

非接触型バイタルセンシング技術を応用した オンライン嚥下機能診断システムの構築

鹿児島大学病院 発達系歯科センター 小児歯科
講師 佐藤 秀夫

(共同研究者)

鹿児島大学 大学院医歯学総合研究科 小児歯科学分野 助教 山本 祐士
鹿児島大学 大学院医歯学総合研究科 小児歯科学分野 助教 橋口 真紀子

はじめに

超高齢社会において、在宅歯科医療、遠隔歯科医療の技術の進展が待ち望まれており、患者のQOL向上のためには摂食嚥下障害による誤嚥性肺炎の予防が不可欠である。そのため摂食嚥下リハビリテーションにおける、検査・診断技術の進歩と汎用化が必要不可欠である。

現在、検査機器として嚥下内視鏡検査 (VE)、嚥下造影検査 (VF) がゴールドスタンダードとなっている一方で、これらの機器が高額かつ大型であり、診断に熟練を要するなど、全ての摂食嚥下障害者への適用は困難である。また、通院困難な在宅医療対象者、および遠隔地や過疎地への普及はさらに困難である。緊喫の課題としては、コロナウイルス感染拡大防止の目的で、非接触型の検査、診断、治療技術の開発が求められる。臨床的には口唇動作に着目し、体表面を観察評価することで8段階に分類する非侵襲的な方法が確立しており摂食嚥下リハビリテーションに携わる医療従事者は、有効な評価方法として臨床現場で多用しているが、評価者の専門的知識や経験が必要であることから画一的な評価が困難である。そこで、嚥下時における口唇動作の数値化は、嚥下動態の予測が可能となり、低侵襲かつ客観的な評価が可能な嚥下機能評価システムの臨床応用が実現すると考えられる。本研究ではシステムの実現に向け、小型3Dカメラ (Microsoft XBox One Kinect Sensor® (Kinect)) を用いて嚥下時の口唇動作における口角間距離を測定し、VFによる嚥下動態の撮影を同時に行い、同期・解析することで、嚥下量、口角間距離、嚥下時間が与える影響について検討した。対象者は、高齢の成人男性14名 (平均年齢75.8±8.4歳) とした。対象は神経疾患、肺炎、頭頸部の障害、アルコールや薬物の乱用の既往を認めないが、食事中にむせ等を認め嚥下造影検査が必要と判断された者である。試料は40 W/V %硫酸バリウム懸濁液を使用した。量は、5mL、10mL、15mL、20mLの4種類 (SQ) とした。1回目の電子音で試料を取り込み口腔内に保持し、2回目の電子音で試料を嚥下させた。試料が食道を通過した後、測定を終了した。4種類の試料を無作為に嚥下させ、これを3回ずつ繰り返した。図1に3DカメラとVFの同時撮影・同期システムを示す。Kinectから得られるマーカーレス3次元位置情報 (A) および映像とVFで得られる体内嚥下動態映像 (B) を音声情報 (D) に基づいてELAN

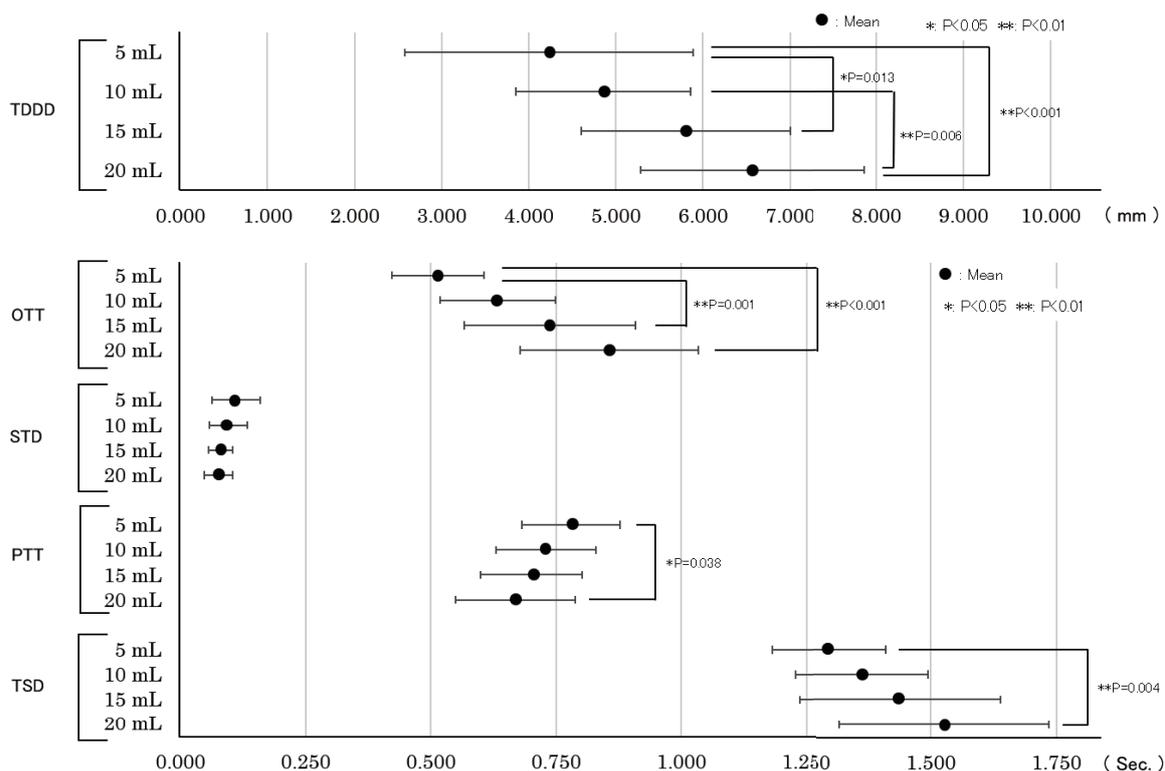


図2 嚥下量・口角間変位量・嚥下時間の多重比較検定

考 察

3DカメラであるKinectのソフトウェアであるFace Trackingは、被験者を認識し、Kinectにて得られた対象の情報や、あらかじめ組み込まれている人体情報から、上半身ならびに顔面の位置関係を予測し、顔面上の特徴点を抽出し測定することができる。同期・解析システムの要素は、Kinectから得られた顔面の体表面情報、VFによる内部嚥下動態、Kinectカメラの映像ならびに電子音である。VFならびにKinectは、30fpsでデータを取得している。ELANは、双方から抽出された電子音に波形を重ね合わせ、Kinectにより記録された時間とFace Trackingデータを一致させることでデータの同期が可能となる。本研究では、嚥下動態をOTT、STD、PTT、TSDの4つの時間に分類した。SQの増加に伴い、TDDD、OTT、TSDの平均値は増加した。TDDDは嚥下時の口唇動作、OTTは口腔期の嚥下動態を示しており、随意運動である。

TSDは口腔期から咽頭通過までの随意運動と不随意運動が混在している。SQと、TDDD、OTT、TSDは有意に差を認めており、2変量間で正の相関関係を認めている。SQの増加は、口腔周囲の筋群をより大きく動かし、bolusを咽頭へ送り込む必要があると考えられた。より大きな筋の動きは、口腔期の嚥下時間の延長に参与する。従って、TDDDの増加やOTT、TSDの延長を認めたと考えられる。一方でSQの増加に伴い、STD、PTTの平均値は減少した。STDは口腔期から咽頭期への移行、PTTは咽頭期の嚥下動態を示しており、不随意運

動である。SQとSTD、PTTは2変量間で負の相関関係を認めている。SQの増加は、咽頭部の嚥下圧を増大させ、咽頭の通過時間を短縮させると考えられた。従ってSTDとPTTの短縮が認められたと考えられる。SQとTDDDは口腔期のbolus timingに関与し、SQは、すべてのbolus timingに関与していることが明らかとなった。すなわち、TDDDとSQから、口腔期の嚥下時間を予測することが可能であることが示唆された。さらに、SQは嚥下時間の予測に有効な指標であることが示唆された。現段階では、嚥下時における口角間距離の変位量の測定にとどまっている。

今後は、両側口角の3次元的位置情報をより詳細に取得し、分析可能となる新たな測定プログラムの開発を目指す。得られたTDDDの経時的な変動と嚥下動態の関連性の解明していく。

嚥下機能評価の指標となり得る、口唇を含めた頭頸部の体表面情報を選択し、検討する。

体表面情報と嚥下動態の関連性の解明を進めていくうえで、年齢、性差、疾患、摂食嚥下機能障害の有無等、さまざまな被験者に測定を実施し、同期・解析する。嚥下機能に問題のない被験者の体表面動作と異常のある被験者の体表面動作を比較し、スクリーニング検査としての応用が考えられる。応用例として、医療機関で本システムによる測定を実施する。その後、在宅での日常的な嚥下時の頭頸部の体表面情報をKinectで測定し、経時的に比較する。

動作の異常や機能的異常を検知することで、早期介入や精密検査の必要性の有無を判断し、適切な介入時期を判断する情報とすることや、不要な被曝ならびに侵襲を防ぐことが可能であると考えられる。将来的には、解析方法の改善やデータの蓄積により、口唇を含めた頭頸部の体表面情報から嚥下動態を予測し、機能評価が可能なシステムの構築を目指していく。

要 約

本研究の目的は、3Dカメラにて口唇動作、Videofluoroscropy (VF) により嚥下動態の情報を取得し、同期・解析することで、関連性を明らかにすることである。3DカメラはMicrosoft Xbox One Kinect Sensor® (Kinect) を採用した。構築したシステムは、Kinectによる口唇動作とVFによる嚥下動態を同時に測定し同期・解析するものである。被験者は、摂食嚥下障害のない高齢男性14名とした。被験者に、試料を嚥下させ、構築したシステムより測定した。

試料は、バリウム混濁液5mL、10mL、15mL、20mLとし、指示嚥下を行った。測定項目は、3次元口角間距離 (TDMD)、嚥下量、OTT、STD、PTT、TSDとした。これらの項目について統計学的検討を行った。嚥下量とTDDD、OTT、STD、PTT、TSDは有意差を認め、2変量間で相関関係も認められた。TDDDとOTTは正の相関関係を認めた。同期・解析システムを構築は、嚥下時の体表面の動作と体内の嚥下動態の同時記録を可能にした。統計学的検討の結果、嚥下量はTDMD、OTT、STD、PTT、TSD、に影響を及ぼし、TDDDからOTTの予測は可能であることが示唆された。システムや解析方法の改善は、さらに精度や

再現性の高い測定条件の実現や口唇動作を含めた頭頸部の体表面動作から嚥下動態の予測を可能にすると考えられる。

文 献

1. Yamamoto Y, Sato H, Kanada H, Iwashita Y, Hashiguchi M, Yamasaki Y: Relationship between lip motion detected with a compact 3D camera and swallowing dynamics during bolus flow swallowing in Japanese elderly men, *Journal of Oral Rehabilitation*, 47 (4) , p449-459, 2020.
2. 山本祐士, 佐藤秀夫, 金田尚子, 岩下洋一郎, 伴 祐輔, 橋口真紀子, 山崎要一: 小型3Dカメラと嚥下造影検査を応用した口唇動作および嚥下時間の関連性の解明, *日摂食嚥下リハ会誌*, 24 (3) ,1-13, 2020.