歯科用リーマ工具による切削機構に関する研究

Study on Cutting Mechanism of Dental Reaming Tool

○学 中村 哲也 (新潟大院) 正 岩部 洋育 (新潟大) 学 西川 憲一 (新潟大)

Tetsuya NAKAMURA, Hiroyasu IWABE and Kenichi SAIKAWA,
Niigata University, 8050 Ikarashi 2-nocho Niigata 950-2181,

Key Words: Dental Reaming Tool, Cutting Mechanism, 3D-CAD, Torque, Thrust

1. はじめに

虫歯治療の一つに根管治療がある。根管とは歯内部にある歯髄（歯神経や毛細血管）が通っている部分で、虫歯が進行すると歯髄の除去を余儀なくされることになる。その際に歯科用リーマ工具が用いられ、歯髄および周囲の象牙質の一部を除去する。根管は歯の根本の形状に沿って湾曲しており、この形状に沿って除去加工できるような工具の先端は基本的に細くたわみやすい形状になっている。しかし、市販工具の形状は様々であり、それぞれに対する使用手順が考案されている。そのため、良い工具の選択と加工手順は歯科医師の長年の経験と熟練に依存するところが大きく、その切削機構のみならず工具形状と加工手順が切削機構に及ぼす影響は明らかになっていない。

そこで、本研究は歯科用リーマ工具および加工手順による切削機構の解明を目的とし、工作物に象牙を用いて穴あけ加工を行い、トルクおよびスラストを測定した。一方、3次元CADを用いて工具および工作物のモデリングを行うとともに、両者の干渉による切削面積を計算している。また、実験結果と計算結果を比較し、穴あけの進行によるトルクおよびスラストに及ぼす工具および加工手順の影響についても検討を行った。

2. モデリングと解析方法

図1は使用した歯科用リーマ工具であり、切れ刃長さ15mm、直径0.2～1mmのテーパ形状をしている。図2は3次元CAD (Solidworks) によるモデルであり、(a)図が工具、(b)図が工作物である。図2(a)は図1の切れ刃部をデジタルマイクロスコープ（キーエンス HV-6300）を用いて測定し、モデリングしたものである。一方図(b)の工作物は円柱の内部に前加工によって板厚3mmとし、断面図に示すように中央に直径0.2mmの下穴を作成している。切削面積は工具と工作物のモデルを干渉させて求めている。また、切削実験の結果より推定した比切削抵抗を用いてトルクおよびスラストの予測値も求めている。

3. 実験条件および方法

切削実験に使用した機械はNCフライス盤（大阪機工 MHA 350V）であり、表1に示す条件で穴あけ加工を行った。使用した3種類の工具の切れ刃部の長さともに15mmであるが、軸方向切り込み15mmの穴あけ加工を厚さ3mmの工作物を用いて図3に示すように5段階に分割し、それぞれの結果を加算することにより行っている。すなわち、工具先端部のa部を用い、次にb部と順にe部まで使い、穴径を少しずつ広げながら下段より工作物①、②…⑤の加工に相当する実験を行っている。

それぞれの加工実験ではテーブルに工具動力計（Kistler: 9271A）に治具を用いて工作物を固定し、アンプを介してトルクおよびスラストをPCに記録している。

なお穴加工の方法はどの工具においてもZ軸方向に40μm送った後に元の位置まで戻す、ステップ送りで行った。

図1 歯科用リーマ工具

図2 工具および工作物モデル

図3 歯科用リーマ工具

表1 実験条件

工具	A $\eta = 11 \sim 21^\circ$ (3枚刃)
	B $\eta = 11 \sim 24^\circ$ (3枚刃)
	C $\eta = 16 \sim 24^\circ$ (3枚刃)
主軸回転数 N	240 min^{-1}
送り速度	1.44 mm/min
一刃あたりの送り	$2 \mu\text{m/tooth}$
切削方式	ステップ加工(ステップ量 $40 \mu\text{m}$)
工作物	象牙, 直径11mm, 板厚3mm
クーラント	乾式

4. 計算および実験結果と考察

4. 1 ステップ送りにおけるトルクとスラスト

図4は横軸に時間をとり、工具Aにおけるステップ送りにおける切削抵抗の実験値と予測値を比較したもので、(a)図がトルク、(b)図がスラストの結果である。図中にはそれぞれ軸方向への1回のステップ送り40μmによるそれぞれの予測値を実線で併記している。図より実験値と予測値の最大値はほぼ一致しており、ステップ加工後の退避指令により切削は中断しているものの、切削開始時刻は約1.5秒早くなっている。この理由は、前加工用工具から歯科用リーマ工具に取替える際に生じた工具偏心によるためと考えられる。図よりその値を推定すると約3μmとなる。

4. 2 軸方法切り込みによる影響

図5は横軸に軸方向の切り込みをとり、3種類の工具を用いたそれぞれの切り込み位置における切削抵抗の変化を示したもので、(a)図がトルクの最大値、(b)図がスラストの最大値である。なお、図中には実線、破線および一点鎖線で工具A、BおよびCによる予測値を併記している。

(a)図よりどの工具も軸方向切り込みの増加につれて切削点の工具半径も増加するためトルクは増加している。工具AはBおよびCに比べて切り込み3mmで小さいが先端部の半径が小さいことによる。一方(b)図では工具による差が明らかであり、工具Aが切り込み12mmまで最も小さく、次いでB、Cとなっている。工具Cが工具Bに比べ大きな値を示す理由は切れ刃の形状が、後者はテーパとなっているのに対して、前者は後者を中高にふくらんだ形状になっていることおよびねじれ角が増加していることによる。

4. 3 加工手順による影響

図6は横軸に軸方向の切り込みをとり、3種類の加工手順におけるトルクおよびスラストの予測値の変化を比較したものである。各加工手順における使用工具の順番は次の通りである。

手順 1 : 工具A

手順 2 : 工具A→工具B

手順 3 : 工具A→工具B→工具C

手順1によって軸方向切り込み14mm近傍まで除去されるためその後の切り込みで比較しているが、切り込み15mmにおける予測値は実験値とほぼ一致している。また、手順1を除くと手順2および3によってトルクおよびスラストは図5の結果と比較して大幅に減少しており、切り込み14mmで比較すると前者は87%および85%、後者は65%および73%の減少となる。すなわち、根管治療において患者への負担を軽減する目的から、複数の工具を用いた手順2および手順3は有効であることがわかる。

5. まとめ

歯科用リーマ工具を用いて象牙の穴あけ加工を行い、トルクおよびスラストを測定した。また、3次元CADを用い切削面積を計算するとともにトルクおよびスラストを推定し、工具および加工手順による影響について検討を行った。

謝辞

歯科用リーマ工具は新潟大学歯学部総合研究科興地隆史教授に提供いただいた。付記して感謝の意を表す。

(a) トルクの変化

(b) スラストの変化

図4 1ステップにおける切削抵抗の変化

(a) 最大トルクの変化

(b) 最大スラストの変化

図5 切り込み深さにおける切削抵抗の変化

(a) トルクの変化

(b) スラストの変化

図6 使用手順における切削力の変化