

令和 3 年 6 月 2 日現在

機関番号：32622

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2017～2020

課題番号：17K11764

研究課題名(和文) 光学印象採得と顎運動測定を統合した補綴装置製作システムの構築

研究課題名(英文) Construction of a Prosthetic Device Fabrication System Integrating Digital Impression Taking and Jaw Movement

研究代表者

田中 晋平 (Tanaka, Shinpei)

昭和大学・歯学部・准教授

研究者番号：40365705

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では光学印象法と従来法における、上下顎間関係再現の精度を検証した。その結果、口腔内スキャナーを用いた光学印象法は、石膏模型とデスクトップスキャナーを利用した従来法と比較して優位に顎間関係の再現精度が優れる結果となった。以上より、光学印象法は従来法と比較して、材料因子や生体因子に起因する影響を受けにくく、顎間関係再現の精度に優れる可能性が示唆された。

研究成果の学術的意義や社会的意義

顎間関係を正確に再現することは、歯列の印象から石膏模型並びに三次元形態データとして正確に再現する事と同等以上に、歯冠補綴装置を製作する上で非常に重要であると考えられるが、口腔内スキャナーによって得られた印象データの精度については多数の報告がある一方で、顎間関係記録に関する報告はほとんど存在しない。本研究の結果より、口腔内スキャナーで撮影された顎間関係のデジタルスキャンは、シリコン印象材や石膏模型を用いた従来法よりも高い精度を有していることが示された。

研究成果の概要(英文)： Based on the findings of this clinical study, the following conclusion was drawn:

The intermaxillary relationship captured by using digital scan methods and IOSs had better precision than that obtained by conventional methods with a silicone impression material and a gypsum cast.

研究分野：冠橋義歯学

キーワード：クラウン・ブリッジ デジタルデンティストリー 口腔内スキャナー デジタル印象法 咬合採得

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

歯科医療のデジタル化は歯科医療のワークフローを根本的に変えつつあり、歯冠補綴装置の製作技術は、ロストワックス法による従来型の歯科技工ワークフローから CAD/CAM に取って代わろうとしている。さらに、口腔内スキャナーの開発と普及により、印象採得、咬合採得などの臨床手順がデジタル化されたことにより、印象採得から補綴装置の設計 (CAD)・加工 (CAM) までの全ての過程を、デジタルワークフローで行うことが可能となった。デジタル印象法は、シリコーン印象材を用いた従来法で必要なトレーや印象材、石膏などの技工用材料が不要となるだけではなく、コンピューター画面上で印象や形成の不備の即時フィードバックが可能となる。寸法精度に関しても、シリコーン印象材を用いた従来法では、作業用模型を製作するまでの段階で、印象材の重合収縮、石膏の硬化膨張という2段階の寸法変化が生じる一方で、口腔内スキャナーを用いたデジタル印象法は、口腔内を直接光学的にスキャンすることで、少なくとも印象材の重合収縮、石膏の硬化膨張による寸法変化の影響は回避できるため、理論上は従来法より良好な寸法精度を有する。さらに、申請者らの先行研究でも示されたように、デジタル印象法の再現精度は術者の熟練度に影響されにくい。また、患者にとっても、印象採得に伴う不快感が著しく軽減されるため、系統立った患者評価によって、デジタル印象法が従来法より好まれることも報告されている。

デジタル印象法における顎間関係記録では、従来法で使用される咬合採得材を用いずに、咬頭嵌合位における上下顎の歯列を頬側からスキャンし、これを参照してあらかじめ記録された上下顎の歯列形態と、頬側からスキャンされた三次元形態データを重ね合わせるにより行われる。よって、従来法のように咬合採得材を参照してハンドアーティキュレーションで咬合器に装着したり、あるいは咬合採得材を上下顎歯列模型間に介在させて咬合器に装着したりする必要がないため、理論的には従来法で発生していた咬合器装着時の顎間関係再現の誤差は発生しにくいと考えられる。顎間関係を正確に再現することは、歯列形態を石膏模型並びに三次元形態データとして正確に再現する事と同等に、歯冠補綴装置を製作する上で重要であるが、口腔内スキャナーによって得られた三次元形態データの再現精度や真度については多数の報告がある一方で、顎間関係記録に関する報告はほとんど存在しない。

2. 研究の目的

そこで本研究では in vivo における、口腔内スキャナーを用いたデジタル印象法と、シリコーン印象材と石膏模型を用いた従来法における顎間関係記録の再現精度を比較検討した。帰無仮説は、「デジタル印象法と従来法による顎間関係記録の再現精度に違いは認められない」である。

3. 研究の方法

1. 研究対象

患者取込基準は、個性正常咬合をもつ智歯を除く欠損歯を有さない健常有歯顎者とし、除外基準は、歯科的疾患に由来する疼痛を有する者 (顎関節症を含む)、その他歯科治療

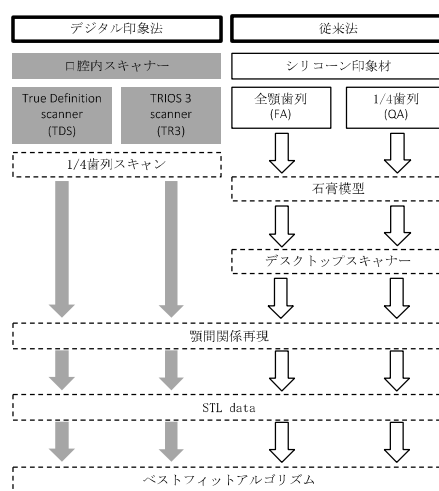


図1. フローチャート

を必要とする者とした．対象者に対して研究の趣旨と内容を口頭並びに書面にて説明し，同意の得られた 8 名（男性 5 名，女性 3 名，年齢 26.5 ± 1.6 歳）に対し，デジタル印象法と従来法による印象採得を行なった．それぞれの印象採得は臨床経験 5 年の歯科医師によって行われ，すべての印象・模型製作は，通常の室温（平均 26.0 ）と湿度（平均 35%）の条件下で行われた．実験の遂行フローチャートを図 1 に示す．すべての研究手順は，昭和大学倫理委員会によって承認された（承認番号 2013-011）．

2. デジタル印象法における顎間関係の再現

デジタル印象法には 3M True Definition scanner（3M ESPE, Seefeld, Germany, 以下 TDS）, TRIOS scanner 3（3Shape, Copenhagen, Denmark, 以下 TR3）の 2 機種 of 口腔内スキャナーを用いた．各被験者に口腔内スキャナー 2 機種で，右下 1/4 顎歯列，右上 1/4 顎歯列，顎間関係記録の順にスキャンを行なった．顎間関係記録は，咬頭嵌合位を指示し，メーカー指示に従って右側上下顎第一小臼歯から第二大臼歯の頬側面のスキャンを行い，上下顎歯列の三次元形態データの位置関係を決定した．すべてのスキャンは，一時停止および再開を行わず一つの連続したスキャンとした．TDS についてはメーカー指定の二酸化チタンパウダー（3M Scanning powder, 3M ESPE, Germany）を歯の表面に前処理として使用した．これらの一連のスキャンを，被験者 1 名につき各機種 4 回，合計 8 回繰り返した．それぞれのスキャンから得られた三次元形態データは Stereolithography（以下 STL）フォーマットのデータ形式でエクスポートした．

3. 従来法における顎間関係の再現

従来法はシリコーン印象材（Imprint4, 3M ESPE, Germany）を用い，既製金属トレー（new IN Toothed all jaw tray, DENTSPLY, Japan）を用いた上下顎全歯列の印象採得（以下 FA）および部分歯列トレー（Net Tray Premium for Local Teeth, YDM, Japan）を用いた右上下顎 1/4 歯列の印象採得（以下 QA）を行なった．顎間関係記録は顎間関係記録材料（CorrectPlus, PENTRON, Japan）を用いて咬頭嵌合位を指示して行なった．採得した印象は臨床手順に従って 10 分間消毒し，3 時間保存した．歯列模型には歯科用超硬石膏（New Fujirock Type IV, GC, Japan）を用い，製造業者の指示に従って混和した後に界面活性剤を印象材に塗布後注入し，硬化後に FA 模型については辺縁のトリミング，QA 模型については犬歯から第二大臼歯遠心までを残してトリミングを行った．すべての模型は歯科用三次元スキャナー（D900, 3shape, Denmark）を用いてスキャンし，顎間関係のスキャンは顎間関係記録材を参照して上下顎の歯列模型をハンドアーティキュレーションし，模型固定用ワックス（NEW STICKY WAX, GC, Japan）を用いて固定した状態で，同様にスキャンを行なった．CAD ソフトウェア上で頬側からスキャンされた三次元形態データを元に，予めスキャンした上下顎歯列の三次元形態データと重ね合わせることで口腔内の顎間関係の再現を行なった．重ね合わせにより顎間関係が再現された三次元形態データを STL データ形式でエクスポートした．以上の印象採得，作業用模型の製作からスキャン，重ね合わせまでの一連の操作を FA および QA ごとに 4 回繰り返し，1 人の被験者に対して 8 つの STL データセットを取得した．

4. 再現精度の評価と統計解析

各測定条件で行われた顎間関係記録から得られた 4 セットの STL データを 3D 形態分析ソフトウェア（PolyWorks, Innov Metric Software, U.S.A.）にインポートし，比較対象範囲（右側上下第一小臼歯から第二大臼歯）の歯の形態や歯肉縁にそってトリミングし，

軟組織部など必要としない部位を削除した。それぞれの条件ごとに、トリミング後の4つの STL データから2つのデータを取り出し、最小二乗法によるベストフィット方式を用いてアライメントを行った。

2つのデータの形態差分を定量化するために、最も近いポリゴン表面同士の距離を測定し、これをすべてのポリゴンに対して繰り返し行い(ベストフィットアルゴリズム法(最小二乗法)),すべての値の絶対値を平均した。この操作をすべての組み合わせ(6通り)について行い、平均値を形態差分値とした。これらの操作を全被験者の各条件 TDS, TR3, FA, QA について行い、各条件における形態差分値の平均を算出した。また、定量化された形態差分を定性的に評価するために、重ね合わせデータセットの形態差分の絶対値化する前のデータを用いて、カラーマッピングと形態差分布のヒストグラムを作成し測定条件の影響を視覚的に分析した。

統計解析は、印象方法の違いが形態差分値に及ぼす影響を分析するために TDS, TR3, FA, QA を独立変数とした一元配置分散分析を行った (n=8, post hoc: Tukey の多重比較検定, 有意水準 5%)。統計解析ソフトは JMP (SAS Institute Japan, Tokyo, Japan) を用いた。

4. 研究成果

1. 結果

差分の評価対象となったポリゴン数の平均は TDS では 69503 ポイント, TR3 では 54051 ポイント, FA では 16509 ポイント, QA では 15190 ポイントであった。デジタル印象法では上下歯列の表面形態が広い範囲で互いに交錯し嵌入する様相が認められ(図2),そのような傾向は TDS では全 32 例に, TR3 では 32 例中 13 例に認められた。一方従来法では FA では 32 例中 15 例に, QA でも 15 例に認められたものの,嵌入している範囲はごくわずかであった。

デジタル印象法(TDS, TR3)の形態差分はおおよそ -100 ~ +100 μm 以内の色調に限られているのに対し,従来法(FA, QA)では -200 μm 以下, +200 μm 以上の色調の部位が散在することが視覚的に確認できる。同様の傾向が全被験者で認められた。

図3に各印象法における形態差分布の代表例を示す。従来法(FA, QA)と比較してデジタル印象法(TDS, TR3)では0に収束する傾向が認められ,同様の傾向は全被験者で認められた。

図4に形態差分値の全例平均値を示す。一

元配置分散分析の結果,印象方法が形態差分値に及ぼす影響の効果は有意であった (F=24.0, $p < 0.001$)。さらに Tukey の多重比較検定の結果,デジタル印象法 TDS, TR3 と,従来法 FA, QA との間に有意な差を認め,従来法と比較してデジタル印象法の形態差分値

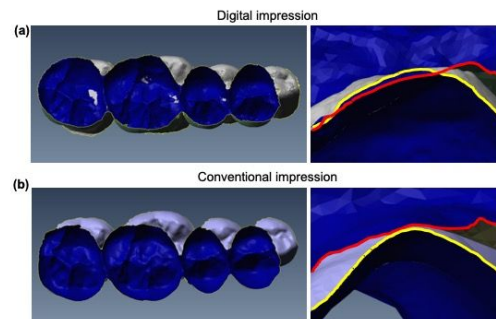


図2. デジタル印象法で認められた上下歯列の嵌入

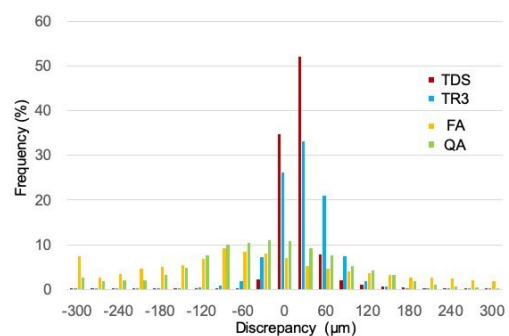


図3. 形態差分の分布の代表例

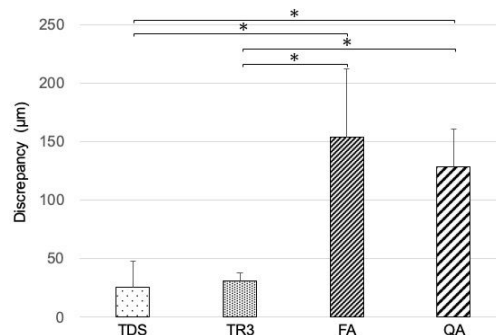


図4. 形態差分値の平均

は有意に小さい値となった ($p < 0.05$). また, デジタル印象法 TDS・TR 間, および従来法 FA・QA 間では有意な差は認められず, 各々同水準であることが示された.

2. 考察

1) 結果について

本研究結果より, 「デジタル印象法と従来法による顎間関係記録の再現精度に違いは認められない」という帰無仮説は棄却された.

デジタル印象法における顎間関係の再現精度を比較した研究はいくつか認められ, これらの研究により, 従来法と比較してデジタル印象法は再現精度が優れる, または同等であることが報告されている. しかしながら, いずれの研究も上下顎歯列印象については同一の三次元形態データを用いており, 顎間関係記録のみの再現精度を検討している. ここで, 印象形態の再現精度が顎間関係記録の再現精度に無視できない影響を及ぼすことを鑑みると, 印象採得も含めて再現精度を検討する必要がある. 本研究は印象採得から顎間関係記録までの全ステップの繰り返し測定を行い, その再現精度を検討した初めての研究であり, その臨床的意義は大きい.

2) デジタル印象法と従来法の比較について

従来法において, 同一の上下歯列模型を用いて咬合器装着を繰り返した場合, 全顎歯列模型は 1/4 顎模型と比較して再現精度に優れることが報告されている. 印象採得から咬合器装着までの全ステップを繰り返し行った本研究では有意差はないものの, 1/4 顎と比較して全顎印象を用いた再現精度が低くなる傾向が認められた. これは, 前述のように印象形態の再現精度の違い, つまり 1/4 顎印象と比較して全顎印象の再現精度が劣ることに起因していると考えられる.

1/4 顎を対象とした印象について両者を比較すると, デジタル印象を用いた顎間関係記録の再現精度が有意に高くなった. その理由として, スキャン範囲が制限される場合, デジタル印象法における三次元形態データの再現精度が従来法より優れること, デジタル印象法では咬合器装着が不要で, 装着に伴う誤差の影響を受けないこと等が挙げられる.

3) デジタル印象法を用いた顎間関係記録の問題点

デジタル印象法の咬合面の三次元形態データを観察すると上下の歯の表面が嵌入しているエラー像が観察された. デジタル印象法では歯列形態のスキャンを開口位で行い, 閉口位(咬頭嵌合位)でスキャンされる上下顎歯列頬側の三次元形態データを参照して顎間関係を再現する. 開口に伴う下顎骨の歪みにより開口時と閉口時とでは歯列形態が変化するため, 両者の誤差が嵌入しているエラー像を生じた原因となった可能性がある. これらについては今後の検討課題である. その一方で, 従来法においては上下歯列模型の形態と, これらを嵌合させた状態で歯科用三次元スキャナーを用いてスキャンしているため, そのような嵌入はほとんど観察されなかった.

3. 結論

以上の結果より, 口腔内スキャナーを用いたデジタル印象法は, 石膏模型と歯科用三次元スキャナーを利用した従来法と比較して, 顎間関係の再現精度が優れることが示された.

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計2件（うち査読付論文 2件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 0件）

1. 著者名 Miyoshi Keita, Tanaka Shinpei, Yokoyama Sawako, Sanda Minoru, Baba Kazuyoshi	4. 巻 31
2. 論文標題 Effects of different types of intraoral scanners and scanning ranges on the precision of digital implant impressions in edentulous maxilla: An in vitro study	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Clinical Oral Implants Research	6. 最初と最後の頁 74~83
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1111/clr.13548	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 岩内洋太郎, 田中晋平, 三好敬太, 上村江美, 高場雅之, 馬場一美	4. 巻 7
2. 論文標題 口腔内スキャナーによる顎間関係記録の再現性に関する予備的検討	5. 発行年 2017年
3. 雑誌名 日本デジタル歯科学会誌	6. 最初と最後の頁 176-181
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 岩内洋太郎, 田中晋平ほか
2. 発表標題 in vivoにおけるデジタル印象法と従来法の顎間関係再現精度についての比較検討
3. 学会等名 第129回日本補綴歯科学会学術大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 岩内洋太郎, 谷口飛鳥, 三好敬太, 上村江美, 西山弘崇, 高場雅之, 田中晋平, 馬場一美
2. 発表標題 口腔内スキャナーによる咬合採得に対する咬みしめ強度の影響
3. 学会等名 日本デジタル歯科学会
4. 発表年 2017年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分 担 者	高場 雅之 (Takaba Masayuki) (30384192)	昭和大学・歯学部・講師 (32622)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------