

論 文 要 旨

Relationship between lip motion detected with a compact 3D camera and swallowing dynamics during bolus flow swallowing in Japanese elderly men

日本人高齢男性の一回嚥下時における口唇動作と嚥下動態の関係
－ 小型 3 D カメラの応用 －

山 本 祐 士

【 序論および目的 】

本邦における近年の高齢化率は 27.7%であり、超高齢社会に突入した。2016 年の死因の第 3 位に肺炎が挙がっており、摂食嚥下機能の低下により惹起される誤嚥性肺炎は、致命的な病状を呈する危険性もあることから、摂食嚥下機能の維持は超高齢社会における喫緊の課題である。このため、機能低下に対する適切な評価や、介入による栄養状態や嚥下機能の維持、安全な経口摂取による食事は、QOL の向上ならびに維持に必要なかつ不可欠である。

摂食嚥下機能評価方法のゴールドスタンダードとして、嚥下造影検査(VF)ならびに嚥下内視鏡検査が挙げられるが、高価であり、在宅や遠隔地での使用が困難で専門的技術を要する等の問題点がある。また、口唇動作に着目した機能評価方法も存在するが、評価者の主観に依存することから、客観的指標による評価が必要である。しかしながら、摂食嚥下機能に関連する研究においては、頭頸部の体表面動作や嚥下動態に関する報告は見られるものの、これらの関連性を明らかにした報告は現時点では存在しない。

本研究は、小型 3 D カメラにより頭頸部の体表面動作と VF による嚥下動態を同時に撮影して、同期・解析システムを構築し、口唇動作と嚥下動態の関連性について解明することを目的とした。

【 対象および方法 】

小型 3 D カメラは、Microsoft Xbox One Kinect Sensor® (Kinect) を採用し、公開されている開発用ソフトウェア Kinect for Windows SDK v2.0 を参考に、顔面形状をマーカーレスで認識するアプリケーション(Face Tracking)を用いた。Face Tracking にて対象の両側口角の 3 次元的な位置情報を取得し、口角間距離の記録が可能なプログラムを作製した。

被験者を対象とした測定を実施するにあたり、剛体基準による Kinect の測定精度と再現性を検証するため、商用マネキンを使用して Face Tracking により両側口角を認識させ、この口角間距離を分析することで最も適切な測定条件を決定した。Kinect から得られた口角間距離を測定値、デジタルノギスで測定した口角間距離を実測値とし、測定値と実測値の差を誤差とした。商用マネキンを水平方向に回転させた際の測定値の平均、標準偏差、誤差の平均を求め、Kinect の測定精度と再現性を検討した。

Kinect と VF による同時測定は、改訂版水飲みテストでは異常は認められないが、軽いムセ等があり、精査が必要と判断された高齢男性（平均年齢 75.8±8.4 歳）を被験者とした。バリウム混濁液を試料とし、嚥下量(SQ)は 5 mL、10 mL、15 mL、20 mL に設定した。被験者に対し、これら 4 種類の試料をランダムに指示嚥下させ、合計 3 セット実施した。Kinect による口角間距離変位量 (TDDD) と、VF による嚥下動態から、口腔期嚥下時間(OTT)、口腔咽頭移行期嚥下時間(STD)、咽頭期嚥下時間(PTT)ならびに総嚥下時間(TSD)を分析した。得られたデータをビデオ音声同期ソフト ELAN にて同期・解析した。被験者内における変位量と嚥下時間のばらつきの有無を反復測定一元配置分散分析にて、嚥下量の違いによる変位量と嚥下時間のばらつきの有無を反復測定多変量分散分析ならびに多重比較検定にて統計学的に検討した。さらに、SQ、TDDD、OTT、STD、PTT、TSD の各項目に関して、Pearson の積率相関係数から相互の関連性を分析した。

【結果】

測定精度と再現性に関して、測定距離 120cm、回転角度 10° の場合、測定値の平均は 47.71mm、標準偏差は±0.52mm、誤差の平均値は 0.47mm を示し、最も適切な測定条件であった。

Kinect と VF の同時測定に関して、反復測定一元配置分散分析の結果、全ての項目において有意な差を認められなかった。また、反復測定多変量分散分析ならびに多重比較検定の結果、SQ と TDDD は 5 mL と 15 mL、5 mL と 20 mL、10 mL と 20 mL に、SQ と OTT は 5 mL と 15 mL、5 mL と 20 mL に、SQ と TSD は 10 mL と 20 mL に有意差を認めた。一方で、SQ と STD ならびに PTT は有意な差は認められなかった。Pearson の積率相関係数は、SQ は全項目に相関関係を認めた。TDDD は OTT と PTT、OTT は PTT と TSD、STD は PTT、PTT は TSD に相関関係を認めた。

【考察】

小型 3 D カメラに Kinect を採用し、測定機器としての使用を検討した。剛体基準による検証結果から、測定精度は 0.47mm、再現性は 0.52mm となることが明らかとなり、被験者を対象とした測定が可能であることが示された。

本研究にて構築されたシステムは、3 D カメラの小型化ならびに高性能化により、口唇動作と嚥下動態の同時測定が可能となることで実現した。各被験者内における口唇動作と嚥下時間のばらつきに関して有意差を認めなかったことから、再現性は高いと判断した。SQ の増加により、TDDD、OTT と TSD に有意差ならびに正の相関関係を認めた。SQ の増減は口唇動作と口腔期嚥下に影響を及ぼすことが示唆された。TDDD、OTT と TSD は随意運動を含み、口腔周囲筋が口角間距離や咽頭への送り込みに関与していると考えられた。さらに、TDDD と OTT にも正の相関関係が認められ、口唇動作が口腔期の嚥下動態に関与することが示唆された。一方で、SQ の増加により STD と PTT の平均値は減少し、負の相関関係を認めた。STD と PTT は咽頭期嚥下に関与しており、SQ の増加は咽頭嚥下圧を増加させ、咽頭通過時間を短縮させると考えられた。また、TDDD と PTT も負の相関関係を示し、口唇が咽頭への嚥下圧を高め、咽頭通過時間を減少させると考えられた。

以上の結果より、SQ は嚥下時間の推定に有効な指標であり、口唇動作を含めた口腔周囲筋の動作は、口腔期嚥下に関与することが示唆された。

今後の展望として、嚥下に関与する体表面動作ならびに嚥下動態の詳細な解析による関連性の解明を進め、摂食嚥下機能を客観的に評価できる臨床応用可能なデバイスの開発を目指す。

