



Title	バーチャルリアリティとハプティックデバイスを応用した歯科ハンドスキルトレーニングシステムの開発
Author(s)	吉田, 能得
Citation	大阪大学, 2012, 博士論文
Version Type	
URL	https://hdl.handle.net/11094/59282
rights	
Note	著者からインターネット公開の許諾が得られていないため、論文の要旨のみを公開しています。全文のご利用をご希望の場合は、大阪大学の博士論文についてをご参照ください。

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

氏 名	吉 田 能 得
博士の専攻分野の名称	博 士 (歯学)
学 位 記 番 号	第 2 5 0 4 7 号
学 位 授 与 年 月 日	平成 24 年 3 月 22 日
学 位 授 与 の 要 件	学位規則第 4 条第 1 項該当 歯学研究科分子病態口腔科学専攻
学 位 論 文 名	バーチャルリアリティとハプティックデバイスを応用した歯科ハnds キルトレーニングシステムの開発
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 今 里 聡 (副査) 教 授 村 上 伸 也 准教授 長 島 正 准教授 林 美加子

論 文 内 容 の 要 旨

〔目的〕

バーチャルリアリティを応用したトレーニングシミュレータは、標準化された採点基準を用いて実体験に近い環境での反復トレーニングを可能にするという点でスキル習得に有効であり、歯科領域においても、歯質切削スキル向上のための様々なシミュレータが開発されてきた。しかしながら、従来の切削シミュレータの多くは、エナメル質、象牙質、歯髄といった硬さの異なる歯の複層構造が再現されておらず、切削感覚が現実とかけ離れている。また、いずれのシステムも、タスクが窩洞形成やう蝕除去に限られており、その他のハndsスキルトレーニングへの応用性に乏しいという欠点がある。

そこで本研究では、力覚を手で感じられるハプティックデバイスを組み込んだハードウェアと独自のソフトウェアからなるシミュレータを構築し、さらに、天然歯の構造と硬さを再現したバーチャル歯を作製して組み合わせることにより、実用性の高い新規の歯科ハndsスキルトレーニングシステムの開発を試みた。また、新規システムを応用して、う蝕除去タスクと歯周ポケットブローピングタスクに関してのトレーニングを実施し、その有用性を評価した。

〔方法〕

I. シミュレータの構築

ワークステーション (xw4600, Hewlett-Packard Japan)、ハプティックデバイス (PHANTOM Omni, SensAble Technologies)、フットペダル (CH Pro Pedal, CH Products)、フィンガーレスト (自作) から構成されるハードウェアに、以下のソフトウェアを実装したシミュレータを試作した。力覚の生成には、バーチャル歯に対する押し込み量に応じた反力をバネとダンパーで表現可能なフォークトモデルを採用し、これらの衝突判定には複層構造の表現に適したデータ構造であるオクトツリーモデルを用いた。また、オクトツリーの描画では表面の凹凸が目立つことから、滑らかな表面で可視化に有効な Stereo Lithography モデルを使用した。

II. バーチャル歯モデルの作製とリアリティの確認

バネ係数を 0～1.2 の範囲 (0.2 間隔) に設定したバーチャルキューブ (10×10×10 mm) を、試作シミュレータを用いて 0.25 mm/sec で切削し、小型卓上試験機 (EZ-TEST, 島津製作所) により平均反力を測定して、バネ係数と反力の関係式を導出した。次に、エアータービンハンドピースに装着したダイヤモンドポイントでヒト抜去歯エナメル質を切削した際の平均反力を力覚センサを用いて測定し、先に導出した関係式からバネ係数を求めた後、操作中の振動を最も抑制可能なダンパー係数を算出した。さらに、エナメル質のヤング率を基準に、象牙質および歯髄のバネ係数とダンパー係数を算出した。続いて、領域抽出ソフトを用いて、抜去前歯、小白歯、大白歯の X 線マイクロ CT データから、エナメル質、象牙質、歯髄の各領域を単独に抽出し、これらを三次元再構築することで複層構造のバーチャル歯を作製した。そして、得られたバーチャル歯の切削シミュレーション試験を行い、そのリアリティを確認した。

III. う蝕除去およびブローピングタスクでのトレーニングシステム評価

試作シミュレータとバーチャル歯を応用して、う蝕除去とブローピングタスクに関するトレーニングシステムを作製し、無作為に抽出した模型実習実施前の歯学部学生 7 名を対象に、反復トレーニングを実施した。う蝕除去タスクにおいては、II で作製したバーチャル歯を基に咬合面にう蝕を有するバーチャル歯を調製して使用した。切削部体積、過重付与回数、切削時間を基準として自動採点できるように設定し、1 回目、2 回目、3 回目のトレーニング後の採点結果を比較した。

ブローピングタスクについては、まず、三次元形状計測装置を用いて顎模型をスキャンし、歯周病バーチャルモデルを作製した。そして、前述と同様の歯学部学生 26 名を対象に、上顎第一大臼歯頰側中央部での歯周ポケット深さ測定トレーニングを実施し、ブローピング圧をスコア化してスキル習得度を評価した。

〔結果および考察〕

バーチャルキューブと抜去歯の切削実験結果から、エナメル質、象牙質、歯髄のバネ係数とダンパー係数は、それぞれ、0.8 N/mm と 1.79 N・sec/mm、0.205 N/mm と 0.906 N・sec/mm、0.000022 N/mm と 0.00938 N・sec/mm と算出された。これらの硬さのパラメータを反映して作製したバーチャル歯に対して切削シミュレーション試験を行った結果、エナメル質、象牙質、歯髄の硬さの違いが連続的に再現され、リアリティの高いモデルが得られたことが分かった。また、前歯、小白歯、大白歯のいずれのモデルにおいても、エナメル質、象牙質、歯髄の順に反力が小さくなっており、試作シミュレータのすぐれた力覚特性に基づき、バネ係数が適切に設定されたバーチャル歯の作製に成功したことが確認された。

試作システムを応用したう蝕除去トレーニングでは、2 回目および 3 回目のトレーニング後には、1 回目と比べて有意に点数が高くなった。現実に近い切削感覚と、う蝕病変と健全歯質の硬さの違いを適切に再現できたことにより、高いスキル習得効果が得られたものと考えられる。ブローピングタスクについても、トレーニング後には有意なスコアの上昇が認められ、トレーニング回数が増えるにつれてスコアが増加した。また、適正ブローピング圧を習得した学生は、2 回目のトレーニング後では 3.8 % であったが、3 回目のトレーニング後には 26.9 % に増加し、効果的な反復トレーニングが実践できたことが示された。

以上のように、本研究では、ハプティックデバイスと独自のソフトウェアを用いたシミュレータと、天然歯の構造と硬さを再現したバーチャル歯の開発に成功した。また、これらを

応用したトレーニングシステムは、現実に近い力覚を手元に感じられることから、う蝕除去や歯周ポケットプロービングのトレーニングに有効であることが明らかとなり、さまざまな歯科ハンドスキルの効果的な習得に有用となる可能性のあることが示された。

論文審査の結果の要旨

本研究では、ハプティックデバイスを組み込んだハードウェアと独自のソフトウェアからなるシミュレータに、天然歯の構造と硬さを再現したバーチャル歯モデルを組み合わせることで、新規の歯科ハンドスキルトレーニングシステムの開発に成功した。そして、これらを応用して構築したう蝕除去や歯周ポケットプロービングのトレーニングシステムが上記スキル習得に有効であることを明らかにした。

以上の研究成果は、歯科医学教育に寄与する新たなハンドスキルトレーニングシステム開発に関する有益な知見を示すものであり、本研究は博士(歯学)の学位授与に値するものと認める。