

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2020-8342

(P2020-8342A)

(43) 公開日 令和2年1月16日(2020.1.16)

(51) Int.Cl. F I テーマコード (参考)
GO 1 N 11/04 (2006.01) GO 1 N 11/04
GO 1 N 11/00 (2006.01) GO 1 N 11/00 C

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 15 頁)

(21) 出願番号 特願2018-127461 (P2018-127461)
 (22) 出願日 平成30年7月4日(2018.7.4)

(71) 出願人 506087705
 学校法人産業医科大学
 福岡県北九州市八幡西区医生ヶ丘1番1号
 (71) 出願人 504174135
 国立大学法人九州工業大学
 福岡県北九州市戸畑区仙水町1番1号
 (74) 代理人 100090697
 弁理士 中前 富士男
 (74) 代理人 100176142
 弁理士 清井 洋平
 (74) 代理人 100127155
 弁理士 来田 義弘
 (72) 発明者 大野 宏毅
 福岡県北九州市八幡西区医生ヶ丘1番1号
 学校法人産業医科大学内
 最終頁に続く

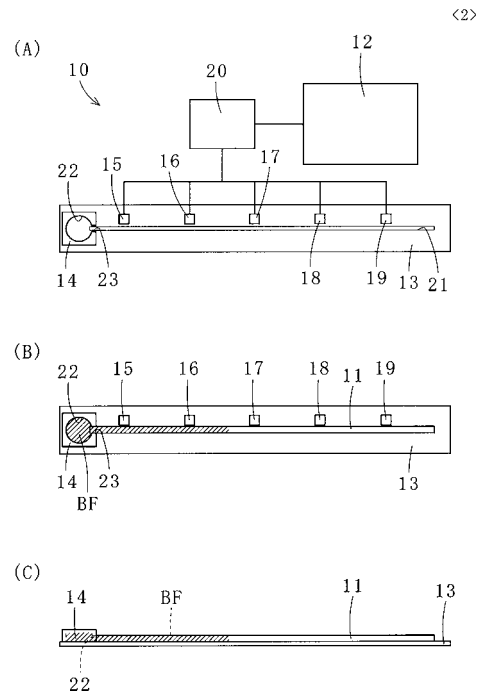
(54) 【発明の名称】 体液粘性測定装置

(57) 【要約】

【課題】微量な体液の粘性を計測可能な体液粘性測定装置を提供する。

【解決手段】体液の粘性を計測する体液粘性測定装置10において、毛細管現象による力の作用によって体液BFが流れる流路と、体液BFが流路に沿って移動した移動距離及びその移動距離の移動に要した移動時間に基づいて回帰分析し、体液BFの粘性を導出する演算手段12とを備える。そのため、毛細管現象によって流路を流れる量の体液BFを確保すればよく、微量な体液BFの粘性を計測することが可能である。

【選択図】図2



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

体液の粘性を計測する体液粘性測定装置において、毛細管現象による力の作用によって前記体液が流れる流路と、前記体液が前記流路に沿って移動した移動距離及び該移動距離の移動に要した移動時間に基づいて回帰分析し、前記体液の粘性を導出する演算手段とを備えることを特徴とする体液粘性測定装置。

【請求項 2】

請求項 1 記載の体液粘性測定装置において、前記流路は、親水性内壁面を有する管内に形成されていることを特徴とする体液粘性測定装置。

10

【請求項 3】

請求項 1 又は 2 記載の体液粘性測定装置において、前記演算手段は、前記移動距離を基にした値の二乗を説明変数とし、前記移動時間を目標変数として回帰分析することを特徴とする体液粘性測定装置。

【請求項 4】

請求項 1 ~ 3 のいずれか 1 項に記載の体液粘性測定装置において、それぞれ前記流路の異なる位置に前記体液が到達したのを検出する少なくとも 3 つのセンサを更に備え、前記演算手段は、前記各センサが前記体液の到達を検出した時刻を基にして前記移動時間を導出することを特徴とする体液粘性測定装置。

【発明の詳細な説明】

20

【技術分野】

【0001】

本発明は、体液の粘性を計測する体液粘性測定装置に関する。

【背景技術】

【0002】

脱水や出血、あるいは、心筋梗塞、脳梗塞、肝硬変、膜性腎症、ネフローゼ症候群等の様々な疾患によって、血液の粘性が高くなることが知られている。そして、血液の粘性が高いと糖尿病の発生率が上昇することや、腎臓病が重症化する傾向があることが報告されている。

また、唾液腺から口腔内に分泌される唾液は、口腔内を湿らせて発声や食物の嚥下を円滑にする働き、及び、口腔内を清浄に保って虫歯や歯周病を防ぐ働きがある。更に、歯周病に罹患した患者の唾液粘度は健常者の唾液粘度より高いこと、唾液粘度が高いほど歯周病の重症度が増すことが指摘されている。

30

【0003】

従って、血液や唾液等の体液の粘性及びその経時変化を知ることは、様々な疾患の予防や診断、治療にとって極めて重要である。

そして、従来、液体の粘性の測定には、毛細管粘度計（特許文献 1 参照）、回転粘度計（特許文献 2 参照）、転落球粘度計（特許文献 3 参照）、振動粘度計（特許文献 4 参照）等が用いられている。

【先行技術文献】

40

【特許文献】

【0004】

【特許文献 1】特開 2007 - 108045 号公報

【特許文献 2】特開 2015 - 175841 号公報

【特許文献 3】特開昭 62 - 082340 号公報

【特許文献 4】特開 2014 - 219338 号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

しかしながら、従来の粘度計は、計測対象の液体が微量（例えば、0.1 mL 以下）であ

50

る場合に如何にして安定的に粘性を計測するかという点に課題があった。

本発明は、かかる事情に鑑みてなされたもので、微量な体液の粘性を計測可能な体液粘性測定装置を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0006】

前記目的に沿う本発明に係る体液粘性測定装置は、体液の粘性を計測する体液粘性測定装置において、毛細管現象による力の作用によって前記体液が流れる流路と、前記体液が前記流路に沿って移動した移動距離及び該移動距離の移動に要した移動時間に基づいて回帰分析し、前記体液の粘性を導出する演算手段とを備える。

【0007】

本発明に係る体液粘性測定装置において、前記流路は、親水性内壁面を有する管内に形成されているのが好ましい。

【0008】

本発明に係る体液粘性測定装置において、前記演算手段は、前記移動距離の二乗を説明変数とし、前記移動時間を目標変数として回帰分析するのが好ましい。

【0009】

本発明に係る体液粘性測定装置において、それぞれ前記流路の異なる位置に前記体液が到達したのを検出する少なくとも3つのセンサを更に備え、前記演算手段は、前記各センサが前記体液の到達を検出した時刻を基にして前記移動時間を導出するのが好ましい。

【0010】

回帰分析によってどのように体液の粘性を計測するかについて、以下に説明する。
水平配置された断面円形（半径 r ）の管内を、以下の1）～4）に示す条件下で液体が流れる状況を検討する。

1）管は一端が液溜め部に満たされた液体に浸漬され、他端は大気圧中に配されている。管の一端が液溜め部内の液体に浸漬した時刻をゼロとする。

2）管内の液体には、表面張力による引力 F_s が他端に向かって作用する。

3）液溜め部の容積は管内の容積に比べて大きく、管の一端から管内に浸入した液体が他端に到達するまで、管の一端は液溜め部内の液体に浸漬されている。

4）管の両端において液体に作用する圧力は等しい（圧力差が無い）。

【0011】

ここで、液体の表面張力を σ 、液体の管の内壁に対する接触角を α 、管内の液体からなる液柱の長さを l 、液体の粘性（粘性率）を η 、液体が管内を移動する速度を v とし、引力 F_s 及び管内の液柱に働く摩擦力 F_f は以下の式1、式2でそれぞれ表わされる。

【0012】

【数1】

$$F_s = 2\pi r \sigma \cdot \cos\alpha \quad (\text{式1})$$

$$F_f = -8\pi l \eta v \quad (\text{式2})$$

【0013】

液体の密度を ρ とし、引力 F_s 及び摩擦力 F_f を考慮して、管内を移動する液体の運動方程式を表すと、当該運動方程式は以下の式3に示すようになる。

【0014】

【数2】

$$\frac{d}{dt}(\pi r^2 l \rho v) = 2\pi r \sigma \cdot \cos\alpha - 8\pi l \eta v \quad (\text{式3})$$

【0015】

1 $v = q$ として、式 3 を整理することで、以下の式 4 が得られる。

【 0 0 1 6 】

【 数 3 】

$$\frac{dq}{dt} = -\frac{8\eta}{r^2\rho} \left(q - \frac{r\sigma \cdot \cos\alpha}{4\eta} \right) \quad (\text{式 4})$$

【 0 0 1 7 】

管内を移動する液体が定常状態、即ち、以下の式 5 が成立する状態について検討すると、 q は以下の式 6 で表わすことができる。

【 0 0 1 8 】

【 数 4 】

$$\frac{dq}{dt} = 0 \quad (\text{式 5})$$

$$q = l \frac{dl}{dt} = \frac{r\sigma \cdot \cos\alpha}{4\eta} \quad (\text{式 6})$$

【 0 0 1 9 】

式 6 を時刻ゼロのとき液柱の長さがゼロ（即ち、 $l = 0$ ）の条件で積分すると、以下の式 7 を得ることができる。なお、 t は時刻ゼロからの経過時間を意味する。 20

【 0 0 2 0 】

【 数 5 】

$$t = \frac{2\eta}{r\sigma \cdot \cos\alpha} l^2 \quad (\text{式 7})$$

【 0 0 2 1 】

式 7 は、管が水平に配置されており、液体が管に沿って移動するに当たり液体に作用する駆動力が表面張力であるという条件下での Lucas - Washburn の式である。

【 0 0 2 2 】

式 7 は、以下の式 8 で示す A を用いると、以下の式 9 のように簡易的に表すことができる。 30

【 0 0 2 3 】

【 数 6 】

$$A = \frac{4}{\sigma \cdot \cos\alpha} \quad (\text{式 8})$$

$$t = A \frac{\eta}{D} l^2 \quad (\text{式 9})$$

【 0 0 2 4 】

なお、式 9 において、 $D (= 2r)$ は管の内径である。式 9 から管内の液体の移動時間が移動距離の二乗に比例し、その比例係数が液体の粘性に比例することが分かる。

ここで、粘性を計測する液体の種類が決まっていれば（例えば、人の唾液）、液体ごとの表面張力及び接触角の個体差は、液体ごとの粘性の個体差に比べて無視できる大きさである。このことを前提に式 9 を検討すると、 $x = l^2$ 、 $y = t$ とする $x y$ 座標系において、 $y = b x + a$ で表わされる直線の傾き、即ち b の値（以下、単に「 b 」とも言う）と液体の粘性とは、図 1 に示すように、比例関係にあることが分かる。図 1 において、粘性がゼロに近い領域で直線を破線で記しているのは、粘性が純水より低い体液は存在しないもの 40

と考えられるためである。

【0025】

よって、例えば、 b を求めることができれば、粘性が判明している液体の粘性とその b との1つの関係に基づいて、求めた b から液体の粘性の絶対値（例えば、単位が $mPa \cdot s$ の値）を導出可能である。

また、 b と液体の粘性とは一対一の関係にあることから、 b を液体の粘性の相対値として扱っても良い。 b を液体の粘性の相対値と扱うことの活用例として、ある人の特定の体液について異なる時刻で b を求め、その b の変化を調べることで、その人の該当の体液の粘性の相対的な変化（例えば朝食前に比べ朝食後に唾液の粘性が1.3倍になった等）を知ることが挙げられる。

10

【0026】

そして、液体が管に沿って移動した移動距離及びその移動距離の移動に要した移動時間に基づいて（例えば、液体の移動距離の二乗を説明変数とし、その移動時間を目標変数として）回帰分析することで、 $y = bx + a$ の b を導出可能である。目標変数及び説明変数の組み合わせは上記パターンに限定されず、例えば、目標変数を液体の移動距離の二乗とし、説明変数を移動時間としてもよい。この場合は回帰分析で算出される b の値が液体の粘性率に逆比例（反比例）する。

【0027】

ここまで、管の両端において液体に作用する圧力が等しいことを前提に説明したが、管の両端に圧力差が存在する場合について検討すると、管の両端の圧力差が P の場合（例えば、管の一端が大気圧であり、管の他端が陰圧である場合）、 A_1 が以下の式10で表わされる値として、式9は以下の式11となる。

20

【0028】

【数7】

$$A_1 = \frac{16}{4\sigma \cdot \cos\alpha + D\Delta P} \quad (\text{式10})$$

$$t = A_1 \frac{\eta}{D} l^2 \quad (\text{式11})$$

30

【0029】

式11において、管の両端の圧力差 P が不変であれば、式9から回帰分析を経て液体の粘性を導出するのと同様の考えによって、式11から回帰分析を経て液体の粘性を求めることが可能であることが分かる。

【0030】

また、管を鉛直に配置し、管の下端（一端）を液溜め部内の液体に浸漬する場合について検討すると、管内の液柱には表面張力に加えて重力が働くので、式3における右辺の第1項目が以下の式12となる。

【0031】

【数8】

$$2\pi r\sigma \cdot \cos\alpha - \pi r^2 \rho g l \quad (\text{式12})$$

40

【0032】

但し、上向きを正とした。

管が鉛直から角度 θ 傾いている場合、式12の g （重力加速度）を $g \cos\theta$ に置き換えればよいことから、管内を移動する液体の運動方程式は以下の式13で表わすことができる。

【0033】

50

【数 9】

$$\frac{d}{dt}(\pi r^2 l \rho v) = 2\pi r \sigma \cdot \cos\alpha - \pi r^2 \rho g l - 8\pi \eta l v \quad (\text{式13})$$

【0034】

管内を斜め上向きに移動する液体が定常状態になると、式13の左辺、即ち慣性項が消えるため、定常状態での運動方程式は、以下の式14となり、式14を整理すると式15となる。

【0035】

【数10】

10

$$2\pi r \sigma \cdot \cos\alpha - \pi r^2 \rho g l - 8\pi \eta l v = 0 \quad (\text{式14})$$

$$l \frac{dl}{dt} = \frac{r^2}{8\eta} \left(\frac{2\sigma \cdot \cos\alpha}{r} - \rho g l \right) \quad (\text{式15})$$

【0036】

管内で液体が移動して、管内の液柱の長さが以下の式16に示す l_c の長さに達すると、表面張力による上向きの力と重力による下向きの力がつり合って液柱の長さが変わらなくなる。

20

【0037】

【数11】

$$l_c = \frac{2\sigma \cdot \cos\alpha}{\rho g r} \quad (\text{式16})$$

【0038】

式15を l_c を用いて整理すると、以下の式17となる。

【0039】

【数12】

30

$$l \frac{dl}{dt} = \frac{\rho g r^2}{8\eta} (l_c - l) \quad (\text{式17})$$

【0040】

式17を時間 t について解くと、以下の式18を得ることができる。

【0041】

【数13】

$$t = \eta \cdot \frac{F(l_c, l)}{B} \quad (\text{式18})$$

40

【0042】

但し、式18において、 $F(l_c, l)$ 及び B はそれぞれ以下の式19、20で表わされる。

【0043】

【数 1 4】

$$F(l_c, l) = l_c \cdot \ln\left(\frac{l_c}{l_c - l}\right) - l \quad (\text{式 1 9})$$

$$B = \frac{\rho g r^2}{8} \quad (\text{式 2 0})$$

【0 0 4 4】

式 1 8 は、管を水平に配置した場合の式 7 に比べて複雑であるが、関数 $F(l_c, l)$ 及び B は粘性 を含まないので、液体が管に沿って上昇する時間 t が液体の粘性 に比例することを明瞭に見てとることができる。

式 1 8 を $l = l_c$ の条件のもとで展開して、近似式を導く。まず、 $x = l / l_c$ とおき、対数項の x^2 の項まで残すと、式 2 1 に示すように近似できる。

【0 0 4 5】

【数 1 5】

$$\begin{aligned} \frac{F(l_c, l)}{l_c} &= \ln\left(\frac{l_c}{l_c - l}\right) - \frac{l}{l_c} \\ &= \ln\left(\frac{1}{1 - x}\right) - x \\ &= \frac{1}{2} x^2 \end{aligned} \quad (\text{式 2 1})$$

【0 0 4 6】

式 2 1 を式 1 8 に代入すると、以下の式 2 2 となり、式 1 8 は式 9 に帰着する。

【0 0 4 7】

【数 1 6】

$$\begin{aligned} t &= \eta \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{l}{l_c}\right)^2 l_c \frac{8}{\rho g r^2} \\ &= \frac{2\eta}{r\sigma \cdot \cos\alpha} l^2 \\ &= A \frac{\eta}{D} l^2 \end{aligned} \quad (\text{式 2 2})$$

【0 0 4 8】

よって、 $l = l_c$ の条件下では、管が水平でなくとも、管内の液体の移動時間が移動距離の二乗に比例し、その比例係数が粘性に比例するという結果となる。従って、管が鉛直又は水平に対して斜めに配置されている場合でも、回帰分析によって、液体の粘性を導出可能であることが分かる。

【0 0 4 9】

また、管が鉛直又は水平に対して斜めに配置され、更に、管の両端に圧力差 P がある場合（例えば、管の一端が大気圧であり、管の他端が陰圧である場合）は、式 1 4 で、

$2 r \cdot \cos\alpha$ を、 $2 r \cdot \cos\alpha + r^2 P$ に置き換えればよい。このとき、 l_c を以下の式 2 3 で示す。

10

20

30

40

50

【 0 0 5 0 】

【 数 1 7 】

$$l_c = \frac{4\sigma \cdot \cos\alpha + D\Delta P}{D\rho g} \quad (\text{式 2 3})$$

【 0 0 5 1 】

そうすれば、式 1 8 と同様の以下の式 2 4 を得ることができる。

【 0 0 5 2 】

【 数 1 8 】

$$t = \eta \cdot \frac{F(l_c, l)}{B} \quad (\text{式 2 4})$$

10

【 0 0 5 3 】

式 2 4 においても、 $l > l_c$ の条件下では、以下の簡易式 (式 2 5) が成り立つ。

【 0 0 5 4 】

【 数 1 9 】

$$t = A_1 \frac{\eta}{D} l^2 \quad (\text{式 2 5})$$

【 0 0 5 5 】

式 2 5 は式 1 0 と同じ式であり、式 2 5 において、 A_1 は式 1 0 と同じように、以下の式 2 6 によって表される。

【 0 0 5 6 】

【 数 2 0 】

$$A_1 = \frac{16}{4\sigma \cdot \cos\alpha + D\Delta P} \quad (\text{式 2 6})$$

20

【 0 0 5 7 】

従って、管が鉛直又は水平に対して斜めに配置され、管の両端に圧力差 P がある場合でも、回帰分析によって、液体の粘性を導出できることが分かる。

30

【 発明の効果 】

【 0 0 5 8 】

本発明に係る体液粘性測定装置は、毛細管現象による力の作用によって体液が流れる流路と、体液が流路に沿って移動した移動距離及びその移動距離の移動に要した移動時間に基づいて回帰分析し、体液の粘性を導出する演算手段とを備えるので、毛細管現象によって流路を流れる量の体液が確保されればよく、微量な体液の粘性を計測することが可能である。また、体液の移動時間の測定位置が 3 つ以上であれば、回帰分析することができるので、例えばノイズの混入や流路内面の不均一性などによる偶然誤差の影響を最小限に抑えて信頼性の高い粘性の値を求めることが可能となる。

【 図面の簡単な説明 】

40

【 0 0 5 9 】

【 図 1 】 液体の粘性と b の関係を示すグラフである。

【 図 2 】 (A)、(B)、(C) はそれぞれ本発明の一実施の形態に係る体液粘性測定装置の説明図である。

【 図 3 】 演算手段が受信する信号の計測結果を示す説明図である。

【 図 4 】 1 0 0 m M の N a C l 水溶液の移動距離の二乗とその移動時間との関係を示す説明図である。

【 図 5 】 3 3 . 5 w t % の シ ョ 糖 水 溶 液 の 移 動 距 離 の 二 乗 と そ の 移 動 時 間 と の 関 係 を 示 す 説 明 図 である。

【 図 6 】 本発明に係る体液粘性測定装置が算出した b の値と従来粘度計で計測した粘性

50

との関係を示す説明図である。

【発明を実施するための形態】

【0060】

続いて、添付した図面を参照しつつ、本発明を具体化した実施の形態につき説明し、本発明の理解に供する。

図2(A)、(B)、(C)に示すように、本発明の一実施の形態に係る体液粘性測定装置10は、管11の内側に形成され体液BFが流れる流路と、体液BFが管11内の流路に沿って移動した移動距離及び移動距離の移動に要した移動時間に基づいて回帰分析し、体液BFの粘性を導出する演算手段12を備えている。以下、詳細に説明する。

【0061】

体液粘性測定装置10は、図2(A)、(B)、(C)に示すように、長尺のベース板13と、ベース板13に取り付けられた液溜め部材14と、ベース板13に固定された光センサ15、16、17、18、19と、増幅回路20を介して光センサ15、16、17、18、19に接続された演算手段12を有している。なお、図2(B)、(C)では、増幅回路20及び演算手段12の記載を省略している。

【0062】

ベース板13の一面側には、長手方向に沿って直線状の溝21が形成されている。ベース板13の一面側で長手方向一端部に固定された液溜め部材14には、中央に、貫通孔22が形成されている。貫通孔22の一端はベース板13によって塞がれており、溝21の一端はベース板13の貫通孔22内に対応する部分に位置している。

体液BFの粘性を計測する際、ベース板13は水平配置されて一面側が上側に配される。以下、特に記載しない限り、ベース板13は一面側が上側に配された状態で水平配置されているとする。

【0063】

液溜め部材14には溝21の上方位置に、貫通孔22から外側に開口するスリット23が設けられている。液溜め部材14の表面は疎水加工がなされている。

管11は、断面円形で直線状であり、体液BFが接触する内壁面全体が親水加工されている。即ち、管11は親水性内壁面を有している。管11は、溝21に沿った状態で、一端から他端に渡り外周面の一部が溝21内に収まることによって、ベース板13の一面側に載置され、一端が貫通孔22内に配されて、水平に配置される。以下、特に記載しない限り、管11はベース板13の一面側に載置されているものとする。

【0064】

光センサ15、16、17、18、19は、溝21の近傍に溝21(管11)に沿って等ピッチで配置(即ち、間隔を空けて配置)されている。光センサ15、16、17、18、19はそれぞれ、発光素子及び受光素子を具備し、各光センサ15、16、17、18、19からの距離が最短となる管11の部分に対して発光素子から光を照射し、当該部分で反射される光を受光素子で検出して、その検出値をアナログの電気信号として出力する。

【0065】

光センサ15、16、17、18、19が光を照射する管11の各位置をそれぞれ、光センサ15検出位置、光センサ16検出位置、光センサ17検出位置、光センサ18検出位置、光センサ19検出位置として、光センサ15は、光センサ15検出位置に体液BF(体液BFの下流端)が到達した際に、当該位置に体液BFが到達する前に比べ、受光素子が受光する光の強度が変化する。よって、光センサ15は、受光素子で受光する光の強度の変化によって、光センサ15検出位置に体液BFが到達したのを検出できる。この点、光センサ16、17、18、19についても同様のことが言える。よって、光センサ15、16、17、18、19はそれぞれ、管11内の流路の異なる位置に体液BFが到達したのを検出可能である。

【0066】

増幅回路20は、光センサ15、16、17、18、19から出力されるアナログの電気

10

20

30

40

50

信号を増幅し、デジタル信号に変換して、演算手段 12 に送る。

演算手段 12 は、主として、ソフトウェアがインストールされたコンピュータによって構成でき、演算手段 12 には、予め、管 11 の一端から光センサ 15 検出位置までの距離（以下、 l_1 とする）、管 11 の一端から光センサ 16 検出位置までの距離（以下、 l_2 とする）、管 11 の一端から光センサ 17 検出位置までの距離（以下、 l_3 とする）、管 11 の一端から光センサ 18 検出位置までの距離（以下、 l_4 とする）、管 11 の一端から光センサ 19 検出位置までの距離（以下、 l_5 とする）が入力されている。演算手段 12 は、増幅回路 20 からデジタル信号を受信し、そのデジタル信号を基に、体液 B F が管 11 に沿って l_1 移動した移動時間、体液 B F が管 11 に沿って l_2 移動した移動時間、体液 B F が管 11 に沿って l_3 移動した移動時間、体液 B F が管 11 に沿って l_4 移動した移動時間を求め、体液 B F の粘性を導出する。

10

【0067】

本実施の形態では、液体 B F の粘性を導出するにあたり、以下の処理がなされる。

(1) 管 11 がベース板 13 に載置されていない（非接触の）状態で、貫通孔 22 の上方から貫通孔 22 内に体液 B F を入れる。液溜め部材 14 は疎水性を有することから、貫通孔 22 に入れられた体液 B F が、スリット 23 を通って貫通孔 22 の外側に流れ出ることはない。

【0068】

(2) 光センサ 15、16、17、18、19 から電気信号が出力される状態にした後、空の管 11 を、一端が貫通孔 22 内に配されるように、スリット 23 を挿通した状態でベース板 13 の一面側に載置する。これによって、貫通孔 22 内の体液 B F は、管 11 の一端から管 11 内に流入し、毛細管現象の力の作用によって管 11 の内側（流路）を管 11 の他端に向かって移動する。よって、管 11 内に形成された流路に沿って体液 B F が流れ、管 11 内の体液 B F からなる液柱は時間の経過と共に長くなる。

20

【0069】

体液 B F が管 11 の他端に向かって進行中、光センサ 15、16、17、18、19 はそれぞれ、光センサ 15 検出位置、光センサ 16 検出位置、光センサ 17 検出位置、光センサ 18 検出位置、及び、光センサ 19 検出位置に体液 B F が到達（を体液 B F が通過）したのを検出する。

【0070】

ここで、光センサ 15、16、17、18、19 が体液 B F の到達を検出した時刻をそれぞれ t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 として、光センサ 15、16、17、18、19 が体液 B F の到達を検出した時刻から、体液 B F が光センサ 15 検出位置から光センサ 16 検出位置までの移動距離（ $l_2 - l_1$ ）を移動するのに要した移動時間（ $t_2 - t_1$ ）、体液 B F が光センサ 15 検出位置から光センサ 17 検出位置までの移動距離（ $l_3 - l_1$ ）を移動するのに要した移動時間（ $t_3 - t_1$ ）、体液 B F が光センサ 15 検出位置から光センサ 18 検出位置までの移動距離（ $l_4 - l_1$ ）を移動するのに要した移動時間（ $t_4 - t_1$ ）、体液 B F が光センサ 15 検出位置から光センサ 19 検出位置までの移動距離（ $l_5 - l_1$ ）を移動するのに要した移動時間（ $t_5 - t_1$ ）を導出することができる。

30

【0071】

本実施の形態では、演算手段 12 が、体液 B F が光センサ 15 検出位置に到達した時刻をゼロとして各種の算出を行うことから、 $t_1 = 0$ 、 $t_2 - t_1 = t_2$ 、 $t_3 - t_1 = t_3$ 、 $t_4 - t_1 = t_4$ 、 $t_5 - t_1 = t_5$ となる。そして、演算手段 12 は、 $x = l^2$ 、 $y = t$ として、 $(x, y) = (l_1^2, 0)$ 、 (l_2^2, t_2) 、 (l_3^2, t_3) 、 (l_4^2, t_4) 、 (l_5^2, t_5) を、 $y = bx + a$ にあてはめた回帰分析（体液 B F の移動距離を基にした値の二乗を説明変数とし、その移動時間を目標変数とした回帰分析）を行い、 $y = bx + a$ の b を求めて、体液 B F の粘性を算出する。

40

【0072】

本実施の形態では、光センサ 15 に体液 B F が到達した瞬間を時刻ゼロとした。この点、式 7 では体液が管の一端に侵入した瞬間を時刻ゼロとしている。このように時間をずらし

50

ても回帰分析から求められる b の値は変わらない。式 7 は時間 t の一次式なので、時刻に任意の定数を加えて時間の原点を移動することが可能である。

一方、式 7 は移動距離 l の 2 次式であることから、移動距離 l に任意の定数を加えることはできない。つまり、体液の移動距離 l は、正確に管の一端（体液の導入端）を原点として測定しなければならない。

【0073】

また、本実施の形態では、まず貫通孔 22 内に体液 BF を入れ、空の管 11 を、一端が貫通孔 22 内に配されるように、ベース板 13 の一面側に載置することによって体液 BF の流動を開始する方法を説明した。流動開始方法はこれに限らない。例えば、貫通孔 22 内に体液 BF を入れていない状態で、空の管 11 を一端が貫通孔 22 内に配されるようにベース板 13 の一面側に載置しておき、ピペット等で体液 BF を貫通孔 22 内に投与して体液 BF の流動を開始させてもよい。

10

【実施例】

【0074】

次に、本発明の作用効果を確認するために行った実験について説明する。本実験では前述した体液粘性測定装置 10 を用いた。管 11 の長さは 116 mm、管 11 の内径は 1.05 mm であり、 $l_1 = 23$ mm、 $l_2 = 38$ mm、 $l_3 = 53$ mm、 $l_4 = 68$ mm、 $l_5 = 83$ mm であった。

【0075】

まず、貫通孔 22 に濃度が 100 mM の NaCl 水溶液（以下、単に NaCl 水溶液とも言う）を入れた後、管 11 をベース板 13 の一面側に載置し、NaCl 水溶液が管 11 の一端から他端に進むようにして、演算手段 12 が受信する信号の変化を調べた。その結果を図 3 に示す。図 3 において、縦軸は信号の大きさ（電圧値）を表し、横軸は時刻を表す。図 3 に示す実験結果より、5 個の光センサ 15、16、17、18、19 が、それぞれに対応する検出位置に NaCl 水溶液が到達したのを検出できることが確認できる。

20

【0076】

そして、新たな管 11 を用いて、同様の手順で、NaCl 水溶液が管 11 の一端から他端に進むようにし、光センサ 15、16、17、18、19 それぞれが、NaCl 水溶液の到達を検出した時刻（ t_1 、 t_2 、 t_3 、 t_4 、 t_5 ）を調べたところ、その結果は以下の表 1 に記すようになった。なお、 $t_1 = 0$ とした。

30

【0077】

【表 1】

| 光センサ | 時刻(ms) | l (mm) | l^2 (mm ²) |
|--------|-------------|----------|--------------------------|
| 光センサ15 | $t_1=0$ | $l_1=23$ | $l_1^2=529$ |
| 光センサ16 | $t_2=70$ | $l_2=38$ | $l_2^2=1444$ |
| 光センサ17 | $t_3=156.5$ | $l_3=53$ | $l_3^2=2809$ |
| 光センサ18 | $t_4=266.7$ | $l_4=68$ | $l_4^2=4624$ |
| 光センサ19 | $t_5=402.7$ | $l_5=83$ | $l_5^2=6889$ |

40

【0078】

表 1 に記した値について、 $x = l^2$ 、 $y = t$ として、光センサ 15、16、17、18、19 それぞれに対応する測定値、即ち、 (l_1^2, t_1) 、 (l_2^2, t_2) 、 (l_3^2, t_3) 、 (l_4^2, t_4) 、 (l_5^2, t_5) を、 $y = bx + a$ にあてはめて回帰分析を行い、 b 及び a を算出すると、 $b = 0.0627$ 、 $a = -25.453$ となり、決定係数 R^2 は、 $R^2 = 0.9985$ であった。 $y = 0.0627x - 25.453$ の直線と各測定値との関係は座標軸上で図 4 に示すようになった。図 4 から各測定値が $y = 0.0627x - 25.453$ から大きく外れていないことが分かる。

50

【0079】

3つ以上の測定値があれば回帰分析を行うことが可能なため、表1に記した値に対し、5つの測定値の中で3つ、4つ又は5つの測定値を選択して、それぞれb及び R^2 を算出した。算出結果を表2に示す。

【0080】

【表2】

| 測定値 | b | R^2 |
|-----------|--------|--------|
| 1,2,3,4,5 | 0.0627 | 0.9985 |
| 2,3,4,5 | 0.0610 | 0.9999 |
| 1,2,3,4 | 0.0647 | 0.9976 |
| 1,3,5 | 0.0631 | 0.9987 |
| 1,2,3 | 0.0686 | 0.9967 |
| 3,4,5 | 0.0603 | 1.0000 |
| 1,2,5 | 0.0626 | 0.9990 |
| 1,4,5 | 0.0637 | 0.9995 |

10

20

【0081】

表2において、測定値1、2、3、4、5は、光センサ15、16、17、18、19の測定値にそれぞれ対応する。

【0082】

また、NaCl水溶液に対する手順と同様の手順によって、33.5wt%のシヨ糖水溶液について、回帰分析を行い、 $y = bx + a$ のb及びaと決定係数 R^2 を算出すると、 $b = 0.2154$ 、 $a = -123.36$ 、 $R^2 = 0.9999$ であった。 $y = 0.2154x - 123.36$ の直線と各測定値との関係を図5に示す。

【0083】

そして、100mMのNaCl水溶液、16.8wt%のシヨ糖水溶液及び33.5wt%のシヨ糖水溶液について、従来の粘度計によって計測した粘性（計測時の気温は25）はそれぞれ1.0mPas、1.61mPas、3.35mPasであった。これに対して、体液粘性測定装置10で算出したbを比較すべく、100mMのNaCl水溶液についてbを得る処理を6回行って求めた6個のbの平均値は0.06218であり、16.8wt%のシヨ糖水溶液についてbを得る処理を6回行って求めた6個のbの平均値は、0.10185であり、33.5wt%のシヨ糖水溶液についてbを得る処理を4回行って求めた4個のbの平均値は、0.22285であった。従来の粘度計によって計測した各水溶液の粘性と体液粘性測定装置10で算出した各水溶液のbの平均値の関係は図6に示すようになり、bの値と液体の粘性は比例関係にあることが分かる。

30

【0084】

以上、本発明の実施の形態を説明したが、本発明は、上記した形態に限定されるものでなく、要旨を逸脱しない条件の変更等は全て本発明の適用範囲である。

例えば、管を設ける代わりに、溝を設けてもよく（その場合、溝が流路となる）、管を設ける場合、その管は断面円形でなくてよい（例えば、断面四角形の管を採用可能である）。

40

そして、流路は鉛直に配されていてもよいし、水平に対し傾斜していてもよい。

【0085】

また、流路を移動する体液の移動距離及びその移動に要した移動時間の値を得るために、前述した反射型の光センサを用いる必要はなく、例えば、透過型の光センサや静電センサ等のセンサを用いることができる。更に、センサを用いて体液の移動を検出する代わりに

50

、カメラで体液の移動の様子を撮像し、撮像した動画を解析することによって、体液の移動距離や移動時間を得るようにしてもよい。

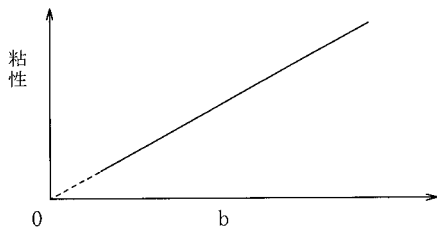
そして、体液の移動を検出する位置は3箇所以上であればよく、5箇所である必要はない。

【符号の説明】

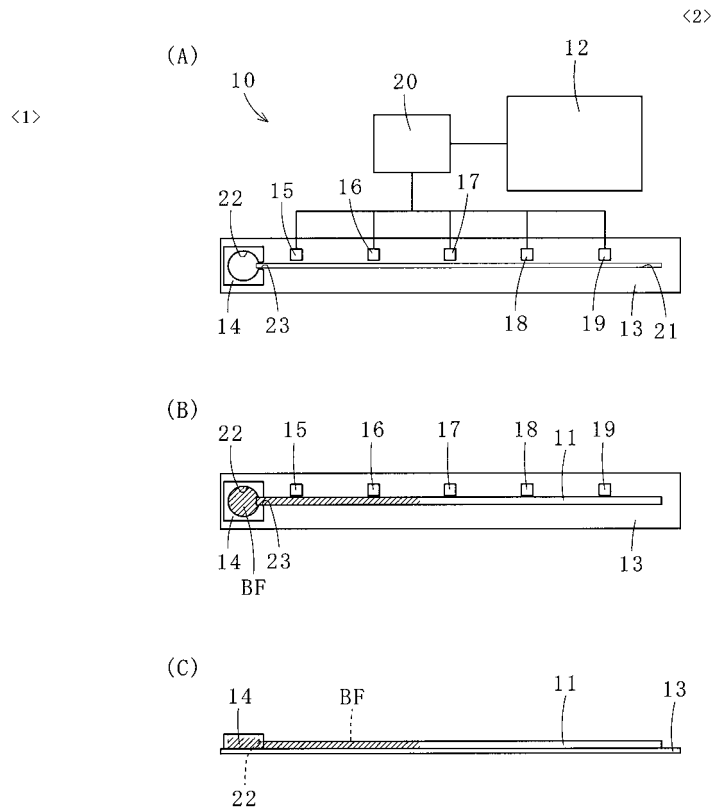
【0086】

10：体液粘性測定装置、11：管、12：演算手段、13：ベース板、14：液溜め部材、15、16、17、18、19：光センサ、20：増幅回路、21：溝、22：貫通孔、23：スリット、BF：体液

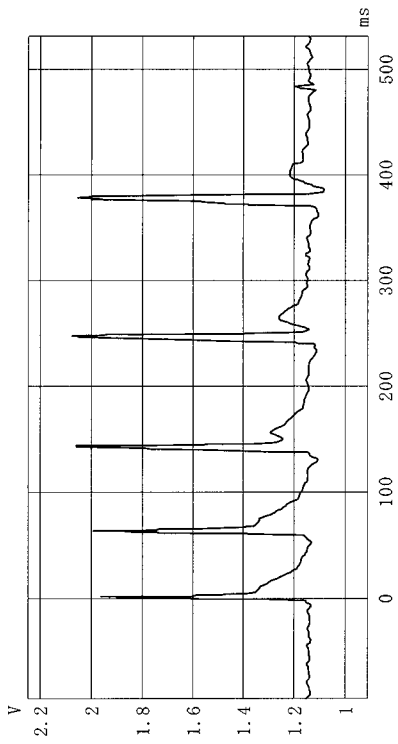
【図1】



【図2】

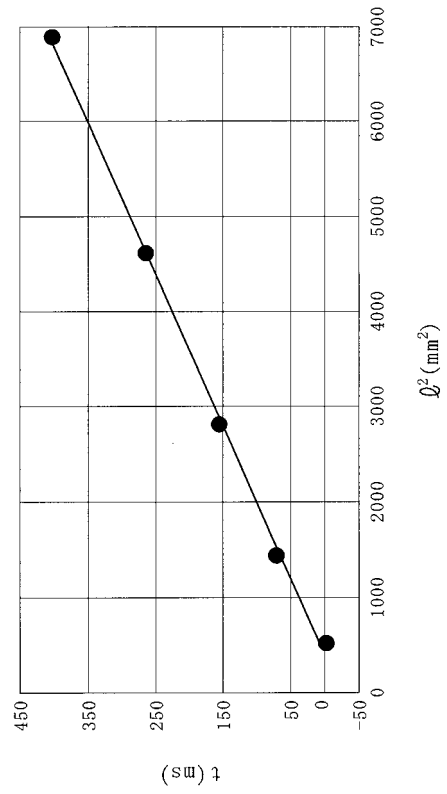


【 図 3 】



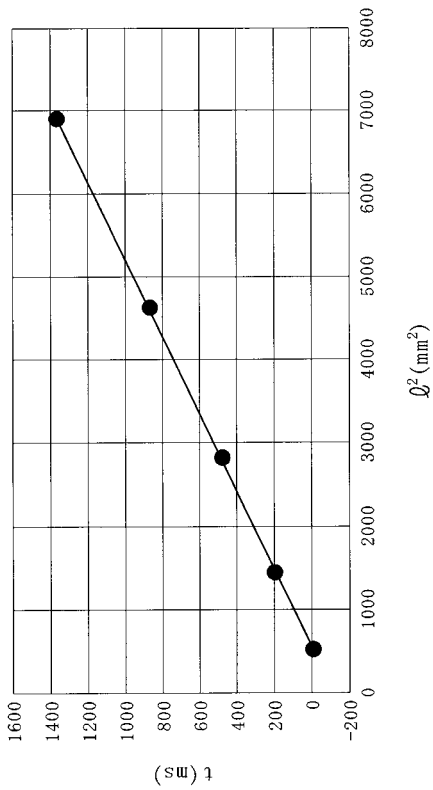
<3>

【 図 4 】



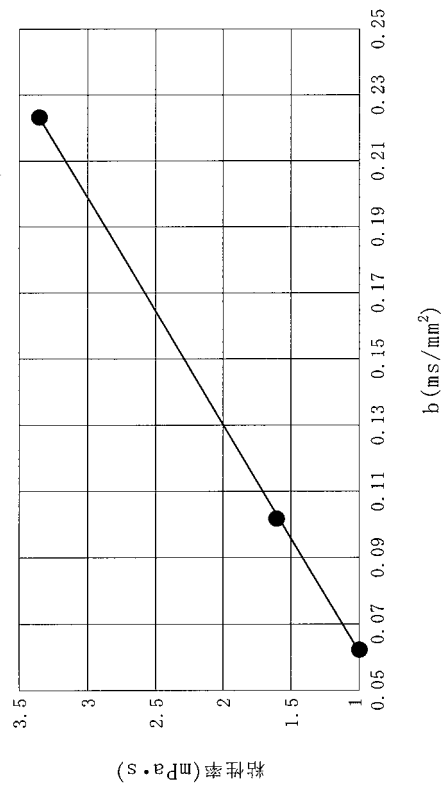
<4>

【 図 5 】



<5>

【 図 6 】



<6>

フロントページの続き

- (72)発明者 八谷 百合子
福岡県北九州市八幡西区医生ヶ丘1番1号 学校法人産業医科大学内
- (72)発明者 坂本 憲児
福岡県飯塚市大字川津680-4 九州工業大学情報工学部内