

令和元年6月17日現在

機関番号：24601

研究種目：若手研究(B)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K20485

研究課題名(和文)下顎骨再建手術シュミレーションシステムの開発

研究課題名(英文) Development of a preoperative computer-aided surgical simulation system for mandibular reconstruction

研究代表者

上田 順宏 (Ueda, Nobuhiro)

奈良県立医科大学・医学部・助教

研究者番号：40571005

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：遊離腓骨皮弁を用いた下顎再建では、十分に術前シミュレーションを行い、下顎の形状を正確に復元することが審美性において重要となる。また、術後の顔面軟組織の審美性の評価は十分になされていないため、術前シミュレーションシステムの開発と、術後の審美性の評価法の確立を目的とした。術前シミュレーションとして下顎骨再建術計画システムである「biGAKU」の開発を行った。術後の顔面軟組織の審美性の評価法について、3D顔面サーフェス画像による定量的評価を提案し、従来の主観的評価との相関関係を算出した。3D顔面サーフェス画像を用いた定量的評価は、従来の主観的評価に代わる迅速で臨床に適用可能な技術である結果であった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

下顎再建術後の整容性の評価として、定量的な評価方法を開発した。3Dカメラを用いた3D顔面サーフェス画像に正中を検出し、この正中線にて再建側と非再建側を重ね合わせた。この両者間の誤差として生じる「差分体積」「最大陥凹値」は、現在まで用いられていたスコアによる主観評価の結果と相関しており、有用な方法であると考えられた。主観評価は、評価するタイミングや評価者による整容性の捉え方の違いが大きく、これらを定量的にとらえることで解消できるとともに、複数人での評価を行うより短時間で評価を可能とすると思われた。この方法は、顎骨再建術症例のみならず他の顎顔面手術後の患者の整容性の評価に応用できると考えられる。

研究成果の概要(英文)：In mandibular reconstruction using free fibular flap, it is important for esthetics to perform sufficient preoperative simulation and to accurately restore the shape of the mandible. In addition, since the esthetics of facial asymmetry after reconstruction have not been sufficiently evaluated, we aimed to develop a preoperative simulation system and establish a method for evaluating esthetics after mandibular reconstruction.

We developed "biGAKU", a virtual preoperative planning software for mandibular reconstructive surgery.

We proposed a quantitative evaluation using 3D facial surface images for the evaluation method of facial asymmetry after mandibular reconstruction, and calculated the correlation with the conventional subjective evaluation. The quantitative evaluation using 3D facial surface image was a result that is a rapid and clinically applicable technology to replace the conventional subjective evaluation.

研究分野：口腔癌

キーワード：下顎再建 手術シミュレーション 下顎切除 口腔癌 顎骨骨髓炎

様式 F-19-2

1. 研究開始当初の背景

下顎骨に原発あるいは浸潤する悪性腫瘍や顎骨骨髄炎の治療法として区域切除を選択する場合があるが、切除のみでは下顎骨の連続性が断たれ、構音や咀嚼機能、審美的な側面より著しい QOL の低下をきたすこととなる。このため、遊離腭骨による下顎骨の再建手術が併用される場合が多い。審美的な再建を行う必要があるが、審美的な再建に関しての指針は確立されておらず、十分な評価がなされているとは言えない。

2. 研究の目的

下顎骨は湾曲しており、審美的な再建を行うためには、術中判断のみではなくシミュレーションを行い、術前に十分な準備をすることが重要である。遊離腭骨の骨切り数や配置のシミュレーションとして、すべての症例に適応可能な審美的な指標の確立と、それらの指標に則った術前シミュレーションシステムを開発すること。また、術前シミュレーションに基づいた手術後の結果を主観評価および客観評価を用いて正確に評価することで、下顎再建の標準化を目指す。

3. 研究の方法

①下顎骨再建術前計画システムの開発

審美的な顎骨再建を行うためには、術前シミュレーションが必須となる。適切な術前シミュレーションを確立するためには、審美的に影響する定量的な評価を行う必要がある。京都大学情報学研究科の中尾恵、イーグロース社の今西勁峰と協力して下顎骨再建術計画システムの開発を行う。

②定量的評価による最適な腭骨配置のシミュレーション

元の下顎骨形状に近い再建を行うことを重視した審美的な定量的な指標として、下顎骨切除領域の外縁と移植腭骨外縁がどの程度近いかを示す「形状誤差」、移植腭骨が切除下顎骨より最も突出している点を示す「最大突出値」、移植腭骨が切除下顎骨より最も陥凹している点を示す「最大陥凹値」を提案している。これらの定量的な指標を用いて、下顎区域切除後の腭骨による顎骨再建時における腭骨分割数、移植骨配置についての術前シミュレーションを行う。

③シミュレーション結果の手術への応用

術前シミュレーションを反映した顎骨再建術を行う。術前シミュレーションにて得られたデータを基に、3次元実態モデルをおよび術中に使用するサージカルガイド(下顎切除用、腭骨骨きり用)を作製し手術に応用する。

④術後の硬組織の審美的な評価

術前シミュレーションの結果を反映した顎骨再建術を施行し、顎骨再建術における結果について審美的について硬組織の定量的な評価を行う。評価は、術前後の下顎 CT 画像の重ね合わせによりその誤差を計測する。

⑤術後の軟組織の審美的な評価

術前シミュレーションの結果を反映した顎骨再建術を施行し、顎骨再建術における結果について審美的について軟組織の定量的な評価を行う。

顔面軟組織のデータは、ハンディ 3D カメラシステムにより、高精度顔面 3D サーフェス画像を採取する。術前の顔面軟組織は、腫瘍により変形をきたしていることも多く、術後の再健側と非再建側の下顔面 3D サーフェス画像を重ね合わせることで非対称性を定量的に評価する。

4. 研究成果

①下顎骨再建術前計画システムの開発

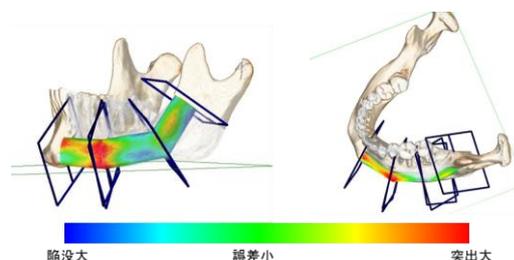
下顎骨再建術計画システムである「biGAKU」の開発を行い、アプリケーションソフトウェアをホームページ上に公開した。

②定量的評価による最適な腭骨配置のシミュレーション

③シミュレーション結果の手術への応用

研究期間において、審美的な顎骨再建を行うため、術前シミュレーションにて十分に検討した上で下顎切除術および顎骨再建術を行った。

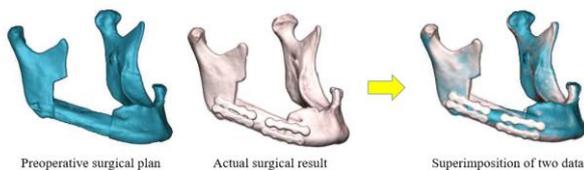
適切な術前シミュレーションを行うための指標としては、われわれが提案する「形状誤差」を指標とした。術前シミュレーションをもとに、手術中に使用するサージカルガイド(下顎切除用、腭骨骨切り用)を 3D プリンターにて作製した。この内容については、第 40 回日本頭頸部癌学会学術集会にて発表した。



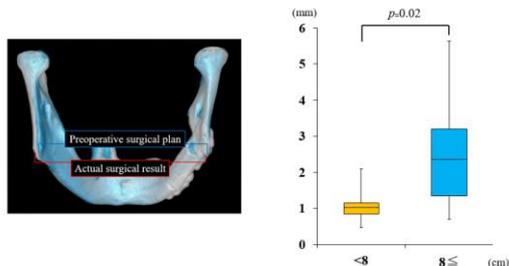
④術後の硬組織の審美的評価

過去に行われた下顎切除術および顎骨再建術症例を含め、術後機能として嚥下機能、構音機能、そして術後の硬組織の審美的につきスコアによる主観評価を行った。それぞれの機能について満足のいく手術結果が得られていた。また、硬組織の審美的の評価として18例において、「左右の condylar head 間の距離」および「左右の gonial angle 間の距離」を計測した。18例の手術因子の検討において「左右の condylar head 間の距離」に差はみられなかったが、「左右の gonial angle 間の距離」では、下顎切除量が8 cm以上となると有意に誤差が生じているという結果であった。この内容については、6th World Oral Cancer Congress of the International Academy of Oral Oncologyにて発表した。

Accuracy of reconstruction by error analysis



Surgical error in distance between both gonial angle

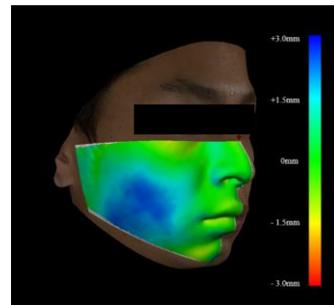


⑤術後の軟組織の審美的評価

術前シミュレーションを基に手術が行われた20例において、術後6か月以上経過した時点で3Dカメラシステムを用いて高精度顔面3Dサーフェス画像を採取した。まずは術後の整容性を7人の臨床医によりスコア付けによる主観評価を行った。結果として、下顎骨の切除量が増加すると、臨床医による整容性の主観評価は低下していた。しかし、評価者間で整容性に対するばらつきが見られ、それぞれの審美的の基準が異なることが原因と考えられた。そこで、7人の臨床医によるスコアの平均値を主観評価の値として用いた。

術後の3D顔面サーフェス画像は、下顔面の非再健側を正中で反転し再健側と重ね合わせることで、この両者間の誤差として「差分体積」「最大陥凹値」「最大突出値」を新たな定量評価の指標として提唱し検討した。定量評価指標として適切なものを選ぶため、従来用いられていた臨床医のスコアの平均値である主観評価検討と「差分体積」「最大陥凹値」「最大突出値」のそれぞれとの相関関係を算出した。

7人の臨床医による主観評価の平均と3Dカメラシステムで得られ、今回我々が新たに提唱する「差分体積」「最大陥凹値」は負の相関を示しており、新たな術後整容性の評価として有用であると考えられた。この新たな客観的定量評価を用いることで、評価者による整容性の違いを解消できるとともに、複数人での評価を行うより短時間で評価を可能とすると思われた。この内容については、第37回日本口腔腫瘍学会学術大会にて発表し、現在英語論文の投稿中である。



5. 主な発表論文等 (研究代表者は下線)

[雑誌論文] (計5件)

1. Nakao M, Aso S, Imai Y, Ueda N, Hatanaka T, Shiba M, Kirita T, Matsuda T. Automated Planning With Multivariate Shape Descriptors for Fibular Transfer in Mandibular Reconstruction. IEEE Trans Biomed Eng. 2017 Aug;64(8):1772-1785. doi: 10.1109/TBME.2016.2621742. Epub 2016 Oct 26.
2. 上田順宏, 今井裕一郎, 山川延宏, 上山善弘, 中山洋平, 有川 翔, 仲川雅人, 松末友美子, 山本一彦, 桐田忠昭. 口腔がん手術の適応を考える 全身状態からみた口腔癌手術の適応と術後合併症. 日本口腔腫瘍学会誌. 2017, 29(4) 212-217.
3. Nakao M, Aso S, Imai Y, Ueda N, Hatanaka T, Shiba M, Kirita T, Matsuda T. Statistical Analysis of Interactive Surgical Planning Using Shape Descriptors in Mandibular Reconstruction with Fibular Segments. PLoS One. 2016 Sep 1;11(9):e0161524. doi: 10.1371/journal.pone.0161524. eCollection 2016.
4. Nakao M, Hosokawa M, Imai Y, Ueda N, Hatanaka T, Kirita T, Matsuda T. Volumetric fibular transfer planning with shape-based indicators in mandibular reconstruction. IEEE J Biomed Health Inform. 2015 Mar;19(2):581-9. doi: 10.1109/JBHI.2014.2320720. Epub 2014 Apr 29.
5. 桐田忠昭, 山川延宏, 上田順宏, 柳生貴裕, 上山善弘, 上田光彦, 今井裕一郎. 下顎骨切除後の適切な再建法とは 切除範囲と再建法の標準化 下顎骨切除後の再建法の選択. 日本口腔腫瘍学会誌. 2015, 27(3) 41-48.

[学会発表] (計11件)

1. 上田順宏, 今井裕一郎, 山川延宏, 柳生貴裕, 上山善弘, 中山洋平, 玉置盛浩, 桐田忠昭. 下顎再建術後の顔面非対称性に対する3次元的评价 - 顔面3D画像による定量的評価の検討 - . 第37回日本口腔腫瘍学会学術大会. 2019.
2. 上田順宏, 今井裕一郎, 山川延宏, 柳生貴裕, 中山洋平, 桐田忠昭. Mandibular reconstruction using computer-aided design and prefabricated stereolithographic 3-dimensional model. 第56回日本癌治療学会学術集会. 2018.
3. Ueda N, Nakao M, Yamakawa N, Yagyuu T, Kirita T. Mandibular reconstruction with free fibula flap using computer-aided design and prefabricated 3-dimensional model. 6th World Oral Cancer Congress of the International Academy of Oral Oncology. 2017.
4. 上田順宏, 今井裕一郎, 中尾 恵, 山川延宏, 上山善弘, 中山洋平, 松田哲也, 桐田忠昭. 下顎再建シミュレーションを応用した腓骨皮弁による再建の検討. 第62回日本口腔外科学会学術集会. 2017.
5. 上田順宏, 今井 裕一郎, 山川延宏, 上山善弘, 中山洋平, 仲川雅人, 桐田忠昭. 口腔癌術後の手術部位感染発症に関する検討. 第41回日本頭頸部癌学会. 2017.
6. 今井裕一郎, 上田順宏, 中尾 恵, 畠中利英, 山中康嗣, 松田哲也, 桐田忠昭. 下顎再建時に3D造形モデルを用いて術前シミュレーションを行った1例. 第41回日本頭頸部癌学会. 2017.
7. Kawasaki R, Nakao M, Imai Y, Ueda N, Hatanaka T, Shiba M, Kirita T, Matsuda T. Sparse shape model for fibular transfer planning in mandibular reconstruction. Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc. 2016.
8. 上田順宏, 今井裕一郎, 中尾 恵, 今西勁峰, 青木久美子, 山川延宏, 松田哲也, 山中康嗣, 桐田忠昭. 下顎再建における術前シミュレーション 3Dモデルとシミュレーションソフトを用いた検討. 第40回日本頭頸部癌学会. 2016.
9. 上田順宏, 中尾 恵, 麻生晋併, 今井裕一郎, 山中康嗣, 柳生貴裕, 山川延宏, 畠中利英, 芝 真央, 松田哲也, 桐田忠昭. 下顎再建計画時に選択されるパラメーターについての検討 - 再建法の標準化にむけて - . 第34回日本口腔腫瘍学会学術大会. 2016.
10. 上田順宏, 今井裕一郎, 青木久美子, 山川延宏, 柳生貴裕, 山中康嗣, 山本一彦, 桐田忠昭. 3次元有限要素法による下顎辺縁切除後の強度についての検討. 第53回日本癌治療学会学術集会. 2015.
11. 上田順宏, 今井裕一郎, 中尾 恵, 今西勁峰, 青木久美子, 山川延宏, 松田哲也, 桐田忠昭. 審美的な下顎再建を目指した Volumetric surgical simulation の応用. 第60回日本口腔外科学会学術集会. 2015

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年:

国内外の別:

○取得状況(計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年:

国内外の別:

〔その他〕

ホームページ等

<http://www.bigakuapp.com/>

6. 研究組織

研究協力者

〔主たる渡航先の主たる海外共同研究者〕

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

所属研究機関名：

部局名：

職名：

〔その他の研究協力者〕

研究協力者氏名：

ローマ字氏名：

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。