ヒトの歯の耐疼痛限界における 牽引荷重量について

福 本 顕 嗣

The Pulling Capacity of Human Tooth Limited by Pain

Akitsugu Fukumoto

第1章 緒 言

歯周組織の組織学的、生理学および力学的等の諸性状を解明することは、歯科医学、特に補綴学、歯周病学、矯正学の分野において重要である。したがって临床上、歯に加わった外力あるいは咬合力が、歯周組織にどのような影響を及ぼすかを解明し、歯および歯周組織が正常な機能を営めるように処置することが要求される。特に補綴学においては、局部床義歯を設計する際に、義歯床の着脱方向の決定や鉤歯の選択ならびに維持装置の種類の決定等に、また架橋義歯においては、欠損部に対応して支台歯数を決定したり、歯の挺出、捻転および傾斜等が起こっている際に、咬合力が歯周組織に破壊的に働かないような総合的処置を考え、設計をする必要がある。

従来から歯の動揺度や咬合力については、多くの研究報告がされている。布施¹⁾ら、石橋²⁻⁶⁾、Mühlemann⁷⁻¹²⁾、倉島¹³⁾、梶井¹⁴⁾等は唇・頬舌的動揺度を、また Picton¹⁵⁾、Rehm¹⁶⁾ら、横田¹⁷⁻¹⁹⁾ら、後藤²⁰⁾等は唇・頬舌的方向への動揺度とともに、根尖方向への圧入変位量などについて、それぞれ各自の考案した装置を用いて測定し、その結果について報告している。

咬合力の研究としては、Dennis²¹⁾ が発条式測定器を使用してこれを測定し、広く注意を喚起して以来、Haber²²⁾ は発条式応用の測定器を用い、Howell²³⁾ らは電氣的測定器を用い、三浦²⁴⁾ らは高周波利用による condenser-method の電気圧力計を用いて、それぞれ成年男

子の最大咬合力を測定している。当教室でも高見沢²⁵⁾および佐藤²⁶⁾が抵抗線歪計式咬合力測定装置を用いて、20歳代男子で、咬合力を測定している。

日常、歯には唇・頬舌的、近遠心的および根尖方向への荷重が与えられ、また局部床義歯、歯冠補綴物および架橋義歯を用いている場合は、鉤歯および支台歯に対し、垂直方向あるいは水平方向の引張り荷重が付与される場合がしばしばある。特に近年局部床義歯の連結装置として、精密な各種アタッチメントが使用されているが、これらの義歯の着脱時に、維持歯に 3~4 kg の引張り荷重²⁷⁾が加えられることが報告されている。また延長架橋義歯の支台歯にも咀嚼時に垂直方向への引張り荷重²⁸⁾が働いていることが報告されている。

適切な補綴処置をするためには、従来の動揺度や咬合力の研究で検討されている唇・頬舌的方向や根尖方向への荷重のみでなく、垂直および水平方向への引張り荷重についても検討し、歯周組織に与えられる外力に対する反応を解明する必要があると思われる。そこで著者は自ら考案した口腔内引張り力測定装置²⁹⁾を使用して、歯の垂直方向および水平方向への牽引に対して被験者が堪えうる最大荷重量（以下引張り力と仮称する）を測定したので、その結果について報告する。

第2章 材料および方法

第1節 被験者および被験歯

被験者は 20 歳代の健康な男子で、歯とその歯周組織、顎関節および咀嚼筋群が健常で、歯列、咬合関係も正常と思われる者 50 名である。なお被験歯は測定の都合上、垂直方向の引張り力では上下顎の中切歯から第 2 大臼歯までの各歯、水平方向の引張り力では同じく中切歯から第 2 小臼歯の各歯までとした。

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

昭和 49 年 1 月 22 日受付

第2節 測定装置

測定装置は高見沢^{30,31)}らが考案、開発した抵抗線歪計式咬合力測定装置に、佐藤がさらに改良を加えた咬合力測定装置を参考にして、著者が考案した口腔内引張り力測定装置²⁹⁾である。

第3節 測定方法

(1) 準備

i) アダプターの製作：被験者の上下顎歯列を各個トレーを用いてチオコールラバー印象材で印象採得し、超硬石膏歯列模型を製作した。この模型上で各被験歯に使用するアダプターを12%金銀パラジウム合金（石福金属工業社製）で鋳造製作した。アダプターは各被験歯ごとに1個ずつ合計28個製作し、そのフックは、垂直方向の引張り力では上下顎の中切歯から第2大臼歯までに垂直のものを、水平方向の引張り力では同じく中切歯から第2小臼歯までに水平のものを付けた（図1）。なお垂直フックは歯軸方向のガイドとなるようにし、水平フックは臨床歯冠の唇・頬側面輪郭の高さの中央に位置する

図1 アダプターおよびフック

ように設置した。このアダプターと測定装置とを fishing wire で連絡し、著者らの方法³²⁾によつて歯の垂直方向および水平方向に一致させて牽引した。なお歯とアダプターとの接着には、竹内³³⁾、浅井³⁴⁾、江藤³⁵⁾等が歯科領域へ応用している、エチルシアノクリレート系接着材（三共製薬製アロンアルファA）を使用した。

ii) プロテクターの製作：口腔内組織の損傷を予防するとともに、被験者の精神的な安定を図るために、上下顎の左右側のそれぞれ各片側について、すなわち1被験者について計4個のプロテクターを即時重合レジンで製作した。下顎右側歯用プロテクターを図2に示した。

iii) 記録装置の調整：記録装置としては日本光電製多用途監視記録装置（RM-150）を使用した。記録装置の調整は、ペン書きオシログラフ上において、10 kg でペンが 50 mm 振れるように調整し、記録紙の送り速度は 1.0 mm/sec とした。準備完了後、被験者を歯科用治療椅子に安座させ、上顎歯測定時には、カンベル氏平面と床面とが、下顎歯測定時には咬合平面と床面とがそれぞれ平行になるように頭部を固定した。測定はすべてシールドルーム内で行なつた。

(2) 測定方法

測定に関しては、荷重速度と、荷重方向とが問題となる。荷重方向のうち垂直方向とは、いわゆる歯軸にほぼ一致した方向であり（以後垂直方向と略す）、水平方向とは、アダプター上のフックの位置で、歯の横断面輪郭を近遠心的に切半する水平線の方であつて、上顎歯で

図2 プロテクター

図 3 測定装置

はカンペル氏平面に、下顎歯では咬合平面にほぼ平行で、舌側から唇側側へ向う方向である（以後水平方向と略す）。測定に際して、垂直および水平の両方向への引張りに伴う著者の作業誤差は、別に報告³²⁾してあり、 $\pm 5\%$ であった。

図3は測定装置を示したものである。測定は上下顎のそれぞれ片側ずつについて行ない、それぞれ前歯部、小臼歯部、大臼歯部の順に測定した。最初に垂直方向の測定を行ない、30分の休息時間を与えた後、水平方向の測定を行なった。荷重速度は、予備実験の結果から、衝撃性がなく、一定の速度が保てるものとして、 0.25 kg/sec を選んだ。この荷重速度で各被験歯に引張り荷重を加え、これによつて被験者が感ずる疼痛が堪えうる限界に達した時（これを耐疼痛限界と称した）の荷重の大きさを測定値とした。測定は1日1回で、隔週に3回行ない、そのうちの最大値をその歯における測定値とした。

以下垂直方向の引張りにおける測定値を垂直引張り力、水平方向の引張りにおける測定値を水平引張り力と略記する。

第3章 成績

第1節 垂直引張り力

(1) 上下顎の全歯別における垂直引張り力

上下顎の全歯別における垂直引張り力の平均値および母平均値の信頼区間 ($\alpha=0.05$) は表1に示すとおりである^{36, 37)}。これらの各歯の垂直引張り力は、上顎では、右側で第1小臼歯と第2小臼歯とが同じ値を示す以外は、左右側ともに $1 < 2 < 5 < 4 < 3 < 7 < 6$ の順に大である（図4）。下顎では、左右側ともに $1 < 2 < 4 < 5 < 3 < 7 < 6$ の順に大である（図5）。また上下顎、左右側ごとの各歯別の垂直引張り力の相互間の差の有意性は図6～9³⁸⁾

表 1 上下顎の各歯別における垂直引張り力（単位：kg）

側別 歯別		左 側		右 側	
		平均値	信頼区間	平均値	信頼区間
上 顎	1	5.2	4.8~5.6	5.5	5.0~6.0
	2	4.8	4.2~5.4	4.7	4.1~5.3
	3	8.0	7.5~8.7	8.3	7.7~8.9
	4	7.9	7.3~8.5	8.1	7.4~8.8
	5	7.8	7.2~8.4	8.1	7.5~8.7
	6	12.5	11.8~13.2	12.2	11.4~13.0
	7	12.1	11.4~12.8	11.6	10.9~12.3
下 顎	1	3.9	3.4~4.4	4.0	3.6~4.4
	2	4.0	3.6~4.4	4.2	3.8~4.6
	3	8.0	7.2~8.8	8.1	7.5~8.7
	4	7.5	6.8~8.2	7.6	6.9~8.3
	5	7.6	7.0~8.2	7.8	7.0~8.6
	6	11.5	10.7~12.3	11.2	10.5~11.9
	7	10.4	9.6~11.2	10.2	9.4~11.0

($\alpha=0.05$)

に示すとおりである。すなわち、いずれの顎、いずれの体側においても、中切歯と側切歯との間（1群）、犬歯、第1小臼歯および第2小臼歯の相互間（2群）ならびに第1大臼歯と第2大臼歯との間（3群）には、それぞれ有意な差が認められなかったが、1～3群相互間には有意性が認められた。

(2) 垂直引張り力の左右同名歯間の比較

i) 上顎

上顎の左右同名歯における垂直引張り力は、表1、図4に示すとおりで、左右の同名歯間には、わずかな差が認められるがいずれも有意ではない。

ii) 下顎

下顎の左右同名歯における垂直引張り力は、表1、図5に示すとおりで、左右の同名歯間には、わずかな差が認められるが、いずれも有意ではない。

(3) 垂直引張り力の上下顎同名歯間の比較

i) 左側

左側の上下顎同名歯における垂直引張り力は、表1、図10に示すとおりである。上顎歯では下顎歯よりも、いずれも大きい値がみられるが、中切歯以外では、顎差は有意でない。

ii) 右側

右側の上下顎同名歯における垂直引張り力は、表1、

図 4 垂直引張り力の左右同名歯間比較（上顎）

図 5 垂直引張り力の左右同名歯間比較（下顎）

図 6 各歯別の垂直引張り力相互間の差の有意性（上顎左側）

- (注) 1. 下段の数字は垂直引張り力 (kg) を示す。
 2. 上段の数字は各歯別を示し、それらの間の不等号 (<) は単に垂直引張り力の大小を示す。
 3. 横の実線で結んだ縦の破線に属する各歯別は、●印を付けた歯別との間に有意差を示さないものである。

図 7 各歯別の垂直引張り力相互間の差の有意性（上顎右側）

(注) 図 6 の注参照。

図 11 に示すおりである。上顎歯は下顎歯よりも、いずれも大きい値を示しているが、左側と同様に、中切歯以外では、顎差は有意でない。

図 8 各歯別の垂直引張り力相互間の差の有意性
(下顎左側)

(注) 図 6 の注参照.

図 9 各歯別の垂直引張り力相互間の差の有意性
(下顎右側)

(注) 図 6 の注参照.

図 10 垂直引張り力の上下顎同名歯間比較 (左側)

(注) ○印を付けた歯別の上顎歯は下顎歯より有意に大である.

図 11 垂直引張り力の上下顎同名歯間比較 (右側)

(注) 図 10 の注を参照.

第 2 節 水平引張り力

(1) 上下顎の各歯別における水平引張り力

上下顎の各歯別における水平引張り力の平均値および

母平均値の信頼区間 ($\alpha=0.05$) は表 2 に示すとおりである。これらの各歯の水平引張り力の大きさの順位は垂直引張り力とほぼ同じ傾向を示し、上顎では左右ともに、 $2 < 1 < 5 < 4 < 3$ の順に大きい値を示し (図 12)、下

図 12 水平引張り力の左右同名歯間比較 (上顎)

図 13 水平引張り力の左右同名歯間比較 (下顎)

図 14 各歯別の水平引張り力相互間の差の有意性 (上顎左側)

図 15 各歯別の水平引張り力相互間の差の有意性 (上顎右側)

- (注) 1. 下段の数字は水平引張り力 (kg) を示す。
 2. 上段の数字は各歯別を示し、それらの間の不等号 (<) は単に水平引張り力の大小を示す。
 3. 横の実線で結んだ縦の破線に属する各歯別は、●印を付けた歯別との間に有意性を示さないものである。

(注) 図 14 の注参照。

顎では、左側で中切歯と側切歯とが同じ値を示す以外は、左右ともに $2 < 1 < 4 < 5 < 3$ の順に大きい値を示している (図 13)。

また上下顎、左右側ごとの、各歯別の水平引張り力相

図 16 各歯別の水平引張り力相互間の差の有意性（下顎左側）

（注）図 14 の注参照。

図 17 各歯別の水平引張り力相互間の差の有意性（下顎右側）

（注）図 14 の注参照。

互間の差の有意性は、図 14～17 に示すとおりである。すなわち、いずれの顎、いずれの体側においても、中切歯と側切歯との間（1 群）と、犬歯、第 1 小臼歯および、第 2 小臼歯の相互間（2 群）とは、有意性は認められないが、1 群と 2 群との間には有意性が認められる。

(2) 水平引張り力の左右同名歯間の比較

i) 上顎

上顎の左右同名歯における水平引張り力は表 2、図 12

表 2 上下顎の各歯別における水平引張り力（単位：kg）

側別 歯別		左 側		右 側	
		平均値	信頼区間	平均値	信頼区間
上 顎	1	7.3	6.5～7.8	7.2	6.6～7.8
	2	6.8	6.1～7.5	6.5	5.8～7.2
	3	9.1	8.2～10.0	9.3	8.4～10.2
	4	8.9	8.1～9.7	9.1	8.3～9.9
	5	8.8	8.0～9.6	8.7	8.0～9.4
下 顎	1	5.7	5.2～6.2	5.8	5.2～6.4
	2	5.7	5.1～6.3	5.9	5.2～6.6
	3	9.0	8.3～9.7	9.0	8.2～9.8
	4	8.3	7.8～8.8	8.5	7.8～9.2
	5	8.6	8.1～9.1	8.8	8.2～9.4

($\alpha=0.05$)

図 18 水平引張り力の上下顎同名歯間比較（左側）

（注）図 10 の注を参照図。

に示すとおりである。左右の同名歯間には、わずかの差が認められるが、いずれも有意ではない。

ii) 下顎

下顎の左右同名歯における水平引張り力は表 2、図 13

図 19 水平引張り力の上下顎同名歯間比較 (右側)

(注) 図 10 の注を参照。

に示すとおりである。犬歯で左右が等しい以外は、右側歯のほうが左側歯よりわずかに大であるが、左右の同名歯間の差は、いずれも有意ではない。

(3) 水平引張り力の上下顎同名歯間の比較

i) 左側

左側の上下顎同名歯における水平引張り力は表 2, 図 18 に示すとおりである。上顎歯は下顎歯よりも大であるが、中切歯以外では、顎差は有意でない。

ii) 右側

右側の上下顎同名歯における水平引張り力は表 2, 図 19 に示すとおりである。第 2 小臼歯において下顎歯が上顎歯よりわずかに大きい以外は、下顎歯よりも上顎歯が大であるが、中切歯以外では、顎差は有意でない。

第 3 節 垂直引張り力と水平引張り力との比較

i) 上顎

上顎の各歯別における垂直引張り力と水平引張り力とを比較すると、図 20 に示すとおりである。左右のいずれの歯別においても、水平引張り力は垂直引張り力よりも大であるが、両引張り力の間の差は、中切歯および側切歯においてのみ有意である。

図 20 上顎各歯別の垂直引張り力と水平引張り力との比較
(注) ○印を付けた歯別では有意差が認められる。

図 21 下顎各歯別の垂直引張り力と水平引張り力との比較
(注) 図 20 の注参照

ii) 下顎

下顎の各歯別における垂直引張り力と水平引張り力とを比較すると、図 21 に示すとおりである。下顎歯でも上顎歯と同じように、左右のいずれの歯別においても、水平引張り力は垂直引張り力よりも大であるが、両引張り力間の差は、中切歯および側切歯においてのみ有意である。

第 4 章 総括および検討

以上の成績を総括すると次のとおりである。

1. 垂直引張り力

各歯別における垂直引張り力は6で最大(12.5 kg)で、以下6<7<7<6<7<7<3<3<4<5<3<3<4<5<5<4<1<1<2<2<2<1<2の順に小であり、1で最小3.9 kgである。

歯周組織に関する従来の報告には、著者の今回測定した垂直引張り力に類似する報告がみられないので、上記の成績と先人の成績とを比較することはできない。しかし被験者や測定装置(抵抗線歪計式咬合力測定装置)を、著者とほぼ同じ条件で、著者と反対の方向に、すなわち歯軸にそって根尖方向に荷重を加えたと考えられる、高見沢の成績と比較すると、いずれも垂直引張り力が低い値を示し、垂直引張り力の個歯咬合力に対する百分比を見ると表3のとおりである。上下顎を通じて垂直引張り力は個歯咬合力の13%~43%であり、その百分比は前歯部(19~34%)で臼歯部(13~19%)よりも大である。

上下顎の各歯別の垂直引張り力の大きさの大から小への順位を顎別、体側別にみると、上顎では左右ともに、第1大臼歯、第2大臼歯、犬歯、小白歯群、中切歯および側切歯の順であり、下顎では左右ともに、第1大臼歯、第2大臼歯、犬歯、小白歯群および切歯群の順である。この順位は高見沢²⁵⁾の個歯咬合力におけるものとはほぼ等しく、咬合力値は犬歯で小白歯群よりも小であるが、垂直引張り力は犬歯で小白歯群よりも見かけ上僅かに大である。

左右同名歯の垂直引張り力には、上下顎ともに、すべての歯別で有意な側差は認められず、また上下顎同名歯の垂直引張り力には左右ともに、中切歯以外では、有意な顎差は認められない。

Morelli³⁹⁾は歯根表面積と咬合力との関係について研究し、咬合力が歯根表面積に相応した値を示すと述べている。著者の垂直引張り力と歯根表面積^{40,41)}との間にも同じような関係があると考えられる。

2. 水平引張り力

各歯別における水平引張り力は3で最大(9.3 kg)で、以下3<4<3<3<4<5<5<5<5<4<4<1<1<2<2<2<1の順に小であり、2=1(5.7 kg)で最小である。

唇・頬舌の方向へ荷重を加え、歯の変位量について検討した報告には、著者が今回測定したように、被験者が疼痛に堪えうる限界まで荷重したものはなく、研究目的によつて多少異なるが、いずれの研究者も一定の荷重量についてのみ報告している。それらの報告の荷重量を列記すると、Mühlemann^{7,8)}および石橋⁴⁾が健全歯の上下

表3 個人歯咬合力と垂直および水平引張り力との比較

齒 別	個 咬合力(a)	齒 直 引張り力(b)	$\frac{b}{a} \times 100$	水 引張り力(c)	平 $\frac{c}{a} \times 100$	
上 顎	1	15.6 kg	5.4 kg	34	7.1 kg	45
	2	15.9	4.6	28	6.7	42
	3	29.0	8.2	28	9.2	31
	4	41.1	8.0	19	9.0	21
	5	49.3	8.0	16	8.6	17
	6	65.4	12.4	18	—	—
	7	60.9	11.9	19	—	—
下 顎	1	20.2	4.0	19	5.7	28
	2	19.7	4.1	20	5.8	29
	3	31.5	8.1	25	9.0	28
	4	44.3	7.6	17	8.4	18
	5	55.4	7.7	13	8.7	15
	6	74.5	11.4	15	—	—
	7	70.5	10.3	14	—	—

(注) 1. 個歯咬合力は高見沢²⁵⁾から引用した。

2. 各力の数値は左右の平均値である。

顎前歯部に2 kgの荷重を加えているほかに、倉島¹³⁾が上顎左右切歯に、0.5 kg、梶井¹⁴⁾が下顎第1小白歯に0.2 kg、後藤²⁰⁾が上顎中切歯と上顎第1小白歯とに1 kgの荷重を加え、荷重と歯の変位量との関係について検討している。このように従来の報告における荷重量が著者の成績と比べて低いのは、Mühlemann^{7,8)}および石橋⁴⁾が指摘しているように、健全歯の変位は1.50 kg~1.75 kgの側方荷重によつて、ほとんどその限界に達することによつてのもと考えられる。また上記の研究者らの装置では、2 kg以上の荷重を加えることが、構造上不可能であつたことにもよるものと推察される。

水平引張り力の個歯咬合力に対する百分比を見ると(表3)、上下顎を通じて水平引張り力は個歯咬合力の15~45%であり、その百分比は前歯部(28~45%)で小白歯部(15~21%)よりも大である。

上下顎の各歯別の水平引張り力の大きさの大から小への順位を顎別、体側別にみると、上顎では左右ともに、犬歯、第1小白歯、第2小白歯、中切歯および側切歯の順であり、下顎では左右ともに、犬歯、第2小白歯、第1小白歯および切歯群の順である。左右同名歯の水平引張り力には、上下顎ともに、すべての歯別において有意な側差は認められない。また上下顎同名歯の水平引張

り力にも、中切歯以外では、有意な顎差は認められない。以上のことから水平引張り力も垂直引張り力と同様に、歯根表面積の大小に相応した引張り力を示すものと考えられる。

3. 垂直引張り力と水平引張り力との比較

上下顎、左右側ともに、水平引張り力は垂直引張り力よりも大であるが、両引張り力の間に有意差のあるのは、上下顎、左右の中切歯および側切歯のみである。

補綴学的には、stress breaker のない延長架橋義歯は、支台歯に側方力だけでなく、垂直方向への引張り荷重も加えられるので、遊離端義歯の設計には、stress breaker を設置することによって、支台歯に垂直引張り力が加わらないよう配慮しなければならない。また下顎の中切歯および側切歯の垂直引張り力は、他の歯別のものよりも弱いので、テレスコープ冠（二重金冠）のように維持力の強い連絡装置を使用する時には、テーパ一度を強めたり、歯冠長径を短くしたりする等の配慮が必要であると思われる。

歯の水平引張り力が垂直引張り力より大きい傾向にあることは矯正学的立場からも考慮されるべきであろう。

また日常の臨床において、歯周疾患に罹患した上顎前歯部が接触点を失って、前下方に突出（挺出）したような状態になって、外傷性咬合を引き起こしているのを、しばしば見ることがある。このことは前方運動時に、上顎前歯部に唇舌的な荷重が舌側から加わり、接触点を失った結果であろうと考えられる。

第5章 結 論

著者は健康な永久歯を有し、歯列、咬合および咬交関係も正常と思われる20歳代男子50名を対象として、著者の考案・開発した口腔内引張り力測定装置を用いて、歯の牽引力に対する抵抗力を測定した。歯軸にほぼ一致した方向における引張り力（垂直引張り力）および唇・頬舌的で水平な方向における引張り力（水平引張り力）のそれぞれについて検索し、次のような結論を得た。

1. 垂直引張り力を小さいものから順にあげると、上顎では左右ともに、側切歯≒中切歯<第2小臼歯≒第1小臼歯≒犬歯<第2大臼歯≒第1大臼歯の順であり、下顎では左右ともに、中切歯≒側切歯<第1小臼歯≒第2小臼歯≒犬歯<第2大臼歯≒第1大臼歯の順である（ただし≒は有意差のないことを示し<は有意差のあることを示している）。

2. 水平引張り力を小さいものから順にあげると、上

顎では左右ともに、側切歯≒中切歯<第2小臼歯≒第1小臼歯≒犬歯の順であり、下顎では左右ともに中切歯≒側切歯<第1小臼歯≒第2小臼歯≒犬歯の順である。

3. 左右同名歯の垂直引張り力および水平引張り力はともに、右側歯のほうが、わずかに大きい、いずれの歯別においても有意な差はみられない。

4. 上下顎同名歯の垂直引張り力および水平引張り力はともに、上顎歯のほうが大であるが、中切歯以外では、有意な差は認められない。

5. 垂直引張り力と水平引張り力とを比較すると、上下顎の左右側のいずれの歯においても、水平引張り力は垂直引張り力よりも大である。しかし中切歯および側切歯を除く各歯別では、その差は有意でない。

本研究の要旨は、第24回日本大学歯学会総会（1972年5月14日）、第59回日本補綴歯科学会（1972年8月24日）、第60回日本補綴歯科学会（1973年9月26日）、および日本大学歯学会昭和48年度大会（1973年12月1日）において逐次発表した。

本研究に際し終始ご懇篤なご指導およびご校閲を賜った中沢靖教授、またご専攻の立場からご指導を賜った日本大学松戸歯科大学加藤信一教授および同尾崎公教授に深く感謝の意を表します。あわせて日頃ご助言ご鞭撻をいただいた大木一三教授、五十嵐孝義助教授、森谷良彦講師に感謝の意を表します。また本論文の起草に当たってご援助下さった本教室の諸先生に謝意を表します。

文 献

- 1) 布施貞夫、高野英夫：歯の動揺度の1測定法、歯科学誌、6、11：485～490、1949。
- 2) 石橋真澄：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。
- 3) 石橋真澄：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。
- 4) 石橋真澄：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。
- 5) 石橋真澄：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。
- 6) 石橋真澄：歯牙の動揺に関する実験的研究（第5報）歯牙動揺の年齢・性による変化、口腔病会誌、25：36～39、1958。
- 7) Mühlemann, H.R.: Periodontometry, a method for measuring tooth mobility, Oral surg., 4：1220～1233、1951。

- 8) Mühlemann, H.R. : Tooth mobility, (I) The measuring method. Initial and secondary tooth mobility, J. Periodont., 25 : 22~29, 1954.
- 9) Mühlemann, H.R. : Tooth mobility, (II) The role of inter dental contact points and of activation on tooth mobility, J. Periodont., 25 : 125~128, 1954.
- 10) Mühlemann, H.R. : Tooth mobility, (III) The mechanism of tooth mobility, J. Periodont., 25 : 128~137, 1954.
- 11) Mühlemann, H.R. : Tooth mobility, (IV) Tooth mobility changes through artificial alterations of the periodontium, J. Periodont., 25 : 198~202, 1954.
- 12) Mühlemann, H.R. : Tooth mobility, (V) Tooth mobility changes through artificial trauma, J. Periodont., 25 : 202~208, 1954.
- 13) 倉島晃一 : 歯周組織の力学的性状に関する研究 (とくに歯根膜および歯槽骨について), 口腔病会誌, 30 : 361~365, 1963.
- 14) 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, 日補綴会誌, 11, 2 : 129~151, 1967.
- 15) Picton, D.C.A. : A study of normal tooth mobility and the changes with periodontal disease, Dent. Practit. dent. Rec., 12 : 167~173, 1962.
- 16) Reh, H., Körber, E. und Körber, K.H. : Biophysikalischer Beitrag zur Problematik starr abgestützter Freiendprothesen, Dtsh. zahnärztl. Ztschr., 17 : 963~975, 1962.
- 17) 横田 晟, 太田俊平 : 強制力による歯の垂直変位; 日矯正歯会誌, 25 : 265, 1966.
- 18) 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.
- 19) 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.
- 20) 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.
- 21) Dennis, G.J. : A study of the masticating force of the jaws, Dent. Cosm., 35 : 1045~1047, 1893.
- 22) Haber, G. : Der Habersche Kaudruckmesser, Zahnärztl. Rdsch., Jg. 35 : 831~833, 1926.
- 23) Howell, A.H. & Manly, R.S. : An electronic strain gauge for measuring oral forces, J. dent. Res., 27 : 705~712, 1948.
- 24) 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.
- 25) 高見沢忠 : 健康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.
- 26) 佐藤友彦 : 健康永久歯の瞬間的咬合力に関する研究, 日補綴歯会誌, 15 : 291~303, 1971.
- 27) 津留宏道, 津田正昭 : テレスコープシステム (1), 日本歯科評論, 364 : 61~68, 1973.
- 28) Jerome, M.S., Robert, D.S. : Free-end pontics used on fixed partial dentures, J.P.D., 20 : 120~138, 1968.
- 29) 金本愛道 : 口腔引張り力測定装置の考案・開発, 日補綴歯会誌, 17 : 247~253, 1973.
- 30) 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 : 歯月報, 37巻 : 115~120, 1963. 日本補綴歯会誌, 7 : 190~195, 1963.
- 31) 五十嵐孝義, 高見沢忠, 榎沢健司, 笠井仁治, 森谷良彦 : 咬合力測定器の成績について, 歯界広報, 16, 3, 45~52, 1963.
- 32) 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, 日補綴歯会誌, 17 : 254~258, 1973.
- 33) 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.
- 34) 浅井康広, 田上隆弘, 木下正道, 島井栄一, 長久保武彦, 対島具海, 関根永滋 : Ethyl-cyanoacrylate monomer および methyl methacrylate polymer による齶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.
- 35) 江藤万平 : 合成樹脂接着剤による齶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; 口腔衛生学会誌, 19, 170~200, 1969.
- 36) 古屋芳雄, 宮坂五一郎 : 医学統計法; 改訂5版増刷, 金原出版, 東京, 50, 1959.
- 37) 前田 博 : 歯科医師のための統計学の話 (2), 歯界展望, 13 : 982~985, 1959.
- 38) 加藤信一 : 統計的所見の図示法に関する考案, 日大歯学, 38 : 252~254, 1964.
- 39) Morelli, G. : Über Kaudruck, Vjschr. Zahnhlk., Jg. 36 : 240~248, 1920.
- 40) 阪口 勇 : 本邦人永久歯歯根面積の研究, 口腔病会誌, 7 : 93~95, 1940. —25, 41) より引用.
- 41) 山崎三郎 : 日本人永久歯の歯根表面積に関する研究, 谷口虎年編, 人類学・人類遺伝学・体質学論文集, 19 冊, 1~27, 1952.

The Pulling Capacity of Human Tooth Limited by Pain

Akitsugu FUKUMOTO

Major in prosthodontics, Nihon University School of Dentistry, Graduate Course.

(Director : Prof. Yasushi Nakazawa)

To make clear of histological, physiological and dynamical attitudes for stress in periodontal membranes are very important in dentistry. It is especially valuable in prosthetics, periodontics and orthodontics fields. For adequately treat the tooth in prosthetics, it is important not only discuss the mobility or biting forces of tooth which applied bucco-lingual or on axial direction loads, but also discuss stretch out or horizontally applied pulling stress to the teeth.

The author has been measured the resistance attitudes for stretching forces by using the author newly designed intra-oral pulling loads device. The subjects were 50 male in 20 years age groups who were having healthy permanent dentitions, normal dental arches, normal intercuspal relations and normal eccentric relationship. The resistance for pulling forces were measured along tooth axis direction (Vertical pulling forces), and on horizontal bucco-lingual direction (Horizontal pulling forces). From all of those findings can be summarized as follows.

1. The vertical pulling forces were aligned in orders from low to high as follows. On maxillary teeth were same on both side, Lateral incisor $\doteq$ Central incisor < Second premolar $\doteq$ First premolar $\doteq$ Cuspid < Second molar $\doteq$ First molar.

On the mandible teeth were same on both side, Central incisor $\doteq$ Lateral incisor < First premolar $\doteq$ Second premolar $\doteq$ Cuspid < Second molar $\doteq$ First molar.

($\doteq$ means no significant difference between two teeth, < means significant difference between two teeth.)

2. The horizontal pulling forces were aligned in orders from low to high as follows. On the maxillary teeth were same on both side, Lateral incisor $\doteq$ Central incisor < Second premolar $\doteq$ First premolar $\doteq$ Cuspid. On the mandible teeth were also same on both side, Central incisor $\doteq$ Lateral incisor < First premolar $\doteq$ Second premolar $\doteq$ Cuspid.

3. Comparing the vertical and horizontal pulling forces on same teeth, right side teeth were slightly higher than the others. However there were no significant difference between each teeth.

4. Comparing the vertical and horizontal pulling forces on same group teeth between two arches, maxillary teeth were higher than mandible teeth. There were no significant difference except on central incisor.

5. The vertical pulling forces and horizontal pulling forces were compared on same teeth, the horizontal pulling forces were greater than the others on both arches and both side. However there were no significant difference except on central and lateral incisors.