

主論文の要旨

**Non-invasive volumetric analysis of asymptomatic
hands using a 3-D scanner**

〔 3D スキャナーを用いた健常手の非侵襲的形態計測 〕

名古屋大学大学院医学系研究科 総合医学専攻
運動・形態外科学講座 手の外科学分野

(指導：平田 仁 教授)

新海 宏明

【緒言】

手の腫脹は外傷や疾患により容易に生じる徴候であり、疾患の診断や治療効果判定の目安となる。しかし現状では手の腫脹は主観的な症状の一つであり、迅速、簡便に行える客観的評価法はない。古典的な水を用いた方法は正確さや簡便さに欠けており、CT や MRI といった画像検査も被ばくや費用の面で問題があるため、より有用で正確な評価方法が求められている。そこで現状の検査機器と比較して、迅速、簡便で非侵襲的に体積計測を行える 3D スキャナーに注目した。

本研究の目的は大きく 2 つあり、一つは 3D スキャナーという非侵襲的な装置を用いて新しい手の体積計測法を確立することである。もう一つは、手の体積と年齢、身長、体重、手首周径、中指指尖から手首までの長さ、靴のサイズなど関連しそうな他パラメータとの相関関係を分析することである。

【対象および方法】

3D スキャナーを用いた体積計測法の信頼性を確認するため、アルキメデスの原理に基づいた体積測定法と、3-D スキャナーを用いた体積測定法の結果を比較した。古典的な体積計測法に倣い手を水の中に入れ増加した分の水体積を測定し、続いて 3D スキャナーにて測定した手体積を比較した。対象は実験参加への同意を得た、手に関連する疾患や手術歴の無い健常人 109 名の片手であった。また、3D スキャナーによる体積測定の見者間、見者内信頼性を確認するため、見者 2 名が同じ対象手を 3 回ずつ 5 名測定した。

次に健常人における手の体積を測定し、他パラメータとの相関を調査した。対象は実験参加への同意を得た、手に関連する疾患や手術歴の無い健常人 238 名の両手であった。それぞれ年齢、身長、体重、利き手、靴のサイズを調査し、3D イメージから計測した手の体積、手首周径これを WC と定義し、近位手首皮線から中指先端までの距離これを DDT と定義し測定した。

3D スキャナー[Fig.1]はハンディサイズであり、明滅する光を対象物に当て反射する光を認知し形態を認識するものである。今回の研究では、被験者は座位で肘関節 90° で前腕中間位、手は開いた状態で撮影方法を統一した。静止している手を中心に見者が 360° 周り、形態データを短時間で収集可能であった。スキャナーが形態を認識できない部分もあり、3D イメージは分析のために若干の修正が必要であった。前腕中間位で撮影した生データを近位手首皮線でカットし平面で埋め、認識できなかったイメージ欠損部を周辺の曲率に沿って面を橋渡しし、閉鎖された 3D イメージを作成したのち、手首周径、中指指尖から近位手首皮線までの距離、体積を計算した[Fig.2]。3D イメージの画像処理は全て同一人物が行った。

SPSS を用いて統計処理を行い、対応のある統計量に対して t 検定や、相関解析、重回帰分析を行った。

【結果】

109名の片手における古典的体積計測法と3Dスキャナーによる体積計測法の相関解析結果は、相関係数0.976と強い正の相関を認め[Table1]、3Dスキャナーを用いた体積計測法は従来の計測法に劣らない測定法であった[Fig.3]。また、検者A・Bが健康者5名の片手を対象としてそれぞれ3回スキャンニングし体積を計測したところ、検者内信頼性は検者ABともに0.99、AとBにおける検者間信頼性は0.99と高い信頼性があった[Table2]。

健康人238名(男性87名 女性151名)の基本的データを示した[Table3]。手体積と各種項目の相関について、全項目で左右の有意差は認めなかった[Table4]。手体積とそれぞれの項目についての相関分析を行ったところ、体積と年齢、靴のサイズ、身長との相関は低く、体重、手首周径、DDTとの相関は比較的大きいことがわかった[Fig.4,5]。

以上の結果をもとに、左右差を認めなかったため右手のみの分析に絞り、相関の強かった体重、手首周径、DDTと手の体積における重回帰分析を行ったところ[Table5]、得られた係数を元に手の体積を推定することが可能で、その寄与率は男性0.81、女性0.78であった[Table6]。これは予測された手の体積の約80%が体重、手首周径、DDTから説明できることを示した。

【考察】

3Dスキャナーを用いた手の体積計測は非侵襲的で素早く簡単に行え、かつ古典的方法と比較しても遜色のない正確性と信頼性があるものであり、臨床利用できる可能性がある。

水を利用した体積計測法は実際に行うには手技的に煩雑であり、整った環境でなければ精度に問題が生じ、また特に水に手を浸す行為は外傷手には行いにくい。しかし現状でのgold standardは水を利用した方法であり、今回の研究では標準的な方法での測定値を元に、3Dスキャナーを用いた新しい体積計測法の精度を比較した。本研究ではわずかに3Dスキャナーによる体積計測の精度が低かったが、短時間で測定が可能であり、さらに形態的なデータの蓄積も行え、しかも非侵襲的に測定できることなどのメリットがある。

得られたデータでは、手の体積は左右で有意差を認めなかった。手の体積は体重と手首周径、DDTと強い相関を認め、手の体積を予測する計算式を考案した。計算式による手の体積を正常値とみなし、実測値との差を見ることで手の腫脹を検知できる可能性を考えた。通常は手の体積の正常値として健側手体積を測定すると思われるが、両手が腫脹している疾患などの場合には計算式が有効と考える。予測精度は十分でなく利用方法は限られるため、更なる研究が求められる。

今回行ったサンプルサイズは正常値を定義できるだけ大規模のものではなく、更なるデータ蓄積が望まれる。正常手の体積測定方法として3Dスキャナーを用いる方法は有効であることがわかったが、腫脹や変形のある手についての検証は必要である。

本研究にはいくつかの制限がある。本研究ではより臨床利用が可能となりやすくな

ることを想定して手の体積を遠位手くび皮線を境界線とし計測を行ったが、加齢や肥満、病的な変化で皮線は曖昧になるものであり、骨由来の境界線の方が境界線として正確となる可能性がある。また体積予測式の外的検証は行っておらず、対象は全て日本人で、人種における体格の差などは考慮していない。正常手の体積の分布は広く、また健常といっても本人が自覚しない腫脹などは結果に影響している可能性がある。3D スキャナーによる体積測定は表面解剖によるところが大きく、手の肢位や日内変動、測定法によって誤差が生じえるため完全な定量化は困難と考える。また画像処理についての信頼性は評価していない。

【結語】

3D スキャナーを用いた手の体積測定は、従来法と同等の正確性を有し、簡便に使用できる可能性がある。健常手の体積において、手体積と強く相関するパラメータを明らかにした。