歯の高速切削作業シミュレータの開発に関する研究 —手指による微小荷重の制御について—

○川本雅行、井上正義、藤井弁次 （大阪歯科大学歯科保存学講座）

Development of Simulator for High-Speed-Cutting in Dentistry
- Investigation of Fine Control of Cutting Load by Fingers -
Masayuki KAWAMOTO, Masayoshi INOUE and Benji FUJII
(Dept. of Operative Dentistry, Osaka Dental University)

【緒言】

歯の切削に用いられる歯科用エアービンハンドピース（以下 HP ）は 50万r.p.m. の回転性能を持ち、ダイヤモンド砥粒や鋭利なタングステンカーバイドの刃先と組合わせることにより、非常に固いヒトの歯を切削することができる。しかし HP はトルクが小さいため、切削荷重による回転数の変化が急激であり、良好な切削を行うためには手指による高度な切削荷重の制御が必要である。

従来から歯科医学教育においては、HP による切削は「フェザータッチで行うこと」と口頭で指導されているだけであり、意識的な教育は行われていない。そのため、実際の臨床の間では必要以上の荷重で歯の切削が行われている例が多く、歯髓組織や歯周組織への刺激、患者さんの不快感、切削刃の損耗などは意識されないことが多い。切削荷重の微小な制御は重要な技術であるため、また手先の感覚を養うためにも、大学教育において意識的に訓練する必要がある。

今回、切削荷重の微小な制御の効果的な訓練法の開発のための基礎的研究として、高速切削時の微小な切削器具の運動を、実際に切削を行うことなく再現する装置を作製し、その特性を測定した。

【実験装置】

HP によって良好な切削を行うためには、100gf 前後の荷重で 1mm/sec 以下の器具の運動を制御しなければならない。このような器具の運動を再現するため図 1 に示すような装置を考案した。

水を満たしたガラスシリンダ 2 つをテフロンパイプで連結し、その途中に精密ニードルバルブ（NV）

図 1 実験装置の模式図

図 2 シミュレータの模式図

図 3 装置の特性
荷重に対するピストンの移動速度

図4 計測例

上は荷重の変動、下はピストンの移動を示す。横軸は時間(秒)
 左は装置の設定条件A (NV-#10、停止荷重175gf、作業距離20mm)
 右は条件B (#8、100gf、10mm)

と電磁弁を設置した。一方のガラスピストン (PT) を上方に引張ると、その荷重に対応した速度で PT は移動する。PT の移動速度は NV の流量で12段階に調節することができる。

荷重を測定するための小型のロードセルと、移動量を測定するための作動トランス型の変位計を PT に取り付けた。荷重が設定した値 (停止荷重) に達すると、電磁弁が閉じて PT が停止するよう、リレーを接続した。被験者は、荷重を停止荷重以下に制御しながら、PT を引き上げなければならない。作業中の PT への荷重と、PT の移動量を経時的に計測するため、動ひずみアンプとアナライザを接続した。

被験者が実際の臨床に近い姿勢で、また実物の HP を用いて、PT を引張る作業を行えるように、この装置を図2のように実習用マネキンに組込み、高速切削シミュレータとした。図3に荷重に対する PT の移動特性を示す。

このシミュレータにより実際に切削を行うことなく、切削作業時の手指による微小な切削荷重の制御が観察できると考えられる。

【計測の一例と考察】

設定条件A (NV #10、停止荷重175gf、作業距離20mm) および、B (#8、100gf、10mm) の場合の計測の一例を図4に示す。荷重の変動に、手指による

制御の様子が現れていると考えられる。

切削荷重の制御は、中枢において現在の筋の収縮力が適切であるかどうか判断された結果行われる。その判断は、荷重を発生させている筋肉内の筋紡錘や腱紡錘などの固有感覚器を中心にして、聴覚、視覚、触覚など様々な受容器からの情報が中枢にフィードバックされて行われる。

中枢における判断は、フィードバックされる情報によって、意識的 (高次) なものから反射 (低次) まで様々なレベルがあり、制御にはそれらが複合された結果が現れていると考えられる。A の例では、停止荷重を越えたことが受容され、主に高次の制御によって停止荷重以下に荷重が制御されている。B の例では、停止荷重が 100gf と低いと、固有感覚受容器からのフィードバック制御の限界に近い制御が行われていると考えられ、主に低次の制御が行われていると考えられる。

より臨床条件に近いBの設定で PT を引く作業を行うためには、十分な訓練が必要である。このシミュレータにより、初心者と熟練者の制御の差、初心者の学習の過程、フィードバックされる情報の差による制御の変化などが観察できると考えられるが、訓練した被験者で、臨床条件に近い設定で実験を行う必要があると考えられる。