

主 論 文 要 旨

論文提出者氏名：西 由紘

専攻分野：高度臨床医育成コース

指導教授：峯下 昌道

主論文の題目：

Thoracic Motion Analysis Using a TrueDepth Camera in Patients with Relapsing Polychondritis: A Pilot Study

(再発性多発軟骨炎患者における TrueDepth カメラを用いた胸郭運動分析：パイロット研究)

共著者：

Shohei Sato, Hiroshi Handa, Hiroki Nishine, Takemi Matsui, Masamichi Mineshita

緒言

再発性多発軟骨炎 (RP) は、気道を含む軟骨組織の反復性炎症を特徴とする稀な自己免疫疾患である。声門下狭窄や気道軟化症などの気道病変は予後に重大な影響を及ぼす。スパイロメトリーは呼吸機能評価の標準的な方法であるが、重度の気道狭窄や気管切開患者では実施が困難な場合がある。本研究では、iPhone の TrueDepth カメラを用いて胸郭運動をリアルタイムに解析するスマートフォンアプリ

「DepthRecorder」を用いた呼吸機能評価の応用可能性を検討した。

方法・対象

RP 患者 12 名を対象とした。全員に対し、スパイロメトリーと

DepthRecorder アプリケーションによる同時呼吸評価を実施した。胸部運動データは、先行研究によって検証済みの回帰式： $FVC\text{ (mL)}; -3050.49 + 28.69 \times \text{身長 (cm)} + 1.667 \times \text{実測 FVC (mL)}$ 、 $FEV_1\text{ (mL)}; -2109.28 + 17.82 \times \text{身長 (cm)} + 2.180 \times \text{実測 FEV}_1\text{ (mL)}$ を用いて身長で補正した。努力肺活量 (FVC)、1 秒量 (FEV_1)、1 秒率 (FEV_1/FVC) について、DepthRecorder 値とスパイロメトリー値の相関をスピアマンの順位相関係数で解析した。 $p < 0.001$ を有意差ありとした。なお、本研究は聖マリアンナ医科大学生命倫理委員会（承認番号：第 5557 号）の承認を得て行った。

結果

RP 患者 12 名に対し測定を行った。平均年齢は 53.8 ± 13.3 歳、男性 6 例、女性 6 例であった。12 例中 2 例に喘息の既往があり、胸部手術歴のある患者はいなかった。平均身長は $162.3 \pm 10.3\text{cm}$ 、平均体重は $58.3 \pm 12.1\text{kg}$ であった。補正前の DepthRecorder の実測値とスパイロメトリーの値では、 FEV_1 ($\rho = 0.48$, $p = 0.003$) および FEV_1/FVC (%) ($\rho = 0.57$, $p < 0.001$) に対して中等度の相関を示した。FVC の相関は統計的に有意ではなかった。補正済み DepthRecorder FVC (mL) および補正済み DepthRecorder FEV_1 (mL) は、スパイロメトリー測定値である FVC ($\rho = 0.76$, $p < 0.001$)、 FEV_1 ($\rho = 0.72$, $p < 0.001$)、および FEV_1/FVC (%) ($\rho = 0.60$, $p < 0.001$) において有意な相関を示した。

考察

本研究では、RP による気道病変を有する 12 名の患者を対象に、スマートフォン搭載の TrueDepth カメラを用いた胸部運動解析 (DepthRecorder) と肺機能検査値との相関を検討した。その結果、身長で補正後のスパイロメトリーと DepthRecorder での測定値の FVC・

FEV₁で有意な相関が認められ、従来の検査が困難な症例において有用性が示された。

先行研究ではTime of flight (ToF) センサーを用いた呼吸評価が報告されており、本研究のTrueDepth カメラも同様に赤外線による 3D 形状取得技術を活用している。Microsoft Kinect や Intel RealSense などの深度カメラと同様の原理であり、予備実験では体積計算の精度も確認された。

この手法は、在宅医療や遠隔診療、術中評価など、従来のスパイロメトリーが困難な場面での応用が期待される。一方で、測定値は身体動作や衣服の影響を受けやすく、精度向上のための手法改良が必要である。

本研究の Limitation としては、測定変動性、胸郭形状の個人差、サンプルサイズの小ささ、回帰式の汎用性の限界が挙げられた。今後は大規模検証と多変量解析による臨床基準の確立が求められる。

結論

本研究の結果は、RP による気道病変を有する患者において、DepthRecorder がスパイロメトリーとの良好な一致を示すことを明らかにした。本知見は、特に従来型スパイロメトリーが実施不可能な場合において、このスマートフォンベースのツールが非侵襲的呼吸機能評価の有用な代替手段となる可能性がある。方法論の改良、より大規模かつ多様な集団における性能検証、そして確固たる臨床参照基準の確立には、さらなる研究が求められる。