

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 3 日現在

機関番号：13101

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2013

課題番号：22592145

研究課題名(和文)在宅高齢者に対するピエゾセンサーを用いた遠隔嚥下機能評価訓練システムの開発

研究課題名(英文)Development of the remote swallowing function evaluation training system with a piezo sensor for the home-bound elderly patient

研究代表者

櫻井 直樹 (Sakurai, Naoki)

新潟大学・医歯学系・助教

研究者番号：50251830

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,000,000円、(間接経費) 900,000円

研究成果の概要(和文)：咽頭期嚥下の観察にVF検査は有用であるが、被曝や造影剤誤嚥の危険、装置が高価なため臨床応用に制限がある。我々は、非侵襲的にかつ簡便に嚥下機能を評価する方法として、PPTを頸部に貼付して嚥下運動を解析する方法を考案した。この結果から、在宅患者用の小型でピエゾセンサーを用いた嚥下機能評価訓練装置を試作し、正常者の嚥下機能が評価可能か検討した。試作機を用いたRSSTでの嚥下運動の検出率は91.5(%)であり、ピエゾセンサーの湾曲による電圧値によって、嚥下機能の評価ができる可能性が示された。在宅患者に対するインターネットを用いた遠隔医療の基礎実験も行った。顎機能と体幹の動きについても関連を研究した。

研究成果の概要(英文)：There is a limitation in the clinical application because the danger of the exposure and the contrast medium aspiration and devices are expensive though the VF inspection is useful for the observation of the pharyngeal phase swallowing. We designed the method of sticking PPT on the cervix as a method of evaluating the swallowing function noncritical and handily and analyzing the deglutition movement. A small swallowing function evaluation training device with a piezo sensor for the home-bound patient was developed as a prototype by using past study results. Whether normal person's swallowing function was able to be evaluated by using this prototype was examined. The detection rate of the swallowing in RSST by the prototype was 91.5(%), and the possibility that the swallowing function was able to be evaluated was shown by the voltage value by the curve of the piezo sensor. The fundamental study on the telemedicine via the Internet to temporomandibular disorders patient was done.

研究分野：補綴理工系

科研費の分科・細目：補綴理工系

キーワード：嚥下機能 嚥下障害 遠隔医療 ピエゾフィルム ピエゾセンサー 在宅高齢者 在宅患者 VF

1. 研究開始当初の背景

在宅の嚥下障害患者が急増している我が国において、嚥下造影検査に変わる非侵襲で簡便な嚥下機能評価法の確立は喫緊の課題である。これまで非侵襲的な嚥下機能評価方法として喉頭運動測定器、超音波断層装置、筋電図、嚥下音が用いられてきたが、検査および解析方法が複雑なため、いまだ臨床応用には及んでいない。我々はチェアサイド・ベッドサイドで行える咀嚼・嚥下機能評価法を開発してきた。咀嚼機能評価法として科研費(平成 16-18 年度 課題番号:16591939)を受けて、チェアサイドで行える簡単な咀嚼機能評価法として煎餅を用いた方法を考案し、被検食品に選んだ煎餅が食塊形成能の評価に適していることを報告した(本間、櫻井ら;顎機能誌 2004,補綴誌 2006)。また、ベッドサイドで行える嚥下機能評価方法として頸部にピエゾセンサーを貼付して嚥下機能を評価する方法を考案し、科研費(平成 16-18 年度 課題番号:16591939)を用いて、その有用性とピエゾセンサーで得られた波形は同じ条件の嚥下反射で再現性が高く、X線嚥下造影との同時測定によって嚥下咽頭期の食塊移動時間を正確に計測できることを示した(A. Toyosato 2007)。舌骨の運動は、咽頭期の嚥下動態が深く関連していることが報告されている(Palmer 2002)。我々は、ピエゾセンサーデータ測定装置に改良を加え、嚥下時の頸部の動きを高精度に感知することで舌骨の動きに対応した波形解析できる可能性を見出してきた。

また、遠隔医療の基礎研究として、歯科開業医が大学病院の専門医に臨床の疑問について相談できる専用のホームページを開発し、試験運用してきた。この技術を応用して在宅患者の遠隔診断についても行う計画である。

2. 研究の目的

高齢者では在宅の嚥下障害患者が増加している。ゴールドスタンダードとされるX線嚥下造影検査はX線被曝があり、装置は高価であるため検査機関が限定される。そこで非侵襲で簡便なピエゾセンサーを用いた小型嚥下機能評価訓練装置とインターネット技術を組み合わせて在宅嚥下障害患者の嚥下機能評価訓練システム開発を目的としている。ピエゾセンサーとVF、筋電図で測定し、嚥下運動の分析、嚥下診断基準決定後にピエゾセンサー装置とIPTV電話で遠隔医療支援システムを確立したい。完成すれば、在宅や老人保健施設等の軽度嚥下障害患者に対し嚥下評価や訓練に安全かつ簡便に用いることが可能になる。

3. 研究の方法

(1) ピエゾセンサーによる嚥下生理機能の分析と診断基準の作成と試作機の試作・実験
ピエゾセンサーによる嚥下生理機能の分析と診断基準の作成

嚥下機能に異常のない健常成人 50 名を対象に頸部に貼付したピエゾセンサーを用いた測定と舌骨上筋群の筋電図から正常嚥下の標準値を作成する。嚥下誘発には、嚥下障害者の誤嚥の危険性や嚥下リハビリテーションの効果判定を考慮し、標準値作成は、5ml バリウム水 3 回指示嚥下で行い、得られた波形から嚥下パターンの解析と潜時を計測。生体電気信号記録用の PowerLab システムを使用。

具体的には VF 所見から舌骨運動を、嚥下開始時の安静位から後上方へ移動(S1)、これに続く前上方への急速な移動(S2)、安静位へ戻る移動(S3)と3相に区分し、各相の時間を測定した。ピエゾセンサー波形では、波出現から第1陰性波終了まで(S1P)、そこから最終陽性波開始まで(S2P)、そこから波が基線に戻るまで(S3P)の3相に区分し、その潜時を測定した。

嚥下機能評価訓練装置の試作と実験

)嚥下機能評価訓練装置の試作

我々は、非侵襲的にかつ簡便に嚥下機能を評価する方法として、Piezoelectric Pulse Transducer(以下PPT)を頸部に貼付して同部の動きを電気信号として出力し、咽頭期の嚥下運動を解析する方法を考案した。PPT から出力された電圧とVF画像とを同時比較して、PPTの嚥下機能評価についてその有用性を報告してきた。本開発研究では、PPTのセンサー部分がセンサー状になったピエゾセンサー(東京センサー社)を使用した。ピエゾセンサーとは柔軟性のある圧電素子の一種である。ピエゾセンサーの嚥下機能評価についても報告があり、我々は嚥下時にPPTとピエゾセンサーは近似した電圧波形が記録できることを報告した。以上の先行研究の結果から、在宅の患者自身での使用を考慮し、小型でピエゾセンサーを用いた嚥下機能評価訓練装置を試作した。

)試作機での嚥下機能評価実験

正常者の嚥下機能がこの試作機で評価可能か検討した。被験者は、顎口腔機能に異常を認めず、嚥下困難感がなく、正常嚥下可能な健康成人(男性5名)。試作機を使用して反復唾液嚥下試験(RSST)を30秒間の行い、被験者の嚥下運動に対する自覚回数と試作機に表示された嚥下回数的一致率を検討した。

(2) インターネット環境による遠隔医療の基礎的研究

歯科領域での遠隔医療支援システムとしてIPTV電話の応用に関する基礎的研究を行った。遠隔医療システムの基礎的研究は顎関節症患者を対象にしたシステムから開

発を試みた。

予備実験

新潟大学医歯学総合病院顎関節治療部を受診した顎関節症患者 12 名を対象として、顎関節雑音検査用マイクの性能を確認した。最初に患側顎関節雑音を聴診器にて聴診し記録した。次に、顎関節雑音用マイクを用いて患側顎関節の顎関節雑音を記録し、その音データから雑音無し、クリック、クレピタスを判断し、最初に行なった聴診の記録と比較した。

遠隔診断支援の実証実験

IPTV 電話を用いた遠隔診断支援の実証実験を行なった。IPTV 電話として Skype を用いた。Skype は無料の IP 電話ソフトでサーバーを利用しない peer to peer 型通信である。対象患者は 20 歳の女性顎関節症患者 (a 型) である。IPTV 電話を介してテレメンタリング、関節雑音と開閉口運動の確認、および記録が可能であるか実証実験を行なった。

4. 研究成果

(1) ピエゾセンサーによる嚥下生理機能の分析と診断基準の作成と試作機の試作・実験

ピエゾセンサーによる嚥下生理機能の分析と診断基準の作成

VF から計測された S1-S3 時間、ピエゾセンサーから計測された S1P-S3P 時間ともに同一被検者内の高い再現性が確認された。VF からの所見とピエゾセンサーからの所見を比較した結果、S1 と S1P 時間、S2 と S2P 時間の間には有意な正の相関を認められたが、S3 と S3P 間については有意な相関は認められなかった。嚥下運動に重要と考えられる S1、S2 時間については、ピエゾセンサーによる予測値によって推察できる可能性が示唆された。同法を用いた嚥下機能評価は非侵襲的にベッドサイドで行える嚥下機能評価法として応用できる可能性が見出された。

嚥下機能評価訓練装置の試作と実験

ピエゾセンサーから出力される電圧値によって嚥下運動を診断する嚥下機能評価訓練装置を試作し、特許出願した。この嚥下機能評価訓練装置を用いた RSST での嚥下運動の検出率は 91.5(%)であった。よって本試作機では、ピエゾセンサーの湾曲の大きさから出力される電圧値によって、嚥下機能の評価ができる可能性が示された。しかし、本装置では電圧値のみの評価だけで、電圧波形を表示するには、別に分析装置や分析ソフトが必要になる。今後、試作機に波形分析機能も組み込むことができれば、より正確な嚥下評価に繋がると予想される。また、一部の被験者では嚥下診断できなかったが、どのような被験者が嚥下診断できなにかについても

その因子分析についても今後の課題である。

(2) インターネット環境による遠隔医療の基礎的研究

予備実験

予備実験において顎関節雑音用マイクにて録音した関節雑音は鑑別可能であり、直接聴診した結果との一致率は 83.3%と高く、クリックとクレピタスを確認することは可能であった。

遠隔診断支援の実証実験

IPTV 電話を用いた顎関節症患者に対する遠隔診断支援の実証実験では、テレメンタリングは可能であった。関節雑音について遠隔診断および波形分析は可能であった。IPTV 電話動画の録画面画については通話時の画面と比較すると画質の劣化はみられるが、およその開口量を判断することは可能であった。以上より、本研究で開発した遠隔診断法による動画、音声および関節雑音の記録レベルは、臨床応用可能であると考えられる。顎関節症の主症状である疼痛、関節雑音、開口障害について、疼痛の問診を加えれば、いずれも IPTV 電話を通して遠隔診断は可能であった。ブロードバンド回線経由であれば、このシステムは顎関節症診察に対しては実用レベルにあると考えられる。

今後、この遠隔診断支援システムを嚥下検査に応用することは可能であると予想している。具体的には、ピエゾセンサーと Web カメラを用いて、低コストの在宅患者嚥下機能スクリーニング診断システムの開発を計画している。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 3 件)

金城 篤史, 河野 正司, 昆 はるか, 佐藤直子, 甲斐 朝子, 小林 博, 櫻井 直樹, 野村 修一, タッピング運動時における下顎運動量と体幹運動量との関連 日本顎口腔機能学会雑誌 18 巻 2 号 Page115-12 2012 (査読有り)

Yamashita-Mikami E, Tanaka M, Sakurai N, Arai Y, Matsuo A, Ohshima H, Nomura S, and Ejiri S 21.: Correlations between alveolar bone microstructure and bone turnover markers in pre- and post-menopausal women Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol.2013 Apr;115(4):e12-9.doi:10.1016/j.oooo.2011.10.028. Epub 2012 Jun 17.

(査読有り)

Kon H, Sakurai N, Tanaka M, Kobayashi H, Sato N, Makita S, Yoshida R, Kai A, Nomura S :Sequential analysis of head movement during mandibular open-close movements in TMD patients with disc displacement with reduction Cranio. 2012 Oct;30(4):272-9 (査読有り)

〔学会発表〕(計 14 件)

A. KINJOH, S. KOHNO, S. NOMURA, H. KOBAYASHI, N. SAKURAI, N. SATO, H. KON, A. KAI, and K. ITO,
The Effect of Basic Mandibular Movement on the Head and Trunk
IADR Helsinki, Finland, September 12 -15, Program book p39.2012.

曾川裕一郎,木村慎二,張替徹,豊里 晃,
櫻井直樹
ピエゾセンサーを用いた非侵襲的嚥下機能評価法
第 17 回・18 回共催日本摂食・嚥下リハビリテーション学会学術大会,札幌市,2012. 8. 31,9.1 プログラム・抄録集 p.278. 2012.

佐藤直子, 野村修一, 昆はるか, 櫻井直樹, 葎原明弘, 宮崎秀夫, 河野正司
縦断調査からみた地域高齢者の歯列欠損形態と咀嚼能力の経年変化
日本補綴歯科学会第 121 回学術大会 横浜市, 2012. 5. 26 プログラム・抄録集 p.255, 2012

櫻井直樹, 野村修一, 小林 博, 昆はるか, 田中みか子, 佐藤直子, 敦井智賀子, 伊藤恭輔, 山鹿義郎, 井上 誠
ピエゾフィルムを応用した嚥下機能評価訓練装置の試作
日本補綴歯科学会第 121 回学術大会 横浜市, 2012. 5. 26 プログラム・抄録集 p.262, 2012.

昆はるか, 小林 博, 佐藤直子, 吉田留巳, 金城篤史, 櫻井直樹, 野村修一
モーションキャプチャーシステムを用いた食物取り込み運動の解析
日本顎口腔機能学会第 48 回学術大会, 塩尻市, 2012.04.22 プログラム・抄録集: p38-39. 2012.

昆はるか, 佐藤直子, 金田 恒, 山田一穂, 櫻井直樹, 田中みか子, 小林 博, 野村修一
義歯外形に対する評価と義歯装着者の主観的満足度との関係について
第 22 回日本老年歯科医学会総会・学術大会 東京, 2011.06.15-17 プログラム・抄録集 p151.2011.

佐藤直子, 野村修一, 昆はるか, 櫻井直樹, 河野正司, 葎原明弘, 宮崎秀夫

縦断調査から見た歯列欠損形態と咀嚼能力の経年変化
第 22 回日本老年歯科医学会総会・学術大会 東京 2011.06.15-17 プログラム・抄録集 P152.2011.

Kon H, Sakurai N, Makita S, Yoshida R. Nomura S
Onset of head movement during mandibular movements in TMD
IADR General Session March 16-20, 2011 San Diego (USA) P207 2011.

Sakurai N, Nomura S, Kon H, Satoh N, Kobayashi H, Tanaka M, Miyazaki H, Yoshihara A
Signs and Symptoms of TMD in Community-dwelling 80-year old subjects.
IADR General Session March 16-20, 2011 San Diego (USA) P169.2011.

櫻井直樹, 昆はるか, 高木律男, 池田順行, 安島久雄, 高田佳之, 西山秀昌, 荒井良明
遠隔診断用関節雑音録音システムと電子聴診器の比較 第 23 回日本顎関節学会総会・学術大会, 東京, 2010 年 7 月 25 日, 日顎誌 . 22 : p94. 2010 .

佐藤直子, 野村修一, 昆はるか, 櫻井直樹, 河野正司, 葎原明弘, 宮崎秀夫
縦断調査から見た地域高齢者の咀嚼能力
日本老年歯科医学会第 21 回学術大会, 新潟, 2010 年 6 月 25 日, 日本老年歯学雑誌 . P107.2010 .

昆はるか, 櫻井直樹, 佐藤直子, 野村修一, 小林 博, 河野正司, 山田一穂
自立高齢者における欠損放置者の特徴について 日本老年歯科医学会第 21 回学術大会, 新潟, 2010 年 6 月 25 日, 日本老年歯学雑誌 . P71. 2010.

昆はるか, 櫻井直樹, 佐藤直子, 野村修一, 小林 博, 金子敦郎, 河野正司, 山田一穂
高齢者の欠損放置に影響する要因. 日本補綴歯科学会第 119 回学術大会, 東京, 2010.06.12. プログラム・抄録集 p75. 2010.

櫻井直樹, 野村修一, 小林 博, 昆はるか, 山下絵美, 伊藤恭輔, 田口裕哉, 荒井良明
IPTV 電話の遠隔歯科医療への応用に関する実証的研究. 日本補綴歯科学会第 119 回学術大会, 東京, 2010.06.13. プログラム・抄録集 p116. 2010.

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況 (計 1 件)

名称：嚥下機能評価訓練装置
発明者：櫻井直樹，野村修一，豊里 晃
権利者：新潟大学
種類：特許
番号：特願 2011-084024 号
出願年月日：平成 23 年 4 月 5 日
国内外の別： 国内

取得状況（計 0 件）

〔その他〕
ホームページ等

6 . 研究組織

(1)研究代表者

櫻井 直樹 (SAKARAI NAOKI)
新潟大学・医歯学系・助教
研究者番号：50251830

(2)研究分担者

野村 修一 (NOMURA SHUICHI)
新潟大学・医歯学系・教授
研究者番号：40018859

井上 誠 (INOUE MAKOTO)
新潟大学・医歯学系・教授
研究者番号：00303131

堀 潤一 (HORI JYUNICHI)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号：80209262

(3)連携研究者

小林 博 (KOBAYSHI HIROSHI)
新潟大学・医歯学系・准教授
研究者番号：00225533

昆 はるか (KON HARUKA)
新潟大学・医歯学総合病院・助教
研究者番号：1310162828