

博士論文（要約）

Development of a nutritional monitoring method using  
ultrasonography in the elderly: Measuring temporal muscle thickness  
as an estimate of energy adequacy

（高齢者における超音波検査法を用いた栄養モニタリング法の  
開発：側頭筋厚に基づくエネルギー充足率の推定）

上畑 陽子

## 論文の内容の要旨

論文題目 Development of a nutritional monitoring method using ultrasonography in the elderly:

Measuring temporal muscle thickness as an estimate of energy adequacy.

(高齢者における超音波検査法を用いた栄養モニタリング法の開発:

側頭筋厚に基づくエネルギー充足率の推定)

氏名 上畑 陽子

### 緒言

高齢化に伴い、低栄養に対する在宅栄養管理の充実が求められている。一般に、栄養管理では、栄養介入の効果を評価するため栄養モニタリングを行うことが重要である。栄養モニタリングによりエネルギー摂取量の非充足状態を把握することで、効果の薄い栄養介入内容を見直し、より効果的な栄養介入へ修正することが可能となる。しかし、入院患者で用いられている栄養モニタリング法を認知機能や身体機能の低下した在宅療養高齢者へ応用することは困難である。そこで、低栄養に伴う筋量減少の所見として広く臨床で用いられる側頭筋の厚み（側頭筋厚）を超音波検査法により評価し、栄養モニタリング指標として応用することを考えた。本研究の目的は、次の3つの研究を通して、超音波検査法を用いた側頭部評価による栄養モニタリング指標を確立することである。

研究1 超音波検査法を用いた側頭筋観察方法の開発

研究2 超音波検査法を用いて計測した側頭筋厚の栄養状態の指標としての妥当性および信頼性の検証

研究3 超音波検査法を用いて計測した側頭筋厚による栄養モニタリング指標の確立

### 研究1 超音波検査法を用いた側頭筋観察方法の開発

【目的】本研究では、(1) 側頭筋厚計測に最適な側頭部の評価箇所を決定するため、側頭部の層構造が明瞭に観察でき、側頭部の筋量（体積）を最もよく反映する箇所を特定する。その後、(2) 層構造

を最も明瞭に描出する超音波検査の条件を決定するため、表在組織観察用ゲルパッドの使用の必要性、筋厚計測に最適な機器設定、検査時の対象者の体位を検討する。

【方法】健常成人 10 名において、目的 (1) 評価箇所決定のため、側頭部全体 (10.0×10.0 cm) を 1 cm 間隔で区分けし、対象者 1 名あたり計 40 枚の超音波検査画像を取得し、画像解析ソフト ImageJ を用いて各画像における筋厚を計測した。層構造が明瞭に描出可能で、筋厚が組織体積と最も関連する場所を評価箇所とした。目的 (2) について、ゲルパッド使用時と超音波検査用ゼリーのみ使用時、超音波検査機器の画質調整の 4 設定の間で画像を比較し、層構造を最も明瞭に描出可能な条件を超音波検査士が決定した。また、各体位 (座位、仰臥位、仰臥位で首を 90 度旋回、側臥位) が、側頭筋厚の計測に及ぼす影響を一元配置分散分析と変動係数 (CV) を用いて検討した。

【結果】対象者は平均年齢 31.9 ± 5.2 歳、女性 50%であった。層構造が明瞭に描出可能で、筋量と最も強く関連した箇所は、基準線 (目尻と外耳道上縁を結んだ線) 上の目尻から耳側へ 4.0 cm、頭頂部側へ 2.0 cm の地点であった ( $r = 0.903$ 、 $p < 0.001$ )。層構造が最も明瞭に描出できた条件は、ゼリーのみ使用、機器設定 Nerve Mode であった。筋厚は各体位間で有意に異なり ( $p < 0.001$ )、筋厚の計測の誤差は側臥位で最小となった (CV 2.0%)。

【小括】超音波検査法を用いて側頭部の層構造を明瞭に観察するためには、基準線上の目尻から耳側へ 4.0 cm、頭頂部側へ 2.0 cm の地点を、超音波検査用ゼリーを十分に塗布し、機器を Nerve mode に合わせ、対象者が側臥位の状態で行うことが最適と考えられた。

## 研究 2 超音波検査法を用いた側頭部評価によって計測した側頭筋厚の

### 栄養状態の指標としての妥当性・信頼性の検証

【目的】研究 1 で開発した手法により計測した側頭筋厚を寝たきり高齢者における栄養状態の指標として確立するため、(1) 栄養状態の指標としての妥当性 (基準関連妥当性、弁別妥当性)、(2) 信頼性 (再テスト信頼性、系統誤差、偶然誤差) を検討した。

【方法】寝たきり高齢者を対象とし、妥当性検証のため、側頭筋厚と栄養状態の指標 [タンパク合成能：血清アルブミン、プレアルブミン濃度、体格：Body mass index (BMI)、上腕周囲長 (AC)、下腿周囲

長 (CC)、骨格筋量：上腕筋囲長 (AMC)、体脂肪：上腕皮下脂肪厚 (TSF)、腸骨上部皮下脂肪厚 ]、及びエネルギー摂取量を調べ、ピアソンの相関係数を算出した。信頼性検証のため、評価者 1 名が、超音波検査法を用いた側頭部評価を 1 時間以上の間隔をあけて計 2 回実施した。2 回の測定値から検者内級内相関係数 ICC<sub>(1,1)</sub>、ブランドアルトマン (BA) プロット、CV、測定誤差を算出した。

【結果】妥当性検証の対象 (52 名) は、平均年齢 84.6 ± 7.8 歳、女性 29 名 (55.8%)、BMI 18.9 ± 2.8 kg/m<sup>2</sup>であった。妥当性検証に関し、側頭筋厚と有意な相関を認めたのは、BMI、AC、AMC、CC であった。血清アルブミン、プレアルブミン濃度、TSF、腸骨上部皮下脂肪厚とは有意な相関はなかった。信頼性検証の対象者 (17 名) は、平均年齢 82.5 ± 8.1 歳、女性 8 名 (47.1%) であった。ICC<sub>(1,1)</sub> は 0.99、BA プロットからは加算誤差および比例誤差ともに検出されず、CV は 2.32%であった。

【小括】研究 1 で開発した手法を用いて計測した側頭筋厚は、体格や骨格筋量の指標と有意に関連したことから基準関連妥当性、タンパク合成能の指標および体脂肪の指標とは関連しなかったことから弁別妥当性が示された。また、側頭筋厚計測の高い検者内信頼性も確認された。以上から、側頭筋厚の、栄養状態の指標 (特に骨格筋量の指標) としての可能性が示された。

### 研究 3 超音波検査法を用いて計測した側頭筋厚による栄養モニタリング法の確立

【目的】高齢者では、必要エネルギー量に対する摂取量が 75%未満の場合 (エネルギー非充足)、体重が減少し、身体状況悪化のリスクが増大する。そこで、研究 2 で栄養状態の評価指標としての妥当性および信頼性が示された側頭筋厚の経時的変化を評価することで、エネルギー非充足の検出が可能か検討した。まず、(1) 筋厚変化率とエネルギー充足率との関係を検討し、(2) エネルギー非充足を検出するための筋厚変化率のカットオフ値を決定した。最後に、(3) 年齢、性別、咀嚼状況を調整した上でも、側頭筋厚変化率がエネルギー非充足を検出しうるか否かを検討した。

【方法】寝たきり高齢者を対象として観察期間 4 週間の前向きコホート研究を実施した。過去 4 週間の筋厚変化率とエネルギー充足率を算出した。目的 (1) について、筋厚変化率とエネルギー充足率の相関係数を求めた。目的 (2) は、receiver operating characteristic (ROC) 解析からエネルギー非充足 (充足率 < 75%) を検出するための筋厚変化率のカットオフ値を求めた。目的 (3) は、エネルギ

一非充足の有無を従属変数とした多重ロジスティック回帰分析（独立変数：筋厚変化率、年齢、性別、咀嚼機能）を行った。

【結果】対象者（48名）の平均年齢は $84.4 \pm 7.8$ 歳、女性26名（54.2%）、主な既往歴は脳血管系疾患20名（41.7%）であった。平均エネルギー摂取量 $1099 \pm 294$  kcal/day、充足率 $92.2 \pm 28.1\%$ であった。エネルギー充足率が高いほど、筋厚変化量が有意に大きかった（ $r = 0.733$ 、 $p < 0.001$ ）。エネルギー非充足（充足率 $< 75\%$ ）を検出するための筋厚変化量のカットオフ値は $-3.6\%$ （感度92.9%、特異度76.5%）であった。エネルギー非充足（充足率 $< 50\%$ ）であった対象者が3名だけと限られていたため、ROC解析は行うことができなかったが、この3名全員において0.5 mm以上の著しい筋厚減少を認めた。さらに、筋厚変化率（単位：10%）は、年齢、性別、咀嚼状況を調整した上でも、エネルギー非充足（充足率 $< 75\%$ ）の予測因子であった（adjusted odds ratio 0.281、95% confidential interval 0.125-0.635）。

【小括】過去4週間の筋厚変化率は、エネルギー充足率を反映し、エネルギー非充足を検出するためのカットオフ値が同定された。側頭筋厚変化率の栄養モニタリング指標としての可能性が示された。

## 総括

超音波検査法を用いた側頭部評価により計測した側頭筋厚の栄養状態の指標としての妥当性および信頼性が示された。過去4週間の側頭筋厚変化率の評価によるエネルギー非充足の検出が可能であったことから、側頭筋厚変化率の栄養モニタリング指標としての応用可能性が示された。さらに、近年の携帯型超音波検査機器の高解像度化により、超音波検査機法の栄養モニタリングへ有用性が期待される。以上より、在宅療養高齢者でも、エネルギー非充足である患者の同定が可能となり、より適切な栄養介入の提供へと繋がることから、在宅療養高齢者の低栄養の改善に寄与できると考える。