

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：32710

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2016～2017

課題番号：16K15807

研究課題名(和文)ワイヤレス型カプセル式超小型カメラを用いた咀嚼機能の動的実態精察

研究課題名(英文)Dynamic observation of chewing function using subminiature camera

研究代表者

大久保 力廣(OHKUBO, CHIKAHIRO)

鶴見大学・歯学部・教授

研究者番号：10223760

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,600,000円

研究成果の概要(和文)：咀嚼における摂食から嚥下までの食品移送や粉碎等を動的に観察することを目的とし、固有口腔側からは、先端可動式内視鏡カメラ(3R - MFXS55 . Anyty . スリーアールソリューション)を、咬合面側からはワイヤレス型カプセル式超小型カメラ(MAJ - 2028, Endocapsule, Olympus)を用いて動態観察を行った。咬合器に設置した上下顎全部床義歯に食品を介在させて咬合器の開閉により咀嚼運動を想定し、咀嚼時の咬断状況や食物粉碎や咬断状況を観察した。

また、被験者1名(55歳、男性)に対して、内視鏡カメラ先端を左側大白歯部に設置し、各種食品の咀嚼時の動態観察を行った。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study was to observe the food transfer and crush from eating to swallowing during mastication. Dynamic observation was performed using an endoscope camera with the point mobile for inside view and using a wireless capsule subminiature camera (MAJ-2028, Endocapsule, Olympus) for the occlusal view. Masticatory movements were simulated by opening and closing movements of the articulator by setting the foods on the artificial teeth of the maxillary and mandibular complete dentures. Using this new system, the phases of cutting, biting, and crushing the foods could be dynamically observed during mastication.

In addition, dynamic observation of the masticatory phases was achieved in the patient (Male, 55 yo) using the endoscope camera with the point mobile on the left molar.

研究分野：歯科補綴学

キーワード：咀嚼機能 全部床義歯 ブリッジ 超小型カメラ 機能的動態 咀嚼の実態 動態観察

1. 研究開始当初の背景

これまで科学研究費(基盤 B, C)の助成により人工舌の研究開発(特許 5514096 号)を行い、咀嚼運動中の舌容量や舌形態を分析し、口腔内組織の機能的動態について検討を加え(*Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod*, 2011), X 線, MRI, ケーブル付き内視鏡等を利用して実態観察してきた(図 1, 2)。しかしながら、舌や頬による食物の移送や食塊形成の実態を直接観察することは不可能であった。そこで本研究では、カプセル式超小型カメラを用いて摂食から嚥下までの咀嚼機能の全過程を動的に観察、分析することを試みた。

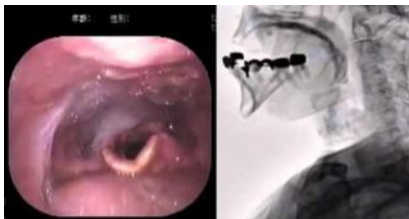


図 1 内視鏡と X 線による観察

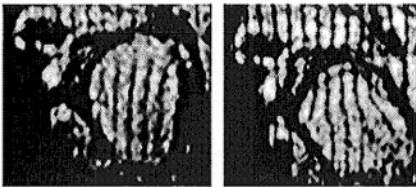


図 2 舌運動の MR タグ解析

本研究により、咀嚼時の口腔諸組織の機能的動態が明らかになるとともに、食塊の大きさや硬度の相違による一回の噛み込みの深さや食塊の変形量、粘度の変化等を正確に観察でき、咀嚼メカニズムのより詳細な把握につながることを期待される。さらに、人工歯排列や咬合様式の選択に有益な参考情報が得られるだけでなく、動的観察結果を咀嚼能率と合わせて分析することにより、口腔機能が減退した高齢者に対しても最適な食品性状や形状を提案できる。総じて、咀嚼の実態を新たに解明する糸口となりうる可能性が高いと推察される。

また、「咀嚼」を運動生理学的に解明するため、咀嚼力、咀嚼能率、咀嚼回数、咀嚼筋活動量、咀嚼運動パターン等、多数の研究が行われているが、今日においても咀嚼中の頬粘膜による食物の移送、固有口腔内における舌の動きや咬合面上における粉碎、すり潰された食塊の変化に関しては、実際には全く観察されていない。咀嚼の実態、すなわち咬合面上への食物の移送から嚥下までの食物の形状変化や咬合面との粘着状態を動的に捉えることは極めて重要と考えられる。

2007 年、「原因不明の消化管出血の精査」用にカプセル内視鏡と呼ばれるワイヤレス型カプセル式超小型カメラ(図 3)が開発されて保険適用となり、検診医学の分野で幅広く普及している。このカプセル内視鏡はフレ

ームレート調整機能を搭載し、視野角が 156 度を有し、最小検出対象 0.07mm であり、十分な安全性が保証されている。口腔内はまさに消化管の入り口であり、本カメラを使用して咀嚼を精査することは目的に合致した画期的観察法といえる。義歯やブリッジに取り付けることにより、固有口腔内における咀嚼の実態を既往の研究とは全く別の観点から検証できる可能性があるかと推察された。



図 3 超小型 CCD カメラを備えたカプセル式内視鏡

これまで咀嚼能率の客観的検査法として、以下の方法が実施されていた。

(1) 咀嚼試料を用いて直接判定する方法

篩分法、咀嚼試料の内容物からの排出量から判定する方法、咀嚼試料の穿孔状態から判定する方法、咀嚼能率判定表等である。

(2) 咀嚼に関与するほかの要素により間接的に測定する方法

咀嚼時の下顎運動、筋活動、咬合接触状態、咬合力等である。

しかしながら、高齢者や要介護者は摂取可能食品が限定されており、これらの検査法を適用するには限界がある。また、咀嚼の実態を正確に把握するためには直接的な観察が不可欠であるため、X 線、MRI、嚥下内視鏡等になる検査方法としてワイヤレス型カプセル式超小型カメラを用いることを試みることにした。本法は咬合面、頬側、舌側の各方向から「咀嚼」を動的に観察できる点がきわめて斬新であり、カプセル式超小型カメラを補綴装置に埋入設置するという方法はまったく新しい着想である。本研究により、これまで間接的に推定していた咀嚼の実態を動的に検証することが可能となり、高齢者や要介護者に対する、義歯治療や摂取食品の形状や性状の選定にも有益な参考データとなりうる。

2. 研究の目的

これまで咀嚼に関しては幾多の研究が行われ、機能的、運動生理学的な分析は行われてきたが、摂食から嚥下まで食物の移送や粉碎を歯冠側から動的に観察した報告は全くない。

そこで、本研究は小腸内の様子を外部モニターで観察するために開発されたワイヤレス型カプセル式超小型カメラや先端可動式内視鏡を用いて補綴装置に設置することにより、歯冠側から頬や舌による食物移送や食

品の咬断（切断），粉碎，すり潰し，混合，練和に伴う食品の形状，性状変化を直接観察することを目的とし，実際に無歯顎および有歯顎被験者における口腔内組織の機能的動態や食品の形状，性状変化を動的に精察記録し，固有口腔内における咀嚼の実態を新たな視点から解明することを目的とした。

また，義歯装着者の咀嚼の実態を解明する試みを行うこととした。

3. 研究の方法

(1) In vitro における咀嚼機能の観察

平均値咬合器に装着された上下顎石膏模型上に全部床義歯を装着した。下顎全部床義歯の右側大臼歯部に，ワイヤレス型超小型カメラ（MAJ-2028, Endocapsule, Olympus, 東京）を設置した（図4）。



図4 ワイヤレス型超小型カメラ

カメラのカプセル上面を対合歯と接触するように固定し（図5），咬合器開閉時の咬合面側における咀嚼様相を動態観察した。

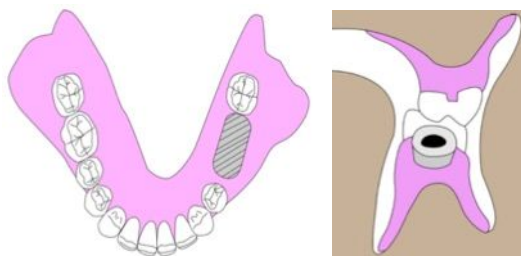


図5 ワイヤレス超小型カメラの埋入位置

人工食品を介在させ咬合器を開閉運動，偏心運動させることによる擬似咀嚼運動の実施し，カメラより送信された映像データを専用の外部データレコーダにより受信し，食品移送や食塊形成等，口腔内の咀嚼の実態を動的に精察した。

(2) 固有口腔側からの観察

被験者1名（55歳，男性）に対して先端可動式内視鏡カメラ（3R-MFXS55, Anyty, スリーアールソリューション, 福岡）（図6）を用い，カメラ先端部を専用の口蓋床を用いて，右側小臼歯部に設置した（図7）。その後，スナック菓子を咀嚼させて動態観察を行った。動態観察はカメラに接続した外部モニターで行うとともに，PCにて動画を記録した。



図6 先端可動式内視鏡



図7 カメラ先端部の設置位置

(3) 義歯装着者における咀嚼の実態観察

義歯装着者における咀嚼の実態を解明するにあたりワイヤレス型超小型カメラおよび先端可動式内視鏡カメラを設置しなければならない。しかし，動的観察前における義歯の機能評価を行った。

対象は動的観察時に義歯の離脱に影響の受けにくい，磁性アタッチメントを適用した義歯装着者において義歯の機能評価を行った。義歯の形態は磁性アタッチメントを適用した。CAD/CAM インプラントオーバーデンチャーの1症例（図8），上顎ミリングインプラントパーシャルデンチャーを装着した1症例（図9），下顎ミニインプラントオーバーデンチャーの2症例（図10, 11）合計4症例に対し行った。

機能評価としてデンタルプレスケール（ジーシー社）による診査を行い，咬合接触面積，咬合力から咀嚼能力を評価した。



図8 CAD/CAM インプラントオーバーデンチャー



図9 上顎ミリングインプラントパーシャルデンチャー



図10 下顎ミニインプラントオーバーデンチャー



図 11 下顎ミニインプラントオーバーデンチャー

4. 研究成果

(1) *In vitro* における咀嚼機能の観察

平均値咬合器に設置した全部床義歯上で人工食品を介在させ咬合器を開閉運動、偏心運動させることによる擬似咀嚼運動の実施し、カメラより送信された映像データを図 12 に示す。

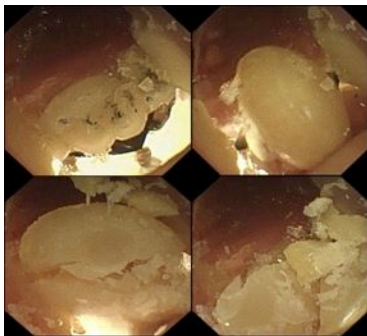


図 12 咬合面側における食品の粉碎状況

In vitro において咬合面側からの食品移送や食塊形成等、口腔内における擬似咀嚼の実態を動的観察した結果を映像データとして確認することができた。

(2) 固有口腔側からの観察

被験者 1 名(55 歳, 男性)に対して先端可動式内視鏡カメラを用いて、カメラ先端部を専用の口蓋床により右側小白歯部に設置後にスナック菓子を咀嚼させた結果を図 13 に示す。



図 13 固有口腔側における食品の粉碎状況

1 症例ではあるが *In vivo* において固有口腔側からの食品移送や食塊形成等、実際の口腔内における咀嚼の実態を直接的に動的観察した結果を映像データとして確認することができた。

しかし、ワイヤレス型超小型カメラや先端可動式内視鏡カメラにおけるカメラ先端部の位置設定、角度設定、方向については詳細な検討が必要と考えられた。

これまで間接的に推定していた咀嚼の実態を直接的に検証することが可能となれば、咀嚼時の口腔諸組織の機能的動態が明らかになるとともに、食塊の大きさや硬度の相違による一回の咬み込みの深さや食塊の変形量、粘度の変化等を観察することが可能になると思われる。その結果、咀嚼メカニズムのより詳細な把握につながることを期待でき、さらには人工歯や咬合様式の相異による咀嚼様相が比較可能と考えられる。

さらに、動的観察結果を咀嚼能率と合わせて分析することにより、口腔機能が減退した高齢者や要介護者に対する義歯治療や摂取食品の最適な性状や形状の選定に有益な参考データの提示が可能と考えている。

本研究の結果から咀嚼の実態を解明する糸口となる可能性が示唆された。

(3) 義歯装着者における咀嚼の実態観察

磁性アタッチメントを適用した CAD/CAM インプラントオーバーデンチャー(図 8)の機能評価としてデンタルプレスケール(ジーシー社)の結果を図 14 に示す。咬合接触面積および咬合力とも術前に比較し咀嚼能力が約 2 倍に向上した。

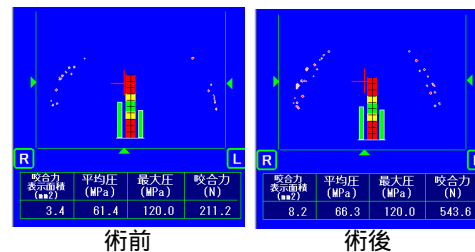


図 14 術前術後における咬合診査結果

上顎ミリングインプラントパーシャルデンチャー(図 9)の機能評価として術後のデンタルプレスケール(ジーシー社)の結果を図 15 に示す。咬合接触面積および咬合力とも向上した。

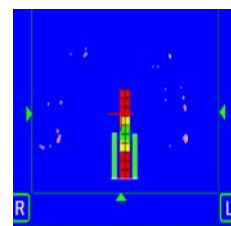
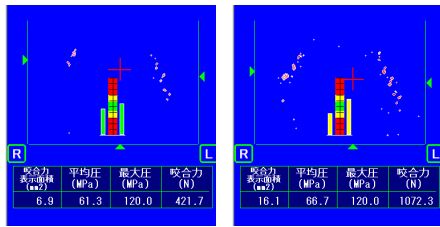
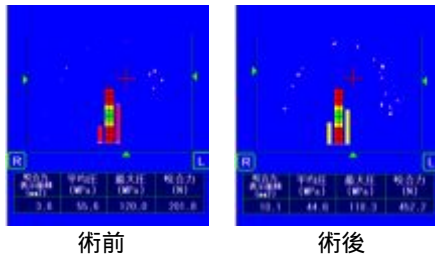


図 15 術後の咬合診査結果

下顎ミニインプラントオーバーデンチャーの 2 症例(図 11, 12)の機能評価としてデンタルプレスケール(ジーシー社)の結果を図 16, 17 に示す。図 11 の症例は咬合接触面積および咬合力とも術前に比較し咀嚼能力が約 2 倍に向上した。図 12 の症例は左右側の咬合バランスが良好になり、咬合力の総和は約 450N に向上した。



術前 術後
図 16 術前術後における咬合診査結果



術前 術後
図 17 術前術後における咬合診査結果

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 0 件)

〔学会発表〕(計 4 件)

高橋和也, 鈴木銀河, 清水 賢, 栗原大介, 阿部 實, 太久保力廣, 超小型カメラを用いた咀嚼機能の動的実態精察, 公益社団法人日本補綴歯科学会第 126 回学術大会, 2017 年.

鈴木恭典, 徳江 藍, 新保秀仁, 武藤亮治, 栗原大介, 太久保力廣, 磁性アタッチメントを適用した CAD/CAM インプラントオーバーデンチャーの症例, 第 27 回日本磁気歯科学会学術大会, 2017 年.

栗原大介, 鈴木恭典, 徳江 藍, 武藤亮治, 新保秀仁, 太久保力廣, 磁性アタッチメントを適用した下顎ミニインプラントオーバーデンチャーの 2 症例, 第 27 回日本磁気歯科学会学術大会, 2017 年.

徳江 藍, 新保秀仁, 栗原大介, 鈴木恭典, 太久保力廣, マグネットアタッチメントを使用した上顎ミリング IARPD, 第 27 回日本磁気歯科学会学術大会 2017 年.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

太久保 力廣 (OHKUBO, CHIKAHIRO)

鶴見大学・歯学部・教授

研究者番号: 1 0 2 2 3 7 6 0

(2) 研究分担者

阿部 實 (ABE, MINORU)

鶴見大学・歯学部・臨床教授

研究者番号: 1 0 0 8 9 4 2 7

山本 雄嗣 (YAMAMOTO, TAKATSUGU)

鶴見大学・歯学部・准教授

研究者番号: 2 0 2 6 0 9 9 5

栗原 大介 (KURIHARA, DAISUKE)

鶴見大学・歯学部・臨床教授

研究者番号: 7 0 5 3 5 7 7 3

(3) 連携研究者

なし

(4) 研究協力者

清水 賢 (SHIMIZU, SATOSHI)

鈴木 銀河 (SUZUKI, GINGA)

高橋 和也 (TAKAHASHI, KAZUYA)