

## 光学式モーションキャプチャ・システムを用いた浸潤麻酔および 印象採得動作の定量的解析

中村 太<sup>1)</sup> 佐藤 拓実<sup>1)</sup> 原 さやか<sup>1,2)</sup>  
野村 みずき<sup>1,2)</sup> 奥村 暢 旦<sup>1,2)</sup> 藤井 規孝<sup>1,2)</sup>

**抄録：**【目的】 歯科臨床技能教育の効率化は喫緊の課題と思われる。本研究は、この課題を解決するための第一歩として、技能習得において可視化できないにもかかわらず重要な要素と考えられる診療動作や器具の扱いを定量的に解析することを目的として実施した。

【方法】 動作計測には光学式3次元動作解析装置（VICON, Oxford, UK）を用いた。被験者は臨床経験5年以上の男性歯科医師6名（平均年齢38.3歳，歯科医師群1）と臨床実習中の本学歯学科6年次男子学生6名（平均年齢24.6歳，学生群），および経験10年以上の歯科医師5名（平均年齢43.8歳，歯科医師群2）と研修医歯科医6名（平均年齢27.3歳，研修歯科医群）とし、被験者と各種器具に赤外線マーカーを設置してVICONで計測することにより、それぞれの動作を定量的に解析した。被験動作はマネキンに装着した下顎模型の下顎第一大臼歯への浸潤麻酔（9時，12時のポジション）と，自作した金属板に設けたI型，C型の溝に対する印象採得とした。

【結果】 ポジション毎の浸潤麻酔動作において学生群は注入速度が有意に速く（9時  $p=0.01$ ，12時  $p=0.04$ ），印象採得動作において研修医歯科医群はC型の溝の印象体に生じたエラー数が有意に多かった（ $p=0.01$ ）。

【結論】 本装置を用いて歯科治療の動作解析を行うことは可能であったが，歯科臨床技能教育に定量的解析や客観的評価を導入することを目指して発展させるためには解析項目等を検討していく必要があると思われた。

キーワード：光学式モーションキャプチャ・システム，浸潤麻酔，印象採得，臨床歯科教育

### 緒言

歯学教育モデルコアカリキュラム<sup>1)</sup>や歯科医師臨床研修の到達目標<sup>2)</sup>には，歯科医師に求められる基本的な臨床能力として処置に関する手技的要件が含まれている。また，歯科医師は技術職の要素を多分に含む特殊な医療職であり，歯科治療には様々な材料や機器を適切に扱う能力が求められる。しかしながら，歯科医師国家試験に技能試験は含まれておらず，診療技能の評価については診療参加型臨床実習前に共用試験OSCEが行われるのみである。このことは，歯科における臨床技能の教育や評価の難しさを表しており，他の技術職同様，歯科医師も熟練者の模倣から技能の習得を始め，自らの体験や経験を加えることによって治療手技の詳細を会得していると考えられる<sup>3)</sup>。以上の状況から，歯科臨床技能教育の効率化は喫緊の課題であると思われる。

歯科において臨床技能教育を行う際，重要なポイントの一つとして処置を行う際の術者のポジショニングや姿勢があげられる。すなわち，これらの手技要件の

一つには，それぞれの処置に適した姿勢を作り，適切な動作を行う事が含まれる<sup>4-6)</sup>。しかしながら，これらを客観的に評価することは非常に困難であり，これまでわずかにみられる報告<sup>7-9)</sup>においても，その一部のみを評価したものがほとんどで診療動作全体を詳細に分析した報告は見当たらない。そこで本研究は，現在の歯科における技術教育の問題点を解決するために，歩行動作やスポーツ技能の解析に利用されている身体動作計測<sup>10,11)</sup>を歯科領域にも応用し，診療動作を定量的に解析することを試みた。

### 対象および方法

#### 1. 条件

本研究は，新潟大学歯学部倫理委員会の承認（承認番号：25-R22-10-03）を得た後，すべての被験者に対して実験前に研究内容と主旨，発表に際しては得られたデータから確実に個人情報削除すること，実験協力にあたって想定される不利益の有無，いつでも協力を撤回できることなどについて文書および口頭で説明を行い，同意を得た上で行った。被験動作は，一般

<sup>1)</sup> 新潟大学医歯学総合病院歯科総合診療部（主任：藤井規孝教授）

<sup>2)</sup> 新潟大学大学院医歯学総合研究科口腔生命科学専攻歯科臨床教育学分野（主任：藤井規孝教授）

<sup>1)</sup> General Dentistry and Clinical Education Unit, Niigata University Medical & Dental Hospital (Chief: Prof. Noritaka Fujii) 1-754 Asahimachidori, Chuo-ku, Niigata-shi, Niigata 951-8120, Japan.

<sup>2)</sup> Division of Dental Clinical Education, Niigata University (Chief: Prof. Noritaka Fujii)

歯科診療において高頻度に行われる浸潤麻酔と印象採得とした。

## 2. 動作計測の環境設定

計測には光学式モーションキャプチャ・システム (VICON, Oxford, UK) を用いた。VICON システムは、空間内の赤外線反射マーカを 200 万画素の超高画素赤外線高速カメラで認識することによって、それらの 3 次元的な位置を任意に設定した座標軸上に抽出する。さらに、特定のマーカを追跡することによってそれらの動作を定量的に解析することができる。このシステムを歯科治療時の動作解析に利用するために、実験室には歯科用チェアユニットとマネキンを設置し、壁や天井に 10 台の赤外線カメラを固定した (図 1)。計測対象となる赤外線マーカは被験者の身体各所および被験者との位置関係や操作速度を計測するためにマネキンや診療器具に設置した。計測のサンプリングレートは 100Hz で行った。すべての被験者はこのような環境下で同一の指示に従って処置を行い、得られたデータの分析には 3 次元空間動作解析ソフト・ウェア (NEXUS, インターリハ (株), 東京) を用いた。

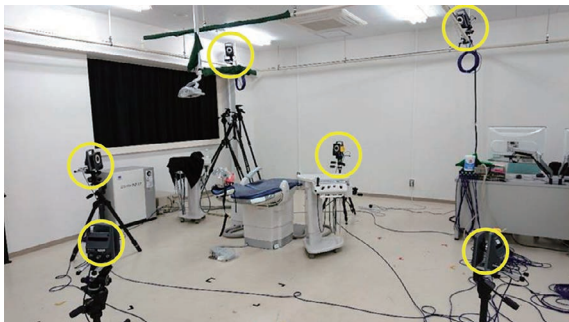


図 1 実験室内のカメラ配置 (○は赤外線カメラを示す)

## 3. 赤外線反射マーカ設置部位

### 1) 被験者

ヒトの動作解析に関する研究を扱う国際バイオメカニクス学会の指標<sup>12,13)</sup>に則り、身体各所にマーカを設置した。頭部には自作のヘッドセットを装着し、4 個の赤外線反射マーカを可動性フレームに取り付け、被験者のカンペル平面と平行になるように調整した (図 2)。

### 2) 実験器具

浸潤麻酔については、カートリッジ注射器 (カートリッジ注射器-II, (株)デンツプライ三金) と仮想患者とした実習用マネキン (シンプルマネキンII, (株)ニッシン) に下顎の開閉に同期するように 4 個のマーカを設置した。実習用マネキンは専用の固定器具 (ヘッドレストマウント SPMIII, (株)ニッシン) を用いて歯科用チェアユニットに固定した (図 3)。印象採得に関しては、自作のジグを用いてマーカを設置した印象用シリンジ (フリーフローシリンジ, Kerr Corporation) および被印象体として製作したマーカ付きの金属板を使用した (図 4)。

## 4. 動作計測

### 1) 分解能

マーカ固定用のジグを装着したカートリッジ注射器を固定し、5 秒撮影した。これを 5 回繰り返すことにより、システムの分解能を確認した。

### 2) 浸潤麻酔

本院に勤務する臨床経験 5 年以上で浸潤麻酔の経験が豊富な男性歯科医師 6 名 (平均年齢 38.3 歳, 歯科医師群 1) と臨床実習中の本学 6 年男子学生 6 名 (平均年齢 24.6 歳, 学生群) とした。被験者には下顎右側第一大臼歯の切削動作を行うことを想定し、術者方向 12 時および 9 時の位置から浸麻針のカット面が骨面に向くように固定したカートリッジ注射器を用い



図 2 上肢の赤外線反射マーカ設置位置とヘッドセット



図 3 浸潤麻酔の動作計測に使用したカートリッジとマネキン



図 4 赤外線反射マークを設置した印象用シリンジと I 型, C 型の溝を付与した金属板

て、マネキンに装着した模型 (A5A-500, (株) ニッシン) の下顎右側第一大臼歯肉頬移行部に、麻酔薬を 1 カートリッジ 1.8ml 全量用いて浸潤麻酔を行うよう指示した。動作計測は被験者ごとに 12 時, 9 時のポジションについてそれぞれ 2 回ずつ計 4 回行い、解析には 2 回の計測のうち、計測した赤外線反射マークの 3 次元的データの欠損が少ない方を用いた。麻酔薬 (オーラ® 注歯科用カートリッジ 1.8ml, (株) 昭和薬品化工) と注射針 (カルプーレ 30G 0.3\*21.0mm, ヘレウスクルツァージャパン) は試技毎に交換した。

### 3) 印象採得

歯科医師群 1 の 2 名を含む本院勤務, 経験 10 年以上でシリコン連合印象の経験が豊富な歯科医師 5 名 (平均年齢 43.8 歳, 歯科医師群 2) と本院にて臨床研修中の歯科研修医 6 名 (平均年齢 27.3 歳, 研修歯科医群) とした。被印象体には金属板に彫刻した長さ 60mm, 幅 1.5mm, 深さ 1.5mm の溝 (I 型) と幅 1.5mm, 深さ 1.5mm の溝で  $\phi 20\text{mm}$  の円を  $270^\circ$  まで描いたもの (C 型) を用意し (図 4), 被験者に合わせて高さの調整が可能な机に固定した。被験者にはチップの先端が一定の方向に向くように固定した印象用シリンジとシリコン印象材 (エグザミックスファイインジェクション, (株) ジーシー) を用いて、それぞれに対する印象採得を行うよう指示した。計測は被験者ごとに I 型, C 型の溝についてそれぞれ 3 回ずつ計 6 回行い、解析には赤外線反射マークの 3 次元的データの欠損に大きな差がみられなかった 3 回目の計測



図 5 C 型の印象体にみられたエラー (矢印)

データを用いた。なお、いずれの計測も術者用椅子とマネキン, 金属板の高さを被験者に自分に合わせて調整させた後に行った。また、後に被験者の実際の動作と VICON の計測結果を照合するために、すべての処置風景をホームビデオカメラで記録した。

### 5. 対象パラメータ

計測によって得られたデータにおいて、カートリッジ注射器と印象用シリンジにおけるシリンジに対するプランジャの位置・姿勢, 被験者の頭部・上肢 (肩・肘・手首) の関節の位置・姿勢について評価を行った。また、シリンジに対するプランジャの位置・姿勢より、浸潤麻酔薬の注入速度や、プランジャの回転等のパラメータの解析を行った。

印象採得については、I 型および C 型の溝に対してそれぞれの被験者が行った印象に含まれるエラーとして気泡の数を確認した (図 5)。気泡の数は歯科医師 5 名により、目視にて確認可能なサイズをカウントし、その中央値を値とした。

### 6. 統計処理

二つの実験から得られた各種データについて、群内における各パラメータの平均数値の中央値 (四分位範囲) を求め、Mann-Whitney の U 検定を用いて有意差の有無を検証した。また、印象採得実験において、C 型の印象採得時の印象用シリンジと印象体のエラーの数について、Spearman のタウを用いて相関を調べた。統計処理は統計ソフト (SPSS Statistics, ver26.0, IBM) を用いて行い、有意水準はいずれも 5% とした。

## 結 果

### 1. 本システムの分解能

静止時のカートリッジ注射器の位置・姿勢 (角度) を計測し、ひとつのパラメータのデータの平均値における偏差の RMS (root mean square) 値を分解能の評価とした<sup>14)</sup>。位置の分解能は、3 軸方向でそれぞれ 0.01 [mm], 0.01 [mm], 0.02 [mm] であった。一

方, 姿勢の分解能は, 3軸周りでそれぞれ 0.01 [deg], 0.01 [deg], 0.02 [deg] であった。この結果より, 本システムは, 対象物の位置・姿勢ともに 0.1 [mm], 0.1 [deg] 未満で計測可能であることが明らかになった。

## 2. 浸潤麻酔実験

### 1) 注入速度

9時および12時の診療ポジションにおける薬液の注入速度は, それぞれ歯科医師群1で 1.13 (0.86-1.68) [ml/min] および 1.12 (0.97-1.58) [ml/min], 学生群では 2.74 (2.52-3.09) [ml/min] および 2.65 (2.27-3.07) [ml/min] となり, 歯科医師群1の注入速度は学生群に比べて有意に遅いことが示された (9時  $p=0.01$ , 12時  $p=0.04$ ) (図6)。

### 2) シリンジに対するプランジヤの回転

本システムでは右回りは [+], 左回りは [-] の数値で表示される。9時および12時の診療ポジションにおけるプランジヤの動きは, それぞれ歯科医師群1は 41.37 (29.29-58.79) [deg] および 34.93 (18.77-54.65) [deg], 学生群では 14.94 (7.90-23.30) [deg] および 21.01 (17.03-26.15) [deg] で有意差が認められ, いずれの群においても浸潤麻酔動作の際にプランジヤが右方向に回転していること, 9時のポジションにおいては歯科医師群1の方がよりその傾向が強いことが示された (9時  $p=0.03$ , 12時  $p=0.26$ ) (図7)。

3) 歯科医師群, 学生群における診療ポジション (9時と12時) の比較

本システムでは肩関節の内転動作は [+], 外転動作は [-] の数値で表示される。12時のポジション時の肩関節の内外転動作において, 歯科医師群1では -56.02 (-58.48~-42.29) [deg], 学生群では -73.99 (-76.11~-63.99) [deg] となり, 歯科医師群1と学生群の間に有意差を認め, 学生群の方が肩関節をより外転させる傾向がみられた ( $p=0.03$ ) (表1, 2)。

## 3. 印象採得実験 (表3)

### 1) シリンジチップの先端の速度

I型およびC型についてシリンジチップ先端の移動速度は, それぞれ歯科医師群2では 9.89 (8.86-10.70) [mm/s] および 11.30 (7.83-16.15) [mm/s], 研修医群では 8.50 (8.17-8.69) [mm/s] および 11.24 (9.97-12.67) [mm/s] となり, どちらの型においても歯科医師群2と研修医群の間に有意差は認められなかった (I型  $p=0.20$ , C型  $p=0.72$ )。

### 2) シリンジに対するプランジヤの速度

I型およびC型についてシリンジに対するプランジヤの移動速度は, それぞれ歯科医師群2では 0.56 (0.54-0.89) [mm/s] および 1.37 (1.20-1.42) [mm/s], 研修医群では 0.56 (0.41-0.77) [mm/s] および 1.00 (0.8-1.24) [mm/s] となり, どちらの型においても歯科医師群2と研修医群の間に有意差を認めな

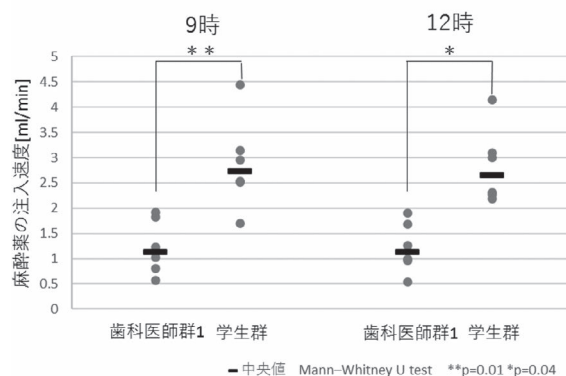


図6 麻酔薬の注入速度

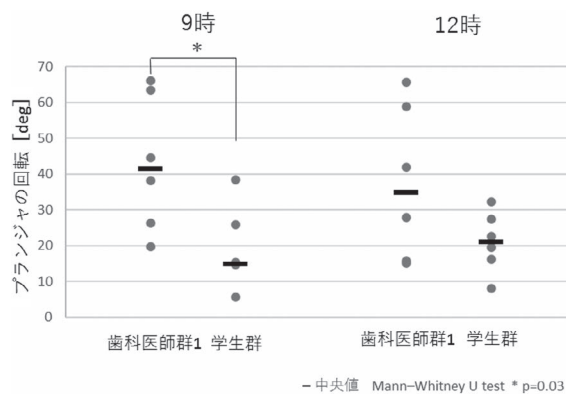


図7 シリンジに対するプランジヤの回転

かった (I型  $p=0.36$ , C型  $p=0.14$ )。

### 3) 印象体にみられたエラーの数

今回の計測において印象体の断裂などの, 気泡以外のエラーは認めなかった。I型について, 歯科医師群2のエラーの数は 0 (0-1) [個] で研修歯科医群のエラーの数は 0.5 (0-1.75) [個] であり, 有意差を認めなかった ( $p=0.48$ )。しかし, C型については歯科医師群2のエラーの数は 0 (0-1) [個] に対して研修歯科医群のエラーの数は 3 (3-5.25) [個] となり, 研修歯科医群において有意に印象体のエラーの数が多い傾向がみられた ( $p=0.01$ )。

### 4) C型におけるパラメータの相関

歯科医師群2および研修歯科医群のすべての被験者について, シリンジチップの先端速度の平均値と印象体のエラーの数において中等度の正の相関を認めた ( $\rho=0.60$ ,  $p=0.05$ ) (表4)。

## 考 察

### 1) システムの構成

本研究では歯科診療動作の定量的な評価を行うために, 術者の上肢の運動と器具の操作速度を同時に計測

表 1 肩と肘の運動データ

関節	運動	正負	歯科医師群 1	学生群	<i>p</i>
9 時	肩	内外転	外転 - 内転 + -41.09 ( -57.67 ~ -31.39)	-55.99 ( -66.73 ~ -28.98)	0.52
		内外旋	外旋 - 内旋 + -2.69 ( -9.82 ~ 1.70)	-9.24 ( -17.96 ~ -5.10)	0.26
		水平内外転	外転 - 内転 + 17.68 ( 15.56 ~ 36.40)	32.08 ( 25.96 ~ 41.47)	0.26
肘	回内外	回外 - 回内 + -3.12 ( -15.25 ~ 4.47)	0.39 ( -25.50 ~ 25.67)	0.87	
	屈曲伸展	伸展 - 屈曲 + 119.06 ( 113.03 ~ 125.50)	119.79 ( 115.92 ~ 121.35)	0.75	
12 時	肩	内外転	外転 - 内転 + -56.02 ( -58.48 ~ -42.29)	-73.99 ( -76.11 ~ -63.99)	0.03*
		内外旋	外旋 - 内旋 + -5.63 ( -14.94 ~ -2.11)	-19.48 ( -30.11 ~ -9.00)	0.15
		水平内外転	外転 - 内転 + 34.27 ( 28.34 ~ 40.93)	27.51 ( 24.68 ~ 36.60)	0.42
	肘	回内外	回外 - 回内 + -13.55 ( -18.71 ~ -7.32)	-14.29 ( -28.70 ~ 2.04)	1.00
		屈曲伸展	伸展 - 屈曲 + 116.71 ( 113.58 ~ 125.05)	111.32 ( 105.38 ~ 115.43)	0.34

中央値 (四分位範囲)  
Mann-Whitney U test

\**p* < 0.05

表 2 手首と頭部の運動データ

関節	運動	正負	歯科医師群 1	学生群	<i>p</i>
9 時	手首	内外転	外転 - 内転 + 29.79 ( 24.55 ~ 34.49)	24.94 ( 19.89 ~ 30.62)	0.52
		内外旋	外旋 - 内旋 + 5.76 ( -3.16 ~ 13.43)	-4.19 ( -10.35 ~ -0.30)	0.26
	水平内外転	外転 - 内転 + -2.69 ( -11.25 ~ 6.39)	-7.39 ( 28.06 ~ 4.81)	0.42	
頭部	回内外	回外 - 回内 + 2.75 ( -4.39 ~ 12.96)	9.80 ( 8.81 ~ 10.88)	0.87	
	屈曲伸展	伸展 - 屈曲 + -33.43 ( -39.51 ~ -27.64)	-36.56 ( -43.76 ~ -34.78)	0.52	
12 時	手首	内外転	外転 - 内転 + 27.67 ( 20.13 ~ 30.08)	24.28 ( 7.95 ~ 27.76)	0.42
		内外旋	外旋 - 内旋 + -2.19 ( -7.99 ~ 3.40)	-1.03 ( -8.84 ~ 3.70)	0.87
	水平内外転	外転 - 内転 + -3.03 ( -7.37 ~ 4.13)	4.49 ( 2.61 ~ 8.79)	0.34	
	頭部	回内外	回外 - 回内 + 0.60 ( -6.83 ~ 6.59)	10.40 ( 6.57 ~ 13.22)	0.26
		屈曲伸展	伸展 - 屈曲 + -28.53 ( -30.92 ~ -23.55)	-33.99 ( -36.40 ~ -29.53)	0.20

中央値 (四分位範囲)  
Mann-Whitney U test

表 3 印象採得のデータ

		歯科医師群 2	研修医群	<i>p</i>
I 型	印象体のエラーの数	0 (0 - 1)	(0 - 1.75)	0.48
	先端の移動速度	9.89 (8.86 - 10.70)	8.50 (8.17 - 8.69)	0.20
	プランジャの移動速度	0.56 (0.54 - 0.89)	0.56 (0.41 - 0.77)	0.36
C 型	印象体のエラーの数	0 (0 - 1)	3 (3 - 5.25)	0.01*
	先端の移動速度	11.30 (7.83 - 16.15)	11.24 (9.97 - 12.67)	0.72
	プランジャの移動速度	1.37 (1.20 - 1.42)	1.00 (0.86 - 1.24)	0.14

中央値 (四分位範囲)  
Mann-Whitney U test

\**p* < 0.05

表 4 C型溝の印象採得における各パラメータの相関

C型	1	2	3
1 印象体のエラーの数			
2 シリンジチップの先端の移動速度	0.06*		
3 シリンジに対するプランジャの移動速度	0.00	0.37	
Spearman's rank correlation			* $p < 0.05$

することを試みた。今回使用した赤外線反射マーカ付きの器具は術者の動作を妨げることはなく、被験者に実験後の聞き取りを行ったところ、マーカやジグによって診療がしづらくなるという意見はみられなかった。また、光学式3次元動作解析装置であるVICONはステレオ撮影の原理<sup>15)</sup>を用いて赤外線反射マーカの3次元位置データを計測しているが、計測中、被験者に取り付けた赤外線反射マーカも概ね3台以上、最低でも2台のカメラで追跡することができていた。計測前のキャリブレーションにより、各カメラの正確な位置情報を記録し、2台以上のカメラで赤外線反射マーカが撮影されていれば3次元位置データを取得できることが判明していたため、本システムは歯科診療時の上体の動作を記録することができると考えられた。

#### 2) カートリッジ注射器の運動

浸潤麻酔において認められた有意差は、学生群の経験の少なさに関係していると思われた。すなわち、歯科医師は患者に与える疼痛と薬液の注入速度が相関する<sup>16)</sup>ことを経験的に理解しているのに対し、学生はたとえこのような知識をもっていたとしても、それを実行できていないと考えられた。今回、被験者を務めた学生に浸潤麻酔の経験の有無を確認したところ、生活歯の切削を目的として行ったことのある学生は少なく、ほとんどの学生はSRPを行う際に経験した程度であった。この一因として、臨床実習中の学生が担当する患者は高齢者が大半で失活歯が多いことがあげられるが、浸潤麻酔の成否は患者との信頼関係の構築に影響することや確実に歯髄にまで奏功させるためにはそれなりの注意が求められることを、指導教員が理解していることも無関係ではないように思われた。傍骨膜下あるいは骨膜下に浸潤麻酔を行う際に要する注入圧や針先が骨面に触れる感覚を言葉や文章だけで説明することは非常に難しい。今回、麻酔液の注入速度に差が認められたこと背景には、この点も関係している可能性があるように思われた。

また、本システムでは2つの部品で構成される浸潤麻酔用カートリッジについて、それぞれの運動を計測・分析することができたため、マーカやジグの設置方法は今後同様の器具を使用する動作を計測する際に

も応用が可能と思われた。さらに、歯科医師群1には薬液の注入時にプランジャをシリンジに対して右回りに回転させる傾向がみられ、回転程度について学生群との間に有意差を認めた。以上のことから、詳細に調査を進め、この理由を明らかにすることによって経験の違いによる動作の差を説明することができるようになると思われた。

#### 3) 被験者の上肢の運動

12時のポジション時に学生群の方が肩関節をより外転させる傾向が認められ、学生群は脇を開き、肘を上げて浸潤麻酔を行っていることが示された。

今回の計測では肩関節以外の計測部位の動きについて両群間に差はみられず、診療ポジションの違いに係する差もみられなかった。浸潤麻酔には注入速度等のいくつかの注意点が挙げられているが<sup>17,18)</sup>、その診療姿勢自体に特別な方法はなく、プランジャをカートリッジ注射器内に押し込むという他の歯科診療動作と比較して静的な動作であることが、肩関節以外に歯科医師群と学生群に大きな差が表れない理由の一つと思われた。すなわち、浸潤麻酔時は脇をしめて肘を上げすぎないといった共通の姿勢はあるが、それ以外は個人差が大きく、学生は経験不足からか、その姿勢がとれていないことが示された。

#### 4) 印象用シリンジの運動

I型の溝に対する印象採得では歯科医師群と研修医群との間に差はみられなかったが、C型の印象体に発生したエラーの数に有意差を認め、研修歯科医群が多い結果となった。これには、I型の溝の印象採得はシリンジの操作が単純であるのに対し、C型では溝の形態に追従するようなシリンジのコントロールを求められることが関係していると思われた。今回得られたデータにおいて、C型の印象時にシリンジチップの先端の速度と印象体のエラーの数に中等度の正の相関がみられた。この結果から、シリンジチップの先端を早く動かすことによって印象体に含まれる気泡の数が増えることが示された。しかし今回の実験系は口腔内の状況とは違い、唾液等の影響がないため、実際は印象採得に関する動作の他の要因、例えば対象物に対するシリンジ先端の距離や角度も影響している可能性が考えられた。

印象採得動作の計測は、できるだけ単純化した環境で行うことにより、計測の可否を確認するとともに今後の課題を発見することも兼ねて自作の金属板を机上に固定して行った。I型の溝は他の比較のために最も単純な形である直線を、C型の溝はクラウンの支台歯に対して歯肉圧排を行った後の状態を想定して設定した。圧排された歯肉溝の大きさや支台歯、隣在歯の存在など、臨床に直結する解析を行うためにはさらなる改良が必要であるが、単純な直線と曲線を対象とした印象採得においてこのような結果を得たことは大変興味深く思われた。今回の計測で印象採得動作も本システムを用いて計測できることが分かったため、今後は浸潤麻酔動作同様、実際に口腔内に近い環境を再現して計測を行う予定である。

今回の実験において、印象材の注入速度の違いは歯科医師と研修歯科医で有意差を認めず、一様ではなかった。このことには、それぞれの臨床経験はもちろん、プランジャを押し力のコントロールも関係しているように思われた。可視化することが困難な技術要素には、姿勢や動作の他に治療を行う際に患者や器具に加える力の大きさも含まれる<sup>19-22)</sup>と考えられる。このため、本研究の結果には様々な制限があると思われた。しかし、本システムを用いて歯科診療動作の定量的な解析を行うことについては、一定の可能性が示されたと考えられた。臨床における歯科診療動作には、今回計測した上肢や頭部、器具以外にも、歯科医師や患者の体格や診療ポジション、筋肉の運動、様々な要素があり、さらにはそれぞれの器具を扱う力の大きさも関係してくる。今後も研究を継続し、将来的にこれらを組み合わせてさらに詳細に定量的な解析を行い、客観的な評価を加えることができれば、歯科医師の早期完成に大きく貢献できるように思われた。

## 結 論

光学式モーションキャプチャ・システム VICON を用いて構築した診療動作解析システムは、繊細で正確な運動を必要とされる歯科診療動作の定量的な解析にも応用できる可能性をもつことが示された。また、浸潤麻酔や印象採得の歯科診療において、十分な経験を詰んだ歯科医師とまだ経験の浅い学生や研修医とでは、その診療動作の一部に定量的な違いがあることが明らかとなった。

本論文の内容には開示すべき利益相反は含んでいない。

## 文 献

1) 文部科学省 歯学教育モデルコアカリキュラム (平成 28 年度改訂版). [http://www.mext.go.jp/b\\_menu/shingi/chousa/koutou/0322/gijiroku/\\_icsFiles/afildfile/](http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/chousa/koutou/0322/gijiroku/_icsFiles/afildfile/)

2017/03/13/1382693\_001.pdf (最終アクセス日 2020.3.30).

2) 厚生労働省 歯科医師臨床研修の到達目標 <http://www.mhlw.go.jp/topics/bukyoku/isei/shikarinsyo/gaiyou/kanren/sekou/toutatsu.html> (最終アクセス日 2020.2.20).

3) B.S.Bloom 著, 梶田毅一, 渋谷憲一, 藤田恵聖訳. 教育評価ハンドブック. 第一法規 1973; 429-441.

4) 古田義博, 渋谷昌孝, 風間泰昌, 飯島浩人, 棧 淑行, 他. 診療姿勢が支台歯形成面形態に及ぼす影響について: 非解剖学的人工歯ブリッジ. 日本補綴歯科学会誌 1989; 33: 359-368.

5) 添田 廣. 窩洞形成のシステム化のための人間工学的研究. 日本歯科保存学雑誌 1983; 26: 78-102.

6) 井上正義. 歯科診療時の基本姿勢 人間工学. The Japanese Journal of Ergonomics 2009; 45: 157-162.

7) 吉原正晃, 川本雅行, 吉川一志, 岸田睦彦, 添田 廣, 他. 簡便な負担測定法の診療姿勢評価への応用. 日歯保誌 2002; 45: 377-384.

8) 大岡知子, 細見 環, 柴谷貴子, 中迫 勝. 歯科診療作業における筋骨格系健康障害関連の頸・肩部姿勢のリスク評価. 日歯医療管理会誌 2002; 36: 313-319.

9) 竹内智之, 落合志文, 下村義弘, 勝浦哲夫. 口腔内作業時における術者の 3 次元の有効作業域の特定. 歯産学誌 2009; 23: 43-48.

10) 田中 洋, 林 豊彦, 二宮裕樹, 高木陽平, 駒井正彦, 他. 投球動作におけるステップ足接地の肘下がりは動力学的パラメータに影響するか?. 日本整形外科スポーツ医学会雑誌 2017; 37: 46-52.

11) Kwon Jung, Won Son Sung Min, Lee Na Kyung. Changes of kinematic parameters of lower extremities with gait speed: a 3D motion analysis study. Journal of Physical Therapy Science 2015; 27: 477-479.

12) G. Wu, S. Siegler, P. Allard, C. Kirtley, A. Leardini, et al. ISB recommendation on definitions of joint coordinate system of various joints for the reporting of human joint motion-Part I: ankle, hip, and spine. Journal of Biomechanics 2002; 35: 543-548.

13) G. Wu, F.C.T. van der Helm, H.E.J. Veeger, et al. ISB recommendation on definitions of joint coordinate systems of various joints for the reporting of human joint motion-Part II: shoulder, elbow, wrist and hand. Journal of Biomechanics 2005; 38: 981-992.

14) P. R. Bevington, D. K. Robinson, Data reduction and error analysis for the physical sciences. New York: McGraw-Hill Book co; 2002. 150-155.

15) 田村秀行. コンピュータ画像処理. オーム社; 2002. 227-230.

16) Kudo M, Initial Injection Pressure for Dental Local Anesthesia: Effects on Pain and Anxiety, Anesth Prog 2005; 52: 95-101.

17) 兵頭正義. 注射時の痛みの軽減法, 医学のあゆみ 1988; 145: 444-444.

18) 渡辺達夫, 小柴慶一, 奥田寛之, 越郁 磨, 穂坂一夫. 新しい極細注射針と 30G 注射針との口腔粘膜注射時の疼痛比較. 日歯麻誌 1995; 23: 19-30.

19) 奥村暢旦, 石崎裕子, 伊藤晴江, 中村 太, 塩見 晶, 他. 歯科臨床技術教育における動画教材の効果. 日本歯科医学教育学会雑誌 2016; 31: 10-15.

20) 中村 太, 佐藤拓実, 塩見 晶, 奥村暢旦, 石崎裕子, 他. 高頻度歯科治療における処置時の力のコントロールに関する研究. 日本歯科医学教育学会雑誌 2016; 32: 22-28.

21) 佐藤拓実, 中村 太, 塩見 晶, 石崎裕子, 奥村暢旦, 他.

研修歯科医の臨床技術習得における力のコントロールに関する研究. 日本歯科医学教育学会雑誌 2016; 32: 166-172.  
22) 原さやか, 佐藤拓実, 中村 太, 石崎裕子, 伊藤晴江, 他. 研修歯科医と指導歯科医の歯科治療時の力のコントロールに関する研究. 日本歯科医学教育学会雑誌 2019; 35: 3-10.

**著者への連絡先**

中村 太  
〒 951-8514 新潟県新潟市中央区学校町通 2 番町 5274 番地  
新潟大学医歯学総合病院 歯科総合診療部  
TEL 025-227-2929  
E-mail : futoshi.n@dent.niigata-u.ac.jp

---

## The quantitative analysis of dental practical motion on local anesthesia and impression taking by the optical motion capture system

Futoshi Nakamura<sup>1)</sup>, Takumi Sato<sup>1)</sup>, Sayaka Hara<sup>1, 2)</sup>,  
Mizuki Nomura<sup>1, 2)</sup>, Nobuaki Okumura<sup>1, 2)</sup> and Noritaka Fujii<sup>1, 2)</sup>

<sup>1)</sup> General Dentistry and Clinical Education Unit, Niigata University Medical & Dental Hospital

<sup>2)</sup> Division of Dental Clinical Education, Niigata University

**Abstract :** [Objective] This study aimed to analyze dental practice motion quantitatively by using Three-dimension optical motion capture system “VICON (Oxford Metrics plc, Oxford, UK)” to develop the quantitative educational method for dental practice with visualization of practical motion or operation.

[Methods] **Experiment of the local anesthesia :** Subjects were six male dentists more than clinical experience five years (average age 38.3, dentist group 1) and six sixth grader students (average age 24.6, student group). They were measured practical motion concerning to local anesthesia with infrared reflective markers attached on their body and the practical implements. Local anesthesia was performed to the first molar on mandibular of the dental simulator.

**Experiment of the taking impression :** Subjects were five dentists more than clinical experience ten years (average age 43.8, dentist group 2) and six dental trainees (average age 27.3, dental trainee group). They were measured practical motion concerning to impression taking with infrared reflective markers attached on the practical implements. They took impression on the metal plate with straight (type I) and curve (type C) groove.

About various data obtained from two experiments, we inspected having significant difference or not using Mann-Whitney U test.

[Results] It was appeared there were significant differences between dentists and students or dental trainees on the injective speed and the number of errors such as bubble defect. Student group put it under local anesthesia at the speed that was faster than dentist group (9 o'clock position  $p=0.01$ , 12 o'clock position  $p=0.04$ ). Dental trainee group performs impression taking in the groove of the type C, there are more air bubbles than a dentist ( $p=0.012$ ).

[Conclusions] This system is available for quantitative movement analysis of the dental treatment, and it is necessary to examine analysis items to introduce quantitative analysis and an objective evaluation into dental practical education.

**Key words :** motion capture system, local anesthesia, taking impression, dental practical education