口腔内引張り力測定装置の考案開発

金 本 愛 道

Development and Application of Machinery Intra-Oral Stretcher

Narumichi Kanamoto

緒 言

ヒトの歯周組織について、現在までに形態学的、力学的研究が行なわれてきている。歯周組織の無荷重状態における形態学的研究には秋吉¹⁾、黒川²⁾、山崎³⁾、等をはじめ多くの報告があるが、歯周組織の力学的性状については動揺度や咬合力の研究報告が多く見られる。動揺度の研究としては、山崎⁴⁾、布施⁵⁾、高野⁶⁾、浦上^{7,8)}、Mühleman⁹⁻¹⁵⁾、木村¹⁶⁾、石橋⁷⁻²¹⁾、檜垣^{22,23)}、横田²⁴⁻²⁶⁾、等の多くの報告があり、歯牙の動揺度と補綴臨床を結びつけた研究には、Fenner²⁷⁾、Frechette²⁸⁾、Kaires²⁹⁾、Rehm ら³⁰⁾、尾花³¹⁾、松元^{32,33)}、および梶井³⁴⁾の報告があり、最近では後藤³⁵⁾が歯に対する静的ならびに咬合、咀嚼に伴う動的荷重によって起こる回転機構や変位量について詳細に報告している。

咬合力の研究としては、Haber^{36,37)}、Howells ら³⁸⁾、Yurkstas³⁹⁾、三浦⁴⁰⁾、細川⁴¹⁾、小西⁴²⁾、等の多くの報告があり、当教室でも高見沢⁴³⁾、五十嵐⁴⁴⁾、村田⁴⁵⁾をはじめとして最近では、佐藤⁴⁶⁾、等が各種の咬合力について報告している。歯周組織の力学的性状について検討する時、唇・頬舌の方向、近遠心的方向、長軸方向、等の三次元的方向に対して、その性状を解明しなければならないが、上記の報告は、いずれも唇・頬舌的、や根尖方向に対しての研究であり、垂直、水平方向に対しての引張り力に対する歯周組織の性状については、誰も報告していない。そこで著者らは、歯周組織の三次元的方向、すなわち、唇・頬舌、近遠心、長軸方向に対する力学的

性状を解明する一方法として、歯冠長軸方向および水平方向への引張り力測定が可能な口腔内引張り力測定装置を考案・開発したので、その構造や特徴、測定方法について報告する。

測定装置の構造および特徴

口腔内引張り測定装置の側面観は図1および図2であり上面観は図3、図4である。この口腔内引張り測定装置の各部分について、図1および図3にある①～⑬の番号順に装置の特徴を説明すると次のとおりである。なお、図1および図3の A, B, C, D, は移動距離(単位 mm)を示す。

①：口腔内荷重支持部で、図5はその写真である。上の穴は上顎歯測定用、下の穴は下顎歯測定用である。先端のマイクロベアリングは外径 10 mm, 内径 6 mm, 幅径 4 mm, 基本定格荷重 22 kg のものを使用したがこのマイクロベアリングの使用により、摩擦を最小限に

図 1 側面観図

日本大学大学院歯学研究科補綴学専攻(指導:中沢靖教授)
Nihon University Graduate School of Dentistry, Major
in Prosthodontics (Director: Prof. Yasushi Nakazawa)
昭和48年9月5日受付

図 2 側面観図

図 3 上面観図

できた。

②：引張りコイルパネであり、図6はその写真である。これを使用することにより、持続的にゆるやかな荷重を加えることができる。なお、引張りコイルパネは、自由長さ 130 mm 総巻数 45、材料の径 2.5 mm、コイル外径 25.0 mm、パネ定数 0.16 kg/mm のものを使用した。

③④⑤⑥：③は前後移動調節ハンドルであり、この調節で、Bの方向に 120 mm の前後移動が可能であり、④は荷重調節ネジであり、⑤のハンドルを回転させるとAの方向に 220 mm の前後移動ができ、②の引張りコイルパネと協調して、衝撃力を防止して、任意の荷重速度で持続的な荷重ができる。⑥は③で前後調節後のストッパーであり、前後に2個ある(図7)。

⑦⑧：⑦はCの方向に 100 mm の上下移動調節ハンドルであり、⑧はそのストッパーである(図8)。

図 4 上面観図

図 5 口腔内荷重支持部

⑨：バイトエレメント⁴⁶⁾による荷重測定部であり、両端が金属平面で構成されているため、温度補償、防湿、荷重方向等の点で、従来の口腔内使用法より、その精度と安定性が増している(図9)。

⑩：頭部固定装置で、前方は前頭部を、側方は両外耳孔、後方は安頭台により固定できる(図10)。

⑪：左右の回転調節コックで、左右に6度ずつ合計12度の左右方向への回転移動ができ左側歯、右側歯の測定が可能である(図7)。

⑫：装置全体の基底部であり、デンタルチェアの重量と装置自身の重量で本体が固定され、⑬のコックを調節してDの方向に 250 mm の前後移動がレール上で可能である(図11)。

図 6 引張りコイルバネ

図 8 上下移動調節ハンドル

図 7 前後移動調節ハンドル(a)
および荷重調節ネジ(b)

荷重測定部

荷重測定部は、高見沢⁴⁷⁾らが考案改良した抵抗線歪計式咬合力測定装置に佐藤⁴⁶⁾がさらに若干改良を加えたものを使用し、記録装置は日本光電社製多用途監視記録装置 RM-150 を使用し、記録紙の送り速度は 1.0 mm/sec とした。

測定精度

ペン書きオシログラフにおいて、2,000 g の荷重でペンのふれが 10 mm になるように調節したのちに、図 12 に示す方法で、2,000 g ずつ荷重を増して、ペン書きオ

図 9 荷重測定部

図 10 頭部固定装置

シログラフの記録と照合してみた。図 13 はその成績を示すものであるが、荷重量と、ペン書きオシログラフの記録は、図のように、直線性を示し、マイクロベアリングや荷重測定部の摩擦は無視できる範囲であり、バイト

図 11 装置本体の基底部と本体の前後移動調節レール

図 12 精度試験

図 13 精度試験成績

エレメントの使用精度は従来と同一であり、この装置を今後十分使用できることが明らかとなった。

材料および方法

歯とその歯周組織、顎関節および咀嚼筋群が健常で歯例、咬合関係も正常と思われる 22 才男子 1 名で測定した。まず被験者より得られた石膏模型上で図 14 のようなアダプターを 12% 金銀パラジウム合金 (I 社製) で鑄造作製する。そのアダプターをフィッシングワイヤーで

図 14 アダプター

図 15 矯正用 2 mm 半円管によるアダプターとフィッシングワイヤーの接続

著者らの方法⁴⁸⁾により、可及的に歯の長軸方向に一致させて引張るのであるが、フィッシングワイヤーとアダプターの接続には、図 15 に示すように矯正用 2 mm 半円管を使用した。歯とアダプターの接着には、エチルシアノクリレート系の接着剤 (三共製薬社製アロンアルファ A) を使用した。シアノクリレート系接着剤の歯科用応用法とその無毒性については竹内⁴⁹⁾、浅井ら⁵⁰⁾、江藤⁵¹⁾の報告でも明らかであるが、口腔内使用時には、パキュームを使用して、ガスを吸引しながら注意して使用した。

図 16 はアダプターの脱落等による口腔内組織の損傷を予防し、被験者の精神的安定を得るために作製したプロテクターであり、即時重合レジンで作られている。

表 1 測定成績 (単位 kg)

上 顎 歯	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
測 定 値 (kg)	11.6	12.3	7.1	7.3	8.4	4.3	5.2	5.0	4.2	8.2	7.2	6.9	12.1	11.7
下 顎 歯	7	6	5	4	3	2	1	1	2	3	4	5	6	7
測 定 値 (kg)	10.6	10.8	7.0	6.5	7.5	3.9	3.1	3.0	3.8	7.3	6.1	6.9	10.4	10.4

図 16 プロテクター

図 16 は下顎右側用であるが、同様にして、下顎左側用、上顎左・右側用に、それぞれ各個人に対して 4 個作った。

図 17 は引張り測定を行なっている状態を示しているが、引張り荷重速度は、予備実験の結果、衝撃性のない荷重であり、また一定の速度を保ちやすい 0.25 kg/sec と著者らが任意に決定した。この速度で歯に引張り荷重を加えてゆき、被験者が強い痛みを感じた時の値を、その歯の歯周組織の引張り力とした。被験者 1 名による測定成績を表 1 に示す。測定は 1 日 1 回行ない、隔週 3 回測定したうちの最大値を、その歯の歯周組織の引張り力とした。

図 17 引張り測定を行なっている状態

ま と め

口腔内に加わる力は生理的な力だけでなく、局部床義歯や、延長架橋義歯等において、非生理的な力がしばしば加わり、補綴物や支台歯の損傷を起こしている。そこで、著者らは、歯周組織の三次元的方向に対する力学的性状を解明する一方法として、今回、荷重速度、荷重量、荷重方向の関係が記録できる抵抗線歪計式咬合力測定装置を応用した口腔内引張り力測定装置を考案、開発し、所期の目的を達することができたので、ここにまとめとして、装置の特徴を列記すると、次の通りである。

1. 口腔内使用に適し、口腔組織を損傷しない。
2. 上下、前後、左右に移動し、任意の引張り方向を決定できる。
3. 全歯種の測定ができる。
4. 顎外固定のため、被験歯以外の歯に荷重しない。
5. 引張りコイルバネとネジを使用していることにより、衝撃を防止し、任意の持続的荷重ができる。
6. 測定は抵抗線歪計式咬合力測定装置を応用し、経時的に正確にペン書きオシログラフに記録できる。
7. バイトエレメントの荷重部は金属平面で構成されているため、従来の口腔内使用より、温度補償、防湿、加重方向等の点で優れ、精度、安定性を増している。

8. 荷重支持部にマイクロベアリングを使用し、摩擦を最小限にした。

今後この引張り力測定装置を使用して、ヒトの健常歯歯周組織の力学的性状の研究を行ない、さらに病態歯、床義歯についても検討を加える予定である。

本論文の要旨は日本大学歯学会昭和 47 年度大会において発表した。

稿を終るに臨み、本研究に際して、終始ご懇篤なるご指導とご校閲を賜った中沢靖教授、物理学の立場よりご指導をいただいた津野田修吉教授、山本茂年先生、機械作製上ご助言下さいましたサクライ精機株式会社の皆様に深く感謝の意を表します。

併せて本研究にご援助いただいた本教室の森谷良彦講師、佐藤友彦先生、工藤忠男先生に謝意を表します。

文 献

- 1) 秋吉正豊：歯周組織の構造と病理，歯周病学，東京，医歯薬出版，26～64，1962。
- 2) 黒川博行：成人歯根膜の厚さと線維の走行方向，日組織記，1：2，227～230，1950。
- 3) 山崎三郎：日本人永久歯の歯根表面積に関する研究，人類・人類遺伝学・体質学論文集，19 冊：1～27，1952。
- 4) 山崎城之助：歯の動揺の測定法，口腔病会誌，15：445，1941。
- 5) 布施貞夫，高野英夫：歯の動揺度の 1 測定法，歯誌，6：11，485～490，1949。
- 6) 高野英夫：歯の動揺の研究（その 1），歯誌，7：4，14～17，1950。
- 7) 浦上景彦：歯牙動揺度の研究，九州歯会誌，11：2，140～162，1957。
- 8) 浦上景彦：歯牙動揺度の研究，九州歯会誌，11：3，306～323，1957。
- 9) Mühleman, H.R. : Periodontometry, a method for measuring tooth mobility, Oralsurg., 4: 1220～1233, 1951.
- 10) Mühleman, H.R. : Tooth mobility, the measuring method initial and secondary tooth mobility, J. Periodont., 25: 22～29, 1954.
- 11) Mühleman, H.R. : Tooth mobility (II) the role of interdental contact points and of activation on tooth mobility, J. Periodont., 25: 128～137, 1954.
- 12) Mühleman, H.R. (1954) : Tooth mobility (III) the mechanism of tooth mobility, J. Periodont., 25: 128～137, 1954.
- 13) Mühleman, H.R. : Tooth mobility (IV) tooth mobility changes through artificial alterations of the periodontium, J. Periodont., 25: 198～202, 1954.
- 14) Mühleman, H.R. : Tooth mobility (V) tooth mobility changes through artificial trauma, J. Periodont., 25: 202～208, 1954.
- 15) Mühleman, H.R. : 10 years of tooth mobility measure measurements, J. Periodont., 31: 110～122, 1960.
- 16) 木村一雄，石橋直澄：ダイヤルゲージを応用した歯牙動揺度測定器に就いて，口腔病会誌，19：115～117，1952。
- 17) 石橋直澄：歯牙の動揺に関する実験的研究（第 1 報）荷重と動揺との関係について，口腔病会誌，20：187～191，1953。
- 18) 石橋直澄：歯牙の動揺に関する実験的研究（第 2 報）歯槽骨の吸収と動揺度との関係，口腔病会誌，21：108～117，1954。
- 19) 石橋直澄：歯牙の動揺に関する実験的研究（第 3 報）主として歯根膜の性状の変化と動揺との関係，口腔病会誌，24：1～10，1957。
- 20) 石橋直澄：歯牙の動揺に関する実験的研究（第 4 報）歯牙動揺の立体的観察，口腔病会誌，25：31～35，1958。
- 21) 石橋直澄：歯牙の動揺に関する実験的研究（第 5 報）歯牙の年齢・性による変化，口腔病会誌，25：36～39，1958。
- 22) 檜垣麟三，石橋直澄：歯牙の生理的動揺度の年齢的観察，歯界展望，12：7，274，1955。
- 23) 檜垣麟三，石橋真澄：歯牙の生理的動揺度の年齢的観察，歯界展望，12：12，445，1955。
- 24) 横田 晟，太田俊平（1966）：強制力による歯の垂直変位，日矯正歯会誌，25：265，1966。
- 25) 横田 晟，太田俊平：強制力による歯の垂直変位（第 2 報），日矯正歯会誌，26：237～238，1967。
- 26) 横田 晟，石川保英，太田俊平：強制力による歯の垂直変位（第 3 報），日矯正歯会誌，27：454～455，1968。
- 27) Fenner, W., Gerber, A. and Mühleman, H.R. : Tooth mobility changes during treatment with partial denture prosthesis, J. Prosth. Dent., 6: 4, 520～525, 1965.
- 28) Frechette, A.R. : The influence of partial denture design on distribution of force to abutment teeth, J. Prosth. Dent., 6: 2, 195～212, 1956.
- 29) Kaires, A.K. : Effect of partial denture design on unilateral force distributions, J. Prosth. Dent., 6: 4, 526～533, 1956.
- 30) Rehm, H., Körber, E. und Körber, K.H. : Biophysikalischer Beitrag zur Problematik storr abgestützter Frendprothesen, Dtsch. zahnärzt. Z., 17:

963~975, 1962.

- 31) 尾花甚一, 水野克弘, 地挽英彦, 河原俊郷, 佐藤 裕: 部分床義歯の予後に関する臨床的研究(第4報)鉤歯の動揺について, 日補綴歯会誌, 7: 1, 148~155, 1963.
- 32) 松元 誠, 梶井 徹: 歯牙動揺度測定装置の試作と, その補綴臨床における応用について(作動精度と応用域について), 日補綴歯会誌, 11: 1, 48~61, 1967.
- 33) Matsumoto, M. and Goto, T.: Lateral force distribution in partial denture design, J. dent. Res., 49: 359~364, 1970.
- 34) 梶井 徹: 新しい装置による歯の生理的動揺の大きさとその性質について, 日補綴歯会誌, 11: 2, 129~151, 1967.
- 35) 後藤建機: 歯牙の生理的動揺に関する実験的研究, 歯科学報, 71: 6, 1415~1444, 1971.
- 36) Haber, G.: Der Harbersche Kaudruckmesser, Zahnarzt. Rdsch, Jg. 35: 831~833, 1926.
- 37) Haber, G.: Der Harbersche Kaudruckmesser, Dtsch. Mschr. Zahnhlk., Jg. 44: 887~891, 1926.
- 38) Homell, A.H. & Manly, R.S.: An Electronic Strain Gaugl for Measuring Oral Forces, J. dent. Res., Vol. 27: 705~712, 1948.
- 39) Yurkstas, A.: The Effect of Masticatory Exercise on the Maximum Force Tolerance of Individual Teeth, J. dent. Res., Vol. 32: 322~325, 1953.
- 40) 三浦不二夫, 角田正明: 咬合圧(咀嚼圧)に関する研究, 日歯医師会誌, 7: 293~298, 1954.
- 41) 細川貞雄: 歯牙の咬合力に関する研究, 医研究, 29: 2915~2923, 1959.
- 42) 小西繁一: 人歯牙の健全歯および諸種疾患ならびに補綴における咬合圧に関する研究, 日口腔会誌, 8: 41~7458, 1959.
- 43) 高見沢忠: 健全永久歯の相対咬合力および個歯咬合力に関する研究, 日補綴歯会誌, 9: 217~263, 1965.
- 44) 五十嵐孝義: 部分または全部鋳造冠で被覆された単独歯と橋義歯の橋脚歯および橋体との咬合力に関する研究, 日補綴歯会誌, 10, 1~17, 1966.
- 45) 村田 隆: 歯周病罹患歯の個歯咬合力に関する研究, 日補綴歯会誌, 12, 76~92, 1968.
- 46) 佐藤友彦: 健全永久歯の相対咬合力および個歯咬合力に関する研究, 日補綴歯会誌, 9: 217~263, 1965.
- 47) 小山正宏, 五十嵐孝義, 高見沢忠, 榎沢健司, 笠井仁治, 森谷良彦: 抵抗線歪計式咬合力測定装置の考案, 日補綴歯会誌, 7: 190~195, 1963.
- 48) 森谷良彦, 金本愛道, 桑田晋作, 児玉 実, 松永俊雄, 志田啓二, 遠藤憲史, 甘利直和: 臨床歯冠における各種軸方向の決定の個人差に関する研究, 日補綴歯誌, 17: 254~258, 1973.
- 49) 竹内光春: シアノクリレート系接着剤の歯科領域での応用の概要, 高分子加工, 19: 93~102, 1970.
- 50) 浅井康宏, 田上隆弘, 木下正道, 鳥井栄一, 長久保武彦, 対島具海, 関根永滋: Ethyl-cyanoarylate monomer および methyl methacrylate polymer による齦歯予防填塞材が歯髄におよぼす影響に関する臨床病理学的研究, 歯科学報, 66: 1123~1132, 1966.
- 51) 江藤万平: 合成樹脂接着剤による齦歯予防填塞物の窩溝における引張り残留状態に関する研究, 口腔衛生学会雑誌, 19: 170~200, 1969.