毛細管型粘度計による無歯顎者の唾液の 粘度測定に関する研究

川 沼 や す 子

Saliva Viscosity Measurement in Edentulous Patients by
Original Capillary Viscometer

Yasuko Kawanuma

I. 緒 言

唾液の粘性は、歯科医学各分野において研究され、歯周病やウ蝕との関係については以前から種々に論じられてきた¹⁻⁸⁾。補綴学においても、全部床義歯の維持に関して義歯床と床下粘膜との間に介在する、唾液の物理化学的性状が重要であると考えられ、唾液の粘度と義歯の維持の関係についても、多く報告されている⁹⁻¹⁴⁾。

しかし、その基本となる無歯顎者の唾液粘度についての研究は、ほとんど行われていない。それは、ヒト唾液が生体外の通常の液体と異なって、低粘度の高分子溶液でありながら、非ニュートン粘性を示すため、粘度測定が困難である上に、無歯顎者では唾液の分泌量が、有歯顎者に比べて少ないことも原因であろう。

粘度は、毛細管流動法か回転法の粘度計で主に測定されるが、非ニュートン液体では、一般に回転法が用いられる。しかし、唾液の粘度を回転法で測定するには、なお多くの問題が残されている。そこで著者は、毛細管流動法は操作が容易で、再現性が良いことに注目し、本実験のために唾液量が少量でも測定できるような毛細管型粘度計を開発した。そして有歯顎者の唾液について、経時的な変化および日による変動の基礎実験を行ったところ、この粘度計は唾液の粘度測定に使用可能であることをみいだしたので、無歯顎者の唾液について、そのみか

け粘度および義歯による影響を検討したところ、興味ある結果が得られたので報告する。

II. 試作粘度計について

1. 装置および測定方法

本体は、図1のようなオストワルドーアウエルバッハの溢流粘度計の原理¹⁵⁾を応用し、ウペローデ型粘度計に改良を加えたものであり、粘度計上部には10本の回線を10 mm ごとに刻んだ円筒を接続した。これにより毛細管 l の両端に働く圧力差を変化させることが可能で、1回の測定で異なるずり応力に対応するずり速度を求めることができる。

図1の1より試料を1~3 ml 注入し、3を閉鎖した状態で2上部より吸引装置で必要な高さまで静かに吸い上げる。つぎに3を開放し、液面が回線間を通過する時間をストップ・ウォッチで計測する。2の上部は、円筒状で直径5.8 mm、下部の毛細管は直径0.498 mm、接続部はなす型であり、乱流が起りにくいように設計されている。

液は毛細管下端で切れ、3により大気圧に開放されている。このため試料の量、および毛細管内の表面張力による影響は無視できる。

2. 測定理論

図2に示すように、毛細管中の長さ l の液柱が水平に置かれて液体の自重を考えない場合、液柱の両端面にそれぞれ p , $p+4p$ の圧力が作用すると、静止していた液柱が動き始めて毛細管中に液流が生じるとともに、毛細管内壁面と液柱との間、および液体分子相互間に作用す

東京医科歯科大学歯学部第3歯科補綴学教室（指導：林都志夫教授）

3rd Dept. of Prosthetic Dentistry, School of Dentistry, Tokyo Medical and Dental Univ. (Director: Prof. Toshio Hayashi)

昭和56年8月31日受付

図 1 粘度計模式図

全長：280 mm，毛管長： $l=90.4$ mm，毛管径： $\phi=0.498$ mm，回線：10 mm 刻み， $d=5.8$ mm

る粘性抵抗のため，液柱横断面に沿って速度分布が生じる。

粘性抵抗は，液柱に作用してその駆動圧となる差圧 Δp を相殺する方向に作用し，速度の増加とともに増大するが，ついには駆動圧と釣り合って平衡状態に達し，以後は液柱に加速度が作用しないので，液柱は一定速度で毛細管中を移動して行く。この定常状態においてもニュートンの力学の第一法則， $\Sigma F=0$ ，(F ：力)が成立する。粘性抵抗(剪断応力)を τ とするとつぎの(1)式が成立する。

$$\pi r^2 \cdot \Delta p + 2\pi r \cdot l \cdot \tau = 0 \quad (1)$$

一方，粘性流れについては，同じくニュートンの粘性法則により，つぎの(2)式が成立する。

$$\tau = \eta \dot{\gamma} = \eta \frac{dv}{dr} \quad (2)$$

ただし，

図 2 毛細管内の流れ

R ：毛細管の半径， ΔP ：差圧， τ ：粘性抵抗， V ：流速

η ：粘度(単位：poise = dyne·sec/cm²)

$\dot{\gamma}$ ：速度勾配

本装置のように，毛細管を垂直にして駆動圧として重力を用いる場合，(1)式に液体の自重も考慮して(2)式とから(3)式を得る。

$$\pi r^2 \cdot \Delta p + \rho \cdot \pi r^2 \cdot l \cdot g + 2\pi r \cdot l \cdot \eta \frac{dv}{dr} = 0 \quad (3)$$

ただし，

ρ ：液体の密度

g ：重力加速度

(3)式を変形して

$$\frac{dv}{dr} = -\frac{\Delta p + \rho l g}{2l\eta} r \quad (4)$$

(4)式を積分して

$$v = -\frac{\Delta p + \rho l g}{4l\eta} r^2 + c \quad (5)$$

$r=R$ のとき， $v=0$ であるから

$$v = \frac{\Delta p + \rho l g}{4l\eta} (R^2 - r^2) \quad (6)$$

したがって，毛細管全横断面を単位時間に流れる液体の体積 Q は，

$$Q = \int_0^R v \cdot 2\pi r \cdot dr \quad (7)$$

(6)(7)より，

$$Q = \frac{\pi R^4}{8l\eta} (\Delta p + \rho l g) \quad (8)$$

よって

$$\eta = \frac{\pi R^4}{8lQ} (\Delta p + \rho l g) \quad (9)$$

となる。

つまり横軸を，

$$\text{ずり速度 } V = 4Q/\pi R^3 \text{ (sec}^{-1}\text{)}$$

縦軸を

$$\text{ずり応力 } P = (\Delta p + \rho l g) R/2l \text{ (dyne/cm}^2\text{)}$$

であらわしたとき，その比 P/V が粘度 η をあらわすことは，上記(9)式から明らかである。本装置では，9つ

表 1 各校正液による精度検定

	蒸留水	JS 2.5	JS 5	JS 10
測定値間の相関係数 r	0.9988	0.9988	0.9991	0.9985
r の 95% 信頼区間	0.95 < ρ < 0.99			
回帰直線の傾き……………①	1.13	2.25	4.70	9.20
校正液の粘度……………②	1.00	2.03	4.24	8.36
②÷①	0.88	0.90	0.90	0.91
平均	0.90±0.01			

のあい異なる Δp の値($=\rho gh_1 \sim h_2$; h は円筒の高さ, 図 1 参照) に対応する単位時間当たり流れる流体の体積 Q を求めることによって粘度が得られる。そのときのずり応力 P は, 14~25 dyne/cm² である。重力として, 980 cm/sec², 唾液の密度は Dewar ら¹⁶⁾, 奥田ら¹⁷⁾の比重の報告より算出して, 1.0 g/cm³ とした。

3. 精 度

精度を検定するために, 標準液として粘度既知の蒸留水, 粘度計校正用標準液(昭和石油株製) JS 2.5 (2.03 cp), JS 5 (4.24 cp), JS 10 (8.36 cp) の 4 種を使用した。

各々の校正液について各回線を液面が通過するのに要した時間を 5 回計測し, その平均値からずり応力を y 軸へ換算し, また平均流出量よりずり速度を x 軸へ換算したグラフが図 3 である。各校正液の 9 個の測定値間の相関係数を求めたところ表 1 のようになった。その 95% 信頼区間は, いずれも 0.95~0.99 であるので実験式は直線とみなすことができ, 真の値よりのずれは, 表 1 に示すとおりである。すなわち, 蒸留水および粘度計校正用標準液の粘度範囲内 (1.00~8.36 cp) の粘度測定において粘度計の定数は 0.9 で, その装置誤差は約 0.7% であり, 測定時の読みのばらつきを考慮に入れると, 実験時の測定誤差は最大 1.7% と推定することができる。

4. 唾液の粘度測定に関する問題点

縦軸にずり速度 V , 横軸にずり応力 P を表示して得られる曲線をコンシステンシー曲線という。一般に低分子液体では,

$$\eta = P/V$$

が, あるいは

$$\phi = V/P (\phi: \text{流動度})$$

が成立してニュートン粘性を示すが, 多くのコロイド分散系や高分子溶液では, P および V の関係は

$$P = f(V)$$

なる関数で与えられることが知られている。この場合,

図 3 粘度計校正用標準液による P - V 図

横軸: ずり速度, $V = 4Q/\pi R^3$ (sec⁻¹)

縦軸: ずり応力, $P = (\Delta p + \rho g l) R/2l$ (dyne/cm²)

傾き: 粘度, $\eta = P/V$

単位: dyne/cm² × sec × 10² = cp (c.g.s. 単位)

粘度は一定値をとらず,

$$\eta = P/V = f(V)/V$$

は P または V の関数となる。この現象を非ニュートン粘性といい, このときの粘度をみかけ粘度 (apparent viscosity) η_a という。

このように, 非ニュートン液体では粘度が V によって変わるにもかかわらず, 本実験に用いた粘度計は, 粘度計内の場所によって速度分布が異なる。したがって本実験で得られるものは平均値である。なお, より精密さが要求される化学, 工学の分野においては補正式¹⁸⁾が導入されているが, 本実験では試料が少量しか得られない特殊条件のため, 補正式を得ることができなかった。

5. 予備実験

ニュートン液体である蒸留水や粘度計校正用標準液においては, 開発した粘度計の再現性を確認することができたが, 非ニュートン液体である唾液の粘度測定にも使用可能かどうかを調べるために, 有歯顎者について, 1) 日間変動, 2) 経時変化, についての予備実験を行った。

1) 唾液の日間変動

男子 1 名について, 連続して 6 日間, III の実験方法で示す条件で唾液を採取し, 日による粘度の変動を観察し

図 4 唾液流動度の日間変動

た。図 4 は流動度を示したもので、全体の傾向としてずり応力の増加とともにずり速度が増加している。これをみかけ粘度に換算し、ずり応力の増加に対する変化をみたのが図 5 である。横軸にほぼ平行でニュートン液体に近い日の場合もあれば、かなり変化はしているが、ずり応力の増加に伴って、みかけ粘度が減少するという非ニュートン液体の特徴を示す日も認められた。また粘度は、低い日と高い日とでは約 2 倍以上の開きがあることも認められた。

唾液は主に自律神経を介して分泌調節を受け、交感神経刺激により少量の粘液性唾液を、副交感神経刺激によりかなりの漿液性唾液を分泌する。そして、刺激の性質に応じて生体の目的に合った性質の唾液が分泌されるのは、日常よく経験するところである。この実験では、日常生活に特別変化のない連続した 6 日間に同じ測定条件で採取したのであるが、これだけの変化がみられた。生体の測定に、日間変動を伴うのは必須であるが、これは分析を困難にする大きな要因であり、判定に際しては、このことを考慮に入れた慎重さが望まれる。

2) 唾液の経時変化

図 6 は、採取開始から 20 分、30 分、1 時間、2 時間、3 時間後のずり応力の増加に対するみかけ粘度を男女 2 名の有歯顎若年者について求めたものである（図 6-2 は採

図 5 ずり応力の増加に対する粘度の変化

取開始 10 分後からのものを示す）。実験開始後 1 時間以内においては、各ずり応力に対してさまざまな粘度を示し、規則性に欠けるが時間の経過に伴い粘度は減少し、かつ一定のみかけ粘度を示すようになった。これは唾液がほぼニュートン液体になったことを示している。

またずり応力 15.6 dyne/cm² において、初回測定より得られたみかけ粘度を 100 としたときの、みかけ粘度の減少率と時間経過との関係は、図 7 に示すとおりである。粘度の低下はごく早期に起こり、1 時間を経過するとほとんど変化しないことが判明した。

以上のように、唾液の日間変動および経時変化の結果から、非ニュートン液体としての特徴を把握することができたので、開発した粘度計は、毛細管型であっても唾液の粘度測定に使用可能と判断した。

III. 実験方法

1. 唾液の採取

被験試料は、全身的に健康と思われ、臨床的に正常な床下粘膜を有する無歯顎者の混合唾液 1~3 ml とした。唾液採取は、室温 20°C にて、午前 10 時~12 時に軽く含嗽させた後、義歯を装着した通常の状態で口腔内に貯留した唾液を所定の容器にはき出させ、15 分以内に 1 ml 以上採取できたものについて測定を行った。なお、採取した試料は、109 メッシュ・ナイロンフィルターを用いて食物残渣などを除去した。

2. 粘度測定

本実験のために開発した粘度計を、20°C に設定した恒温槽内に取り付け（図 8）、濾過した唾液を注入し、1 分間保持した後、粘度を測定した。測定に要する時間は 2~3 分で唾液採取に要する時間は最長 15 分であるから、採取開始から測定完了まで 20 分以内ということになる。

以上の条件にて、まず無歯顎者2名について、唾液採取直後および1時間後の経時変化を観察し、有歯顎者と同様に採取した唾液が非ニュートン液体の特徴を示すことを確認した。

つぎに新義歯製作を希望して、東京医科歯科大学附属病院補綴科に来院した無歯顎患者54名(男性24名、女性30名)について、まず旧義歯を装着した状態でみかけ粘度を測定した。さらに義歯装着による影響を調べるために、無歯顎患者54名中31名(男性13名、女性18名)について新義歯装着後7日以内のみかけ粘度を測定して、義歯装着前後の粘度の変化を比較検討した。なお無歯顎患者は、年齢的に慢性疾患に罹患し薬物を常用することが多いので、その影響も考慮に入れた。

IV. 実験結果

図9は無歯顎者2名について、唾液採取直後および1時間後のずり応力に対するみかけ粘度の変化を示したものである。有歯顎者の場合と同様に、非ニュートン液体の特徴を良くあらわしている。

図 6-1

唾液の経時変化

図10は、無歯顎者男性18名、女性25名より採取した唾液のずり応力15 dyne/cm²のみかけ粘度を縦軸に、年齢を横軸に示したものである。唾液分泌になんらかの影響を与えると思われる降圧剤、精神安定剤を常用している患者は除いたが(男性6名、女性5名)、総合ビタミン剤、健胃薬等の常用者は含まれている。男性では60歳以下で平均2.8 cp, 61~70歳で3.7 cp, 71歳以上で1.7 cpであった。女性では60歳以下で平均2.1 cp, 61~70歳で2.0 cp, 70歳以上で1.9 cpであった。表2に示すとおり、男性では60歳台でいく分粘度が高いようであるが、女性では年齢による変化は認められなかった。また本被験者においては全体的に女性より男性の方が高粘度を示した。

表 2 無歯顎者の男女、年代別唾液粘度

age	男 mean	性 S.D.	女 mean	性 S.D.
~60	2.8	1.6 (5)	2.1	1.0 (11)
61~70	3.7	2.3 (5)	2.0	0.7 (10)
71~	1.7	0.5 (8)	1.9	0.3 (4)
total	2.7	1.8 (18)	2.0	0.8 (25)

単位: cp, S.D.: 標準偏差, () 内は被験者数

図 6-2

表 3 は、男性 13 名、女性 18 名について、旧義歯の時と新義歯を装着して 2～7 日後の時に採取した唾液の粘度を示したものである。新義歯の装着によって、唾液の分泌は増加するといわれているが¹⁹⁾、本実験でも男性では 31% に、女性では 67% に明らかな分泌増加が認められた。表中、分泌量の変化枠内に示したプラス、マイナスは前回 1 ml 採取に要した時間に対して、1/3 以上の増減を伴ったものに対してつけた。粘度においては、男女ともに有意水準 10% で新義歯装着時の方が低かった。

V. 考 察

1. 唾液の粘性について

唾液は 99.5% まだが水分であり、ごく少量の塩類

図 7 ゼリ応力 15.6 dyne/cm² での唾液粘度減少率

(約 0.2%) と有機物を含んでいる²⁰⁾。有機物の大部分は、ムコ多糖類の形で存在し、なかでもシアル酸は重要なムコ多糖の構成因子である。シアル酸は側鎖にカルボキシル基を有し、これは非常に親水性が強く、解離しやすいので水溶液中では極めて拡がった形態をとる。また分子鎖上に多数の水酸基を有するので、水素結合に起因

図 8 実験装置

表 3 義歯装着による唾液の粘度と分泌量の変化

男 性				女 性			
年 齢	旧義歯時の粘度	新義歯時の粘度	分泌量の変化	年 齢	旧義歯時の粘度	新義歯時の粘度	分泌量の変化
88	2.9	1.9	—	76	2.3	2.3	なし
84	1.3	1.7	—	71	1.4	1.5	+
75	1.8	1.4	—	71	2.0	1.9	—
73	1.4	1.9	なし	69	3.8	1.1	+
71	2.0	2.0	なし	69	2.6	1.9	+
68	2.1	2.6	+	67	1.6	1.3	+
68	3.3	3.0	+	66	2.4	1.8	+
67	7.7	7.9	+	65	1.6	1.4	+
65	6.0	2.7	なし	64	2.3	2.2	+
58	1.5	1.7	なし	64	1.9	2.0	+
56	2.1	1.6	なし	60	4.9	3.0	+
53	5.2	3.1	+	55	2.3	3.4	なし
48	4.1	1.3	なし	55	3.2	2.2	+
				54	1.2	1.5	なし
				54	2.0	1.8	+
				52	1.6	1.4	なし
				50	1.5	1.5	+
				47	1.7	1.2	+

単位：cp，+：明らかに増，—：明らかに減

図 9 無歯顎者唾液のみかけ粘度

する二次的構造に発達し、ごく小さい実質濃度で溶液内に三次元的網状構造を形成し、実質成分のわりには高粘性を示し、多量の水を保持して半ゲル状を呈すると考えられる^{21,22}。このような分子のからみ合いによって、網状構造は刻々、生成、消滅していると推定される。

Gottschalk ら²³は羊の顎下腺ムコタンパク溶液で、pH、時間、濃度、ノイラミン酸（シアル酸はノイラミン酸の誘導体）の酵素による除去で粘度の変化をみたと報告している。そして、それはノイラミン酸の強く荷電したカルボキシル基の除去や、イオン消失のため、広がった分子が密に配置換えするためと考察している。シアル酸を特異的に切断する酵素は細菌由来と考えられ⁸、本実験においても時間の経過とともに粘度が減少したのみならず、ずり応力の大小によらず一定の粘度を示すという、ニュートン液体の特徴を示すようになったのは、まさにこの不確定な網状構造が消滅し、水分 99.5% の高分子希薄溶液になったものと考えられる。

また唾液は半ゲル状を呈することで、粘性のみならず弾性をも有する。これは細い糸を引く性質、すなわち曳糸性にもあらわれていて、網状構造が引き伸ばされて変形し、鎖状分子が束になったものと考えられるが²⁴、再現性に乏しく^{16,25,26}、理論的研究はほとんどなされていない。

2. 粘度測定方法について

一般に液体の粘度測定方法には、毛細管流動法、回転法、円錐—平板法、落球法などがある²⁷。毛細管流動法は操作が簡単で、測定時間も短く、精度も良いとされている。しかし非ニュートン液体の粘度測定では、粘度計

図 10 無歯顎者の唾液粘度

内の場所によってずり速度が異なるため、平均値しか得られないきらいがある。

回転法はずり速度が粘度計のどの部分でも一定な均一流動を与えることができ、非ニュートン液体の粘度測定には適しているが、装置が大がかりであり、測定に 20～30 分と長い時間を要するし、精度も毛細管流動法に比べ若干劣り、低粘度の液体の測定には不向きである。近年、生体滲出液、特に血液の粘度測定を目的とした cone-plate 型粘度計が開発され²⁸、2～3 ml の試料で測定できるところから唾液の測定にも利用されている^{6-8,29,30}。ただ、やはり唾液が低粘度であるので、測定条件の調節が必要なのである。唾液は前述したように、低粘度でありながら、その構造から非ニュートン液体であり、かつ経時的に変化するので、短時間に測定しなくてはならず、上記いずれの測定法を採用しても問題があり、いまだ確たる測定方法がないのが現状である。したがって、研究者がそれぞれ創意工夫して測定している^{4,16,25,26}。

そこで著者は、毛細管型粘度計の利点に着目し、試料が微量ですむ粘度計を開発した。しかし、ずり応力の増

表 4 年齢と唾液分泌量

age	男 性			女 性		
	全被験者	被験者数 A 群	被験者数 B 群	全被験者	被験者数 A 群	被験者数 B 群
～60	7	7	4	16	11	9
61～70	10	7	3	28	15	6
71～	11	10	4	11	4	1
total	28	24	11	55	30	16

被験者 A 群：唾液の分泌量 0.07 ml/分以上の者
被験者 B 群：常用薬物のない者

加に伴うみかけ粘度の減少は、予備実験にみられるように典型的には起こらなかった。この測定 1 時間以内にみられる不規則性は、唾液の構造が不均一な網状構造であり、たまたまこの不均一な部分が毛細管にさしかかった際、その弾性によって引き戻されるためと思われる。ここに、毛細管型粘度計による唾液の粘度測定の限界があると考えられる。

3. 実験方法について

唾液は採取できる量が極めて少なく、老齢化とともにさらに分泌は減少するといわれている。しかし、測定に際しての希釈は液の均一化および数値の取り扱いに困難を生じさせる。一方、実験操作を容易にするため唾液を採取直後、凍結保存し必要に応じて解凍し測定する方法は、気管滲出物では粘度の低下をもたらすといわれている³¹⁾。著者も唾液で試みたが、粘度は確かに低下した。義歯の維持に關与する唾液の粘度は、できるだけ口腔内の状態に近い条件で測定する方が良いと思われるので、本実験は 15 分以内に 1 ml 採取可能な被験者の唾液のみを、採取後 5 分以内に測定することにした。Schroeder⁴⁾は、無刺激混合唾液を改良型 Hess 粘度計で測定した結果、分泌してから 5～8 分以内であれば粘度は安定していて、2 回測定できると述べている。しかし、本実験では測定に要する時間は 20 分以内ということになり、予備実験でも明らかのように、1 時間までの経時変化は著しいので測定は 1 回のみとした。

粘度測定に先立って、剝離細胞、食物残渣等、測定誤差の原因となるものを 109 メッシュ (200 μ 相当) のナイロン・フィルターで除去した。遠心分離機を用いて除去する方法もあるが、唾液を均一化して測定誤差を低下させる一方、粘度の値も低く変化させてしまう。Roberts³⁰⁾はデリケートなゲル構造が破壊される恐れがあるので、降伏点以下 (Davis²⁹⁾ によれば 75 dyne/cm²) で測定するべきであるともいっている。また粘度は、低温に

なるほど分子運動が不活発になり流動が妨げられるため、大きくなる。測定温度については、体温と同じ 37 °C での報告もあるが、本実験では恒温槽内での保持時間を短縮するために、採取した室温とほぼ同温と思われる 20 °C で測定した。

4. 無歯顎者の唾液について

無歯顎者の粘度測定に際しては、まず分泌量が問題となる。一般に高齢者は分泌量が減少するといわれているが、本実験でも 15 分以内に 1 ml (0.07 ml/分) 以上採取できた内訳は、男性 28 名中 24 名 (86%)、女性 55 名中 30 名 (55%) であり、増齢とともに減少していた (表 4)。Östlund³²⁾ は、125 人の無歯顎者混合唾液の分析で分泌量は女性より男性の方が多く、男性で 6.7 ml±3.79/15 分、女性で 4.6 ml±2.46/15 分であったとしている。本実験でも男性の方が分泌量は大きかったが、採取できた量は、はるかに少なかったように思う。

粘度については、前田ら²⁾ は有歯顎者の混合唾液の増齢の変化について 30～39 歳で、伊藤⁶⁾ は 30～41 歳で最高となり、男性より女性の方がやや高く、以後減少すると報告している。吉田³³⁾ は、粘液腺である口蓋腺のタンパク分画において、粘性に大きな役割を果たすと考えられるシアル酸を多く含む特有のバンドの出現を発見し、この濃度は増齢とともに減少傾向を示したとしている。本実験で得られた結果では、すなわち男性 18 名 (47～88 歳)、女性 25 名 (37～76 歳) からの試料分析では、男性 60 歳台が他の年齢群よりやや高かったものの、増齢による減少は認められなかった。男性の方が分泌量が多く、粘度が高いということから推論すると、男性全部床義歯装着者では唾液が常に義歯床と粘膜の間を潤していて、しかも義歯の離脱に対しての抵抗に有利であるように思える。

Roberts³⁰⁾ は、50～60 歳の有歯顎者男女各 10 名、無歯顎者男性 8 名、女性 9 名の唾液について、cone-plate 型粘度計を使用して、ずり速度 11.5/～230.0/sec、37 °C で粘度を測定し分析したところ、有歯顎者の粘度の方が大きかったと報告している。その理由として義歯が口腔内で異物として存在し、このために唾液の総分泌量が大きくなり、全体としてムコ多糖の占める割合が減少するか、義歯床によって導管が閉塞するのではないかと考察している。このときの粘度を彼のグラフから読み取ると、ずり速度 230/sec で 17 人の平均は 3 cp 程度である。著者と測定法が異なるので、単純に比較できないが、本実験でのずり速度の範囲はおおよそ (著者の場合は、ずり応力

を規定している)100~1,200/sec であり、粘度は1.2~7.7 cp であった。

義歯装着による唾液の変化については、新しく製作した義歯を装着すると、口腔内に障害を生じない義歯であっても義歯の刺激によって量が多くなるといわれている³⁴⁾。心理的因子も加わるであろうが、主な原因は義歯床の延長の程度、厚さなどの形態的な変化によるのであろう。本実験においても新義歯装着後2~7日で測定したところ、男性31%、女性67%で分泌量の増加を認め粘度は低下していた。このことは、義歯調整の1つの指標に利用できるかもしれない。

高齢になると、高血圧などの慢性疾患のため降圧剤等の薬物を服用することが多くなる。本実験では被験者選定の際、降圧剤、精神安定剤の服用者は除外したが、自律神経系に影響の少ないと思われるビタミン剤、健胃薬等の服用者まで除外すると表4からも明らかなように、被験者がはなはだ少なくなるので、このような場合は被験者群に含めた。降圧剤の種類も多岐にわたり、作用機序もさまざまであるが、長期に服用する必要から近年は副作用の少ない薬物が開発されている。今回の実験でも、本報告では除外してある男性6名、女性5名の測定結果は、男性は平均 2.0 ± 1.2 cp、女性は平均 1.8 ± 0.5 cp と分泌量、粘度に差は認められていない。

VI. 結 論

本実験のために、毛細管型粘度計を開発し、この粘度計について、1) 日間変動、2) 経時変化の予備実験を行い、非ニュートン液体である唾液の粘度測定にも使用できることを確認した。

つぎに無歯顎者の唾液について粘度を測定したところ、つぎの結果が得られた。

- 1) 無歯顎者の唾液の粘度は、ずり応力15 dyne/cm²、測定温度20°Cにおいて1.2 cp~7.7 cp であった。
- 2) 増齢の変化においては、男性61~70歳が他の年齢群よりやや高粘度であった。女性においては、増齢的变化は観察されなかった。
- 3) 男性の方が唾液分泌量は多く、粘度も高かった。
- 4) 新義歯装着後2~7日において、明らかに唾液分泌量の増加を伴う人が男性13名中4名31%、女性18名中12名67%に認められ、また粘度も低下した。

稿を終るに臨み、終始ご懇篤なご指導とご校閲を賜わりました林都志夫教授に深甚なる謝意を表します。また専門的立場

から適切なご指導、ご校閲いただきました東京大学工学部三好俊郎助教授に深く感謝の意を捧げるとともに、種々ご教示、ご校閲をいただきました長尾正憲助教授に厚くお礼申し上げます。併せて、ご助言、ご指導をいただいた飯田洋子博士および本研究にご協力下さいました教室員各位に謹んで感謝の意を表します。

本論文の要旨の一部は、昭和55年11月、第67回日本補綴歯科学会学術大会において発表した。

文 献

- 1) Ericsson, Y. and Stjernström, L.: Saliva viscosity measurements, Oral Surg. oral Med. & oral Pathol., 4: 1465~1474, 1951.
- 2) 前田栄一, 杉本孝: 唾液の比粘度に関する統計的観察, 歯科学報, 57: 517~519, 1957.
- 3) 大橋良昭: 歯槽膿漏症の生化学的研究. 東京女医大誌, 30: 2385~2395, 1960.
- 4) Schroeder, H.E.: Saliva viscosity and calculus formation in man, Arch. oral Biol., 9: 65~74, 1964.
- 5) 原 耕二, 今川与曹: 人の唾液分泌量, 粘度, ムコイドの糖類および蛋白質の動きについて. 日本歯槽膿漏学会会誌, 9: 9, 1966.
- 6) 伊藤振本: 唾液の粘度と歯周疾患との関係, 日歯周誌, 16: 131~139, 1974.
- 7) 中静 正, 伊藤振本, 山田章三, 平出満雄: 口腔清掃による唾液粘度の変化, 日歯周誌, 18: 521~525, 1976.
- 8) 山田章三: 人全唾液の粘度と糖蛋白シアル酸との関係について, 日歯周誌, 22: 366~376, 1980.
- 9) Östlund, S.G.: Saliva and denture retention, J. Prosthet. Dent., 10: 658~663, 1960.
- 10) Roydhouse, R.H.: The retention of dentures, J. Am. Dent. Assoc., 60: 159~163, 1960.
- 11) Tyson, K.W.: Physical factors in retention of complete upper dentures, J. Prosthet. Dent., 18: 90~97, 1967.
- 12) Bláhová, Z. and Neuman, M.: Physical factors in retention of complete dentures, J. Prosthet. Dent., 25: 230~235, 1971.
- 13) Barbenel, J.C.: Physical retention of complete dentures, J. Prosthet. Dent., 26: 592~600, 1971.
- 14) Iida, Y.: Physical factors in denture retention, Bull. Tokyo Med. Dent. Univ., 22: 113~125, 1975.
- 15) Ostwald, Wo. und Auerbach, R.: Zur Messmethode der Viskosimetrie bei variabler Fließgeschwindigkeit und über ein neues Viskosimeter, Kolloid-Z., 41: 56~62, 1927.

- 16) Dewar, M.R. and Parfitt, G.J. : An investigation of the physical properties of saliva and their relationship to the mucin content, *J. Dent. Res.*, 33 : 596~605, 1954.
- 17) 奥田 稔, 勝田三郎, 中野清幸, 青木太三郎, 高橋柳子 : 唾液腺機能検査法とその臨床 (その2), 唾液腺シンポジウム, 2 : 56~57, 1960.
- 18) 平井英二 : 化学技術者のためのレオロジー, 20~43, 科学技術社, 金沢, 1978.
- 19) Landa, J.S. : Trouble shooting in complete denture prosthesis, *J. Prosthet. Dent.*, 11 : 244~246, 1961.
- 20) 河村洋二郎 : 口腔生理学, 315~317, 永末書店, 京都, 1966.
- 21) 中川鶴太郎 : レオロジー第2版, 264~278, 岩波書店, 東京, 1978.
- 22) Gottschalk, A. : Glycoproteins (B.B.A. Library 5), 2nd Ed., 35, Elsevier, Amsterdam, 1972.
- 23) Gottschalk, A. and Thomas, M.A.W. : Studies on mucoproteins V. The significance of N-acetylneuraminic acid for the viscosity of ovine submaxillary gland mucoprotein, *Biochim. Biophys. Acta*, 46 : 91~98, 1961.
- 24) 岡 小天 : レオロジー入門, 226, 工業調査会, 東京, 1970.
- 25) Philippoff, W. et al. : A method for determining the viscoelastic properties of biological fluids, *Biorheology*, 7 : 55~67, 1970.
- 26) Bettelheim, F.A., Epstein, S. and Gorvoy, J.D. : Rheology of submaxillary secretions of cystic fibrosis patients and normal individuals, *Biorheology*, 8 : 129~138, 1971.
- 27) 黒岩章晃, 和田英一 : 実験化学講座 8, 高分子化学 (上), 丸善, 東京, 1956.
- 28) Wells, R.E. Jr., Denton, R. and Merrill, E.W. : Measurement of viscosity of biologic fluids by cone plate viscometer, *J. Lab. & Clin. Med.*, 57 : 646~656, 1961.
- 29) Davis, S.S. : The rheological properties of saliva, *Rheol. Acta*, 10 : 28~35, 1971.
- 30) Roberts, B.J. : A study of the viscosity of saliva at different shear rates in dentate and edentulous patients, *J. Dentistry*, 5 : 303~309, 1977.
- 31) Charman, J. and Reid, L. : The effect of freezing, storing and thawing on the viscosity of sputum, *Biorheology*, 10 : 295~301, 1973.
- 32) Östlund, S.G. : Palatine glands and mucin factors influencing the retention of complete dentures, *Odont. Tskr.*, 62 : 1~128, 1954.
- 33) 吉田二良 : 上顎全部床義歯の維持に関与する口蓋腺唾液タンパク, および糖タンパク分画の電気泳動による検索, 補綴誌, 24 : 39~49, 1980.
- 34) Kapur, K.K., Collister, T. and Fischer, E.E. : Masticatory and gustatory salivary reflex secretion rates and taste thresholds of denture wearers, *J. Prosthet. Dent.*, 18 : 406~416, 1967.