 分間歩行距離 ( $\rho = 0.413$ )、握力 ( $\rho = 0.455$ )、開眼片足立ち ( $\rho = 0.275$ )、5m 快適歩行 ( $\rho = -0.214$ )、5m 最大歩行 ( $\rho = -0.292$ ) となっていた。また、CAI と最大周囲長それぞれにおいて有意な相関が認められた年齢、BMI、6 分間歩行距離、握力、開眼片足立ち、5m 快適歩行と 5m 最大歩行について、それぞれ対応のある相関係数の差の検定を行った。その結果、BMI、6 分間歩行距離と 5m 最大歩行において相関係数に有意差が認められ、BMI は最大周囲径との相関がより強く、6 分間歩行距離と 5m 最大歩行は CAI との相関がより強い結果となっていた。

6 分間歩行距離を従属変数としての重回帰分析の結果、独立した因子として抽出されたのは、5m 最大歩行 ( $\beta = -0.608$ ) と CAI ( $\beta = 0.274$ ) の 2 項目となっていた ( $R=0.829$ )。なお、独立変数を CAI ではなく最大周囲長とした重回帰分析では、5m 最大歩行 ( $\beta = -0.697$ ) と最大周囲長 ( $\beta = -0.191$ ) が独立した因子として抽出された ( $R=0.814$ )。

これらのことから、CAI は、個体差に左右されず、下腿最大周囲長よりも皮下脂肪の影響も受けにくく、心臓リハビリテーション実施患者において、バランスや運動耐容能など、全身機能を包括的に反映する指標であることが示唆された。

## 2. 研究 2-2 : 縦断的研究

#### 1) 目的

研究 2-1 で計測した CAI をベースラインとし、その後、1 年間における再発の有無との関連について縦断的に検討し、明らかとする。そのうえで、虚弱高齢者における再発の予測に関わる CAI のカットオフポイントを算出する。

#### 2) 対象

研究 2-1 で対象となった症例全例。

#### 3) 方法

初回の CAI 計測時から 1 年後をエンドポイントとし、その間に再発もしくは他の疾患の発症による再入院および死亡（以下イベント）があった場合を再発ありとし、診療録より調査した。予定手術目的および検査目的での再入院は除外した。

#### 4) 解析方法

体力測定実施後 1 年の間にイベントが認められなかった群を再発なし群、認められた群を再発あり群とし 2 群に分類し、ベースラインにおける各項目の差を Mann-Whitney の U 検定にて解析した。そのうえで、イベントの有無により CAI および最大周囲長の ROC 曲線を作成し、AUC を比較、評価し、再発リスクのカットオフ値を算出した。

#### 5) 結果と考察

研究 2-2 における対象のうち、2016 年 3 月 13 日時点で、1 年が経過したのは 70 例で、そのうち 9 例にイベントが認められ再入院をしていた。死亡例は認められなかった。

二群において有意差が認められた項目は 6 分間歩行距離、握力、開眼片足立ち、5m 快適歩行、下腿最大周囲長と CAI の 6 項目であった。6 分間歩行距離は再発なし群が 480.0m、再発あり群が 440.0m、握力は再発なし群が 30.2kg、再発あり群が 25.0kg、開眼片足立ちは、再発なし群が 22.6 秒、再発あり群が 10.0 秒、下腿最大周囲長は再発なし群が 34.8cm、再発あり群が 31.5cm といずれも再発あり群で有意に小さい値となっていた。5m 快適歩行は、再発なし群が 4.38 秒、再発あり群が 5.32 秒と再発あり群で有意に大きな値となっていた。CAI は、再発なし群が 1.66、再発あり群が 1.51 となっており、再発あり群が有意に低値となっていた。その他の項目に有意差は認められなかった。

CAI と下腿最大周囲長において、再発あり群、なし群の 2 群より ROC 曲線を作成した。その結果、AUC が、CAI で 0.882 ( $P < 0.001$ )、最大周囲径で 0.803 ( $P = 0.003$ ) となっていた。また、カットオフ値は、感度が 0.800 以上になるよう設定したところ、CAI は 1.54 で感度 0.881、特異度 0.667、最大周囲長は 32.1cm で感度 0.851、特異度 0.778 となっていた。

これらのことから、心臓リハビリテーション実施後、退院直前の評価で CAI が 1.54 を下回る対象に対しては、退院後、外来での監視型リハビリテーションを継続するなど、より重点的な指導、介入をするべきであると考えられる。

## 第6章 総合考察

今回、個体差に左右されないよう、下腿最大周囲長と下腿最少周囲長の比をとり、CAIとし、①地域在住高齢者の身体機能との関連、②転倒リスクとの関連、③虚弱高齢者の身体機能との関連、④虚弱高齢者の再発リスクとの関連について検討した。

①地域在住高齢者の身体機能との関連として、CAIは年齢、BMI、握力、5m 快適歩行、5m 最大歩行、TUG と有意な相関が認められた。BMI に関しては、下腿最大周囲長より相関係数は有意に小さく、BMI の影響がより小さい指標となっていた。

②転倒リスクとの関連については、包括的な転倒リスクの評価ツールである転倒リスク評価票を従属変数とした検討において、CAIは独立した因子として抽出された。そのうえ、実際の転倒との関連も認められ、1年間における転倒リスクのカットオフ値は、「転倒しそう」を含めると 1.57（感度 0.810、特異度 0.500）であった。これらのことから、CAIは転倒リスクを反映する指標であることが示唆された。

③虚弱高齢者の身体機能との関連に関して、本研究では、心臓リハビリテーション実施患者を虚弱高齢者の代表として検討した。その結果、CAIはBMI、握力、開眼片足立ち、5m 快適歩行、5m 最大歩行、TUG に加え、運動耐容能の指標とされている6分間歩行距離との間に有意な相関が認められた。虚弱高齢者においても、下腿最大周囲長と比較してBMIの影響は小さい指標となっていた。

④虚弱高齢者の再発リスクとの関連については、独立した予後規定因子とされている6分間歩行距離を従属変数としての検討において、CAIは独立した因子として抽出された。また、実際のイベント発症との関連も認められ、1年間における再発リスクのカットオフ値は、1.54（感度 0.881、特異度 0.667）であった。これらのことから、心臓リハビリテーション実施患者におけるCAIは再発リスクを反映する指標であることが示唆された。

## 第7章 結論

CAIは身体機能のほか、転倒リスク、再発リスクの包括的な指標であり、地域在住高齢者においては、CAIが1.57を下回る対象に対しては、転倒予防の介入を積極的に実施する必要がある、心臓リハビリテーション実施患者については、退院時のCAIが1.54を下回っている対象に対して、積極的に再発予防に対する取り組みをするべきであることが示唆された。