

# 生体計測装置学入門

木村雄治著

コロナ社

## まえがき

今日の医用工学の分野に大きな発展をもたらした W. Einthoven の心電図記録の発表 (1903 年) より 15 年後の 1918 年に、スウェーデンの R. Fahraeus が血沈法を考案し、赤血球の沈降速度から貧血、肺結核、肋膜炎などの診断に大きな効果をもたらすことにつながった。心電図のような生体電気現象の測定が生体内のあるがままの状態 (in vivo) で行われるのに対して、血沈は生体から試料 (血液) を採取して試験管内で測定 (in vitro) するという検体検査であるところが大きな相違点である。検体検査はこの発見を契機に実用的な臨床検査法として広く利用されていくことになった。

検体検査は血液、体液、酵素などの成分分析を対象にしている。分析法には応答速度の遅い測定法が多く含まれているが、最近ではコンピュータ技術の活用によって多種類で大量の情報を高速で処理する機能をもった装置が開発され、普及している。分析法には化学的、電気化学的、光学的などの方法があり、in vitro な測定法が主体的であるが、生体から直接に連続的、即時的に分析する in vivo な方法もある。血液中のガス成分測定や呼気中のガス分圧測定がそのよい例である。

生体計測は、生体電気現象測定や高速度コンピュータを駆使した最新の画像診断装置 (超音波画像測定装置、X 線 CT, MRI, 内視鏡など) のような無侵襲な測定だけでなく、侵襲的な血流・血圧測定や無侵襲ではあるが物理的な呼吸機能測定を含む検体検査がある。検体検査の情報は血流と密接に関係しているため、血行動態、呼吸機能を把握しつつ検体検査の成果を活用している。このことは人工呼吸器、麻酔器、人工心肺装置、人工透析器などの治療器の機能と十分に関係する事柄である。

ここでは、生体計測の中の検体検査を中心に、初歩的ではあるが基本的な内容の紹介を目指している。具体的には、血行動態にかかわる血圧・血流測定法、血液成分に関与する呼吸機能とガス成分の測定法および各種検体検査の測定法について触れ、ここで得られる情報が治療器にも活用されていることに着目してみたい。

2004 年 9 月

木村 雄治

# 目 次

## 1. 血液循環

1.1 血 流 測 定 .....	1
1.1.1 血流の成分と働き .....	1
1.1.2 血管の働き .....	3
1.1.3 内皮細胞の作用 .....	4
1.1.4 電磁血流計 .....	5
1.1.5 超音波ドップラ式血流計 .....	8
1.1.6 超音波トランジットタイム式血流計 .....	11
1.2 観血血圧測定 .....	12
1.3 脈波伝播と動脈硬化 .....	18

## 2. 呼吸の作用

2.1 呼 吸 機 能 .....	23
2.1.1 換 気 .....	24
2.1.2 分 布 .....	25
2.1.3 拡 散 .....	25
2.2 力学的インピーダンス測定 .....	26
2.2.1 自然呼吸と呼吸インピーダンス .....	26
2.2.2 換気機能測定 .....	28
2.3 電氣的インピーダンス測定 .....	31
2.3.1 呼 吸 モ ニ タ .....	31
2.3.2 新生児呼吸モニタの重要性 .....	32
2.3.3 心拍出量の測定 .....	34
2.4 呼気ガス分析 .....	36
2.4.1 サンプリング法 .....	36
2.4.2 O <sub>2</sub> 分析装置 .....	37
2.4.3 CO <sub>2</sub> 分析装置 (カブノメータ) .....	42

2.4.4	呼気ガスの波形測定と誤差の要因	44
2.4.5	呼気ガス連続波形の測定例	46
2.5	呼吸と運動	48
2.5.1	無酸素運動と有酸素運動	48
2.5.2	肺機能の測定	53
2.5.3	体力の増進	56

### 3. 血液成分

3.1	血液ガス分析	62
3.1.1	血液によるガス ( $O_2$ , $CO_2$ ) 運搬	62
3.1.2	クラーク電極式 $O_2$ 分析器	66
3.1.3	シェベリングハウス電極式 $CO_2$ 分析器	67
3.1.4	pH 測定	68
3.1.5	経皮血液ガスモニタ	70
3.1.6	パルスオキシメータ	72
3.2	自動血球分析	75
3.2.1	血球の種類	75
3.2.2	測定原理	77
3.2.3	自動分析装置の例	81
3.3	バイオセンサ	82
3.3.1	グルコースセンサ	83
3.3.2	ISFET	87
3.3.3	酵素 FET	89

### 4. 血液の化学分析

4.1	分光分析	90
4.1.1	分光光度法	90
4.1.2	蛍光分光光度計	95
4.1.3	原子吸光分光光度計	96
4.1.4	炎光分光光度計	97
4.2	イオン選択性電極分析	97
4.3	ドライケミストリー	99
4.4	電気泳動法	100
4.5	クロマトグラフィ	101

4.5.1 分離法	102
4.5.2 定性と定量	103
4.5.3 液体クロマトグラフィの体液成分分析法	104
4.6 自動化学分析装置	105
4.6.1 ディスクリット方式	105
4.6.2 円形マルチセル方式	107
4.6.3 自動検査システム	110
4.7 尿検査装置	112
4.7.1 乾式尿分析器	114
4.7.2 浸透圧測定器	115
4.7.3 尿沈渣自動測定装置	115

## 5. 血液成分交換を中心にした治療器

5.1 人工呼吸器	117
5.1.1 人工呼吸器の構造	117
5.1.2 換気モードと自発呼吸	118
5.2 人工透析装置	122
5.2.1 腎機能の巧妙さ	122
5.2.2 人工透析の原理と装置の構成	124
5.3 高気圧酸素治療	127
5.3.1 高気圧酸素と血液酸素含有量	127
5.3.2 高気圧酸素治療装置	129
5.3.3 治療の対象症例	131
5.3.4 合併症発生の危惧	131
5.3.5 安全性の確保	132
5.4 人工心肺装置	134
5.4.1 装置の構成	134
5.4.2 血液ポンプ	134
5.4.3 人工肺	136
5.4.4 動脈フィルタ	139
5.4.5 生体情報モニタ	139
引用・参考文献	141
索引	142

# 1. 血液循環

## 1.1 血流測定

### 1.1.1 血流の成分と働き

血流は、生命の維持に欠かせない栄養分や酸素を運ぶ一方、ホルモンの運搬や二酸化炭素などの老廃物の運搬、生体制御や体温調節などの、生体の恒常性（ホメオスターシス）維持といった大切な働きに関係している。

血液の成分は、凝固しないように処理した血液を試験管内に留置すると、薄黄色の上澄みの液体部分と下に沈殿した有形成分に分かれる（図1.1）。この図はスウェーデンの R. F. Fahraeus が 1918 年に考案し、臨床的に応用した赤血球の沈殿速度を調べる方法と同じで、直立した細長い試験管に血液を封入し、沈殿する速度が 1 時間値で男子 10 mm 以下（女子 15 mm 以下）、2 時間値で男子 25 mm 以下（女子 40 mm 以下）を平均的な正常値として臨床的に利用していた。最近では遠心分離法や電気抵抗検出法による自動的な血球計数法が採用されて高速に分析している。さて、血液成分は全体の 55~60%（液体成分）が血漿<sup>けっしょう</sup>、40~45% が赤血球、わずか 1% が白血球・血小板である。液体部分の血漿は 90% の水分と 6.5~7.5% のタンパク質および少量のブドウ糖、コレステロール、そしてナトリウム、カリウム、鉄などの無機質が溶けている。タンパク質の中に約 0.4% のフィブリノーゲン（繊

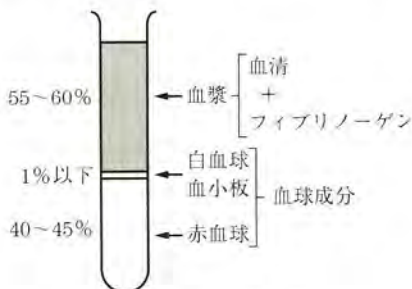
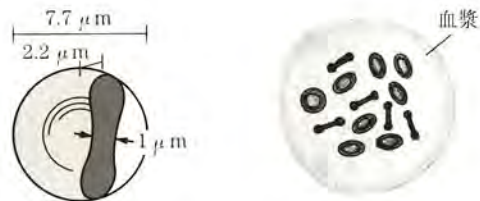


図 1.1 血液の成分



(a) 赤血球の形状 (b) 血漿に浮遊する赤血球

図 1.2 血液と赤血球（池田研二，島津秀昭：「生体物性/医用機器工学」(臨床工学ライブラリーシリーズ 2)，p.67，秀潤社 (2000) 図 1 より改変転載)



維素原)が含まれており、出血の際の血液凝固に役立つ。血漿の中でフィブリノーゲンを除いた部分、すなわち血清に栄養成分が溶解しているといえる。

血液の有形成分は赤血球、白血球、血小板があるが、大部分が赤血球で、血液  $1\mu\text{l}$  に 450 万～500 万個ほど含まれている核のない円盤状の細胞である (図 1.2 (a))。細胞の中は重量比 95 % が鉄を含むタンパク質のヘモグロビンで、このヘモグロビンが血液  $100\text{ml}$  につき約  $20\text{ml}$  の酸素と結合して酸化ヘモグロビンとなって酸素を血流で運ぶことができる。なお、白血球は免疫・抗体などの生体防御作用に関与し、血小板は血管が傷ついて出血した際に血液凝固・止血を行う。

血行動態を考える際の血液は、白血球や血小板が赤血球に比較して 500～800 分の 1 程度に少量なので無視し、赤血球のみが血漿中に浮遊しているものと考えればよい (図 (b))。一般に、粘性が流速に関係なく一定の場合のときの流体をニュートン流体、流速に依存する流体を非ニュートン流体と呼ぶが、血液の粘性や血球の力学的特性を考える際にニュートン流体か否かは大事な点である。90 % が約 0.9 % の食塩水でほかは各種の栄養素を含んだ血漿がニュートン性を示すのに対して、全血は非ニュートン性を示す。これはずり速度の増加とともに粘性が減少するという現象である。ずり速度の小さい領域では赤血球は凝集しているが、ずり速度が大きくなるにつれて赤血球は分散し、変形流動を起こすためであると考えられる。

具体的には 40～45 % の赤血球が加わった全血では、流速に依存して粘性率が変化する。特に速度が小さいときには大きな粘性率となり、血液は著しく非線形な粘性を示す。この原因として、まず第一に、血漿に浮遊している静止血液の赤血球は数珠状に密につながり合っているが流れるとばらばらになり、第二に流速によって赤血球の向きが変わり、細い血管の中では赤血球が変形して流れる (図 1.3) ことなどが考えられる。さらに狭い血管では、管の中心に赤血球が集まり、管壁付近を血漿が占める。血漿は先に述べたように水分であるから、壁面において速度は 0 にならず赤血球はスリップする (図 1.4)。

毛細血管のように直径が  $10\mu\text{m}$  あるいはそれ以下の場合に、同程度の大きさの赤血球は正常な形状のままでは通過できないので、速度の大きい毛細血管では赤血球が押し曲げられた形状となり (図 1.4 (a))、さらに、赤血球の 1 個 1 個がやっと通過できるような狭い毛細血管では、赤血球はラグビーボールのように変形して回転しながら毛細血管壁をしごくように拡張や収縮運動 (バゾモーション, vasomotion) を伴いながら流れる (図 1.4 (b))。このように血漿によって滑りながら管壁と赤血球が強く接する状態は、毛細血管から末梢組織へのガス交換・栄養素などの物質交換あるいは肺胞でのガス交換 (呼吸機能の拡散) の効率に貢献していると考えられる。したがって、この考え方は人工肺などの設計に際して大いに役立っている。

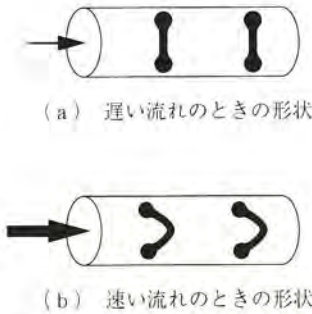


図1.3 細い血管の赤血球（池田研二，島津秀昭：「生体物性/医用機器工学」（臨床工学ライブラリーシリーズ2），p.67，秀潤社（2000）図3より改変転載）

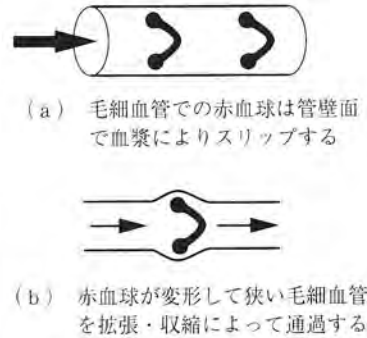


図1.4 毛細血管での赤血球

### 1.1.2 血管の働き

血管は心臓から拍出された血液を各臓器に運び、物質交換して再び心臓に戻すための導管である。一般に血管は内皮細胞，内膜，中膜，外膜と多重構造になっており，外膜が血管とその周辺の組織を結び付ける役割を担っている（図1.5）。

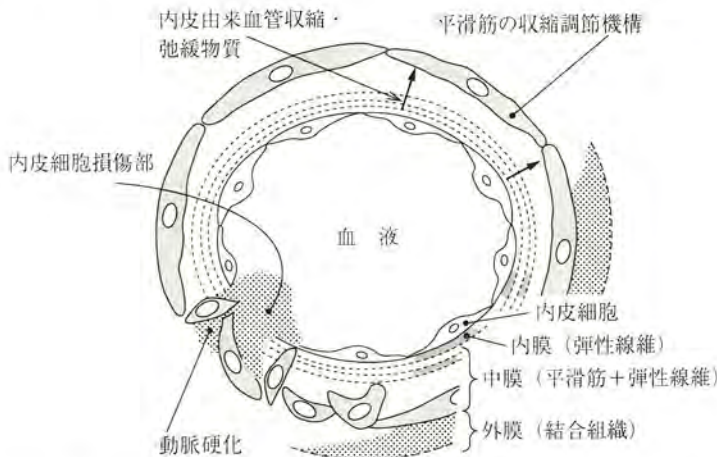


図1.5 血管の構造

大動脈や動脈のように太い血管は，弾性繊維が発達し，弾力性があり，内圧の変化に耐えやすいので，心臓より間欠的に拍出する血液を一時的に貯蔵して，末梢血管により定常流に近い平滑化された血流を送る。このような血管を弾性血管という。これよりやや細い頸動脈，冠動脈，腎動脈などは平滑筋細胞が多く，伸縮性がよい。これらを筋性動脈という。小動脈は直径が0.1 mm前後と細く，その管壁は特に筋繊維が発達しており，交感神経支配により内径を能動的に大きく変化させて血流抵抗を変える。そのため小動脈は抵抗血管と呼



ばれる。その抵抗によって血圧に影響を与え、血液の流れを遅くする働きがある。管径が10 μm 前後の毛細血管は赤血球がやっと通過できる程度の太さで、その管壁は内皮細胞と1層の内膜だけからできている。この壁にはたくさんの穴が開いていて、そこから周りの組織とガスや物質の出し入れを行う。

### 1.1.3 内皮細胞の作用

血管内皮細胞は実に巧妙な働きをする。内皮細胞から分泌された物質が平滑筋を収縮・弛緩させると同時に、増殖因子や増殖抑制因子の生産を促進し、平滑筋細胞が増殖を始めた、抑制されたりする。すなわち、内皮細胞から弛緩因子として一酸化窒素、収縮因子としてエンドセリンが生産、分泌される。この弛緩・収縮物質が生産され、その生産を調節している因子としてさまざまな化学物質が明らかにされているが、その中でも生理的な調節因子は血流ではないかと考えられている。血流速度が変化すると内皮細胞自身も形態を変化させると同時に、内皮細胞の性質が変化し、各種の収縮弛緩物質を分泌する。そして、これらの変化は血流の変化でなく、内皮細胞にずり応力(図 1.6)を感知するシステムがあり、その信号によってずり応力に比例した収縮・弛緩物質の生産調節が行われていることが明らかになっている。

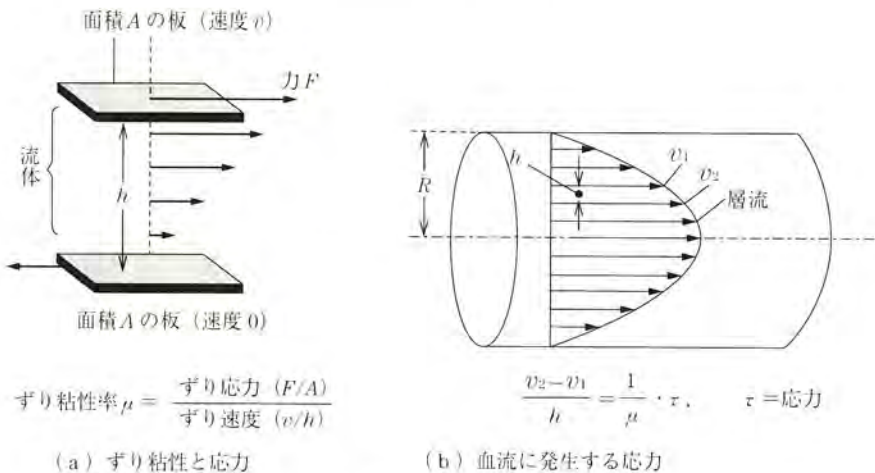


図 1.6 ずり応力と血流

なんらかの原因で内皮細胞が破綻すると自律神経支配が直接平滑筋に作用し、血管は収縮して動脈硬化が起こる。また、内皮細胞は凝血性因子や抗凝血性因子などの相反する作用因子を生産していて、内皮細胞が健全であるかぎり血液は凝固しないが、いったん怪我や病気で内皮細胞が障害を受けると血液は凝固してしまう。血液が流れている周辺の組織に炎症が起きた場合に白血球が集まって膿瘍ができる。この炎症部位に白血球がなぜ集まるかは、血

中を流れている白血球が炎症部位に近くなると内皮細胞に接着して転がり出して、やがて内皮細胞間げきから組織中に出てきて炎症部位に引き寄せられるからである。

このように、血液は、内皮細胞による血管構成細胞の絶妙なバランスを保つことで、機能的に流れているともいえる。これらの現象が「血管は単なるパイプではない」といわれる所以である。

#### 1.1.4 電 磁 血 流 計

組織にどのように血液が供給されているかを知るには、そこへ至る動脈の血流量を知ることが重要である。ここでいう血流量とは、着目する動脈に流れている血液の各瞬間時の血流波形や血流量、あるいは平均血流量である。この血流量を測定するのが血流計である。血管の各部位の血流を測定する主な測定法は、観血式の電磁血流計と非観血式の超音波血流計がある。

電磁血流計の測定原理は1831年イギリスの物理学者ファラデー (M. Faraday, 1791~1867) によって発見された“電磁誘導の法則”による。この法則が発見された時期は電流と磁気の関係が急速に解明された時代である。まず、1820年デンマークの物理学者エルスレット (H.Ch. Ørsted, 1777~1851) が「導線と平行に置かれた磁針が電流を流すと大きく振れ、電流の方向を逆転すると磁針の方向が逆転する」という現象を発見し、1822年フランスの物理学者アンペール (A.M. Ampère, 1755~1836) が「導体に電流を流すと導体の周りに同心円状に磁気が発生し、このときの電流の方向と磁界の向きとの関係は、ねじの進む方向を電流の向きとすると、右ねじの回転する方向が磁界の向きとなる」という有名な「アンペアの右ねじの法則」を発表した (図 1.7)。これをさらに発展させたのがファラデーの「磁界が変化すると導体に起電力が発生する」という電磁誘導の法則である。この法則は、磁界と導体の相対的な変化を意味しているので、「磁界内で運動する導体に起電力が発生する」のと同じである。後の1859年になって、2極真空管を発明したイギリスの電気工学者フレミング (J.A. Fleming, 1849~1945) は、磁界内に運動する導体に発生する起電力の表現法として「フレミングの右手の法則」を考案し、使用上の簡便さに貢献した (図 1.8 (a))。発電機やコイル式マイクロホンの原理を理解するのに大いに役立っている。

さて、電磁血流計は図 (b) に示すようにプローブと呼ばれる鉄心入りの励磁コイルを血管に装着し、これに電流を流すと磁界が発生する。さらに、その磁界と直角方向に血流が流れると、フレミングの右手の法則に沿って起電力が生じる。血流は大略鉄分からできている赤血球を40%以上も含んでいるので立派な導体であり、血液が流れるのは導体が動くのと同じ現象である。すなわち、親指、人差し指、中指をたがいに直角に開き、親指を導体の運動方向、人差し指を磁束の方向に向けると、中指が起電力の方向に一致する。磁束密度  $B$

# 索引

<b>【あ】</b>		凹面回折格子	109	甘こう電極	69
アクチン細糸	48	大型・多人数用装置	129	幹細胞	77
アシドーシス	50	オシレーション法	27	乾式尿分析器	114
圧電素子	10	オシロメトリック法	12	<b>【き】</b>	
圧波伝播	20	オリヒス	78	気圧外傷	131
圧力センサ	13	音響インピーダンス	9	気管	23
圧力波	8	<b>【か】</b>		気管切開チューブ	121
アミノ基	65, 101	加圧速度	133	気管挿管	44
アルコール中毒症状	132	回折格子	93	希釈液	82
アルドロステロン	123	解糖系代謝	49	希釈倍率	81
アルミナ	87	外部灌流法	138	基準電極	69
アンペアの右ねじの法則	5	外肋間筋	24	輝線エネルギー	96
<b>【い】</b>		加温加湿器	118	輝線スペクトル	96
イオン感応性電界効果トランジスタ	83	化学的結合	64	気体の磁化率	41
イオン選択性電極	98	化学的結合酸素	127	気体の赤外線吸収スペクトル	43
1秒率	30	化学的溶解	62	気体の熱伝導率	42
1秒量	30	拡散	23, 26	基底状態	95
1ポイント法	95	過酸化陰イオン	131	気道障害	117
陰圧式	118	過酸化水素	83	気道内圧情報	118
<b>【う】</b>		過剰換気	47	機能的残気量	24
ウィンドケッセル理論	19	ガスクロマトグラフィ	102	気泡検知器	126
ウォーターラップ	46, 118	ガス交換	2	気泡捕捉フィルタ	139
ウォーミングアップ	59	ガス交換能力	138	逆起電力	8
運動負荷	47	カタラーゼ	85	キャピラリー	36
<b>【え】</b>		活性型ビタミンD	123	吸気終末休止時圧	120
液体クロマトグラフィ	102	活性酸素	131	吸気蛇管	117
液体膜電極	97	カフ圧迫	12	吸光度特性	72
エストロポエチン	123	カプノメータ	31	急性一酸化炭素中毒	127
エリスロポエチン	60	ガラス電極	68	胸郭組織	26
エルゴメータ	57	ガラス膜電極	97	胸腔内圧	26
遠位尿管	123	カラードップラ法	10	凝血性因子	4
円形マルチセル方式	105	カラムクロマトグラフィ	102	胸式呼吸	24
遠心ポンプ	135	顆粒球	76, 79	強制換気	119
エンドセリン	4	ガルバニ電池	39	極大吸収波長	91
<b>【お】</b>		カルバミノHb	65	極低出生体重児	31
横隔膜	26	カルボキシル基	65, 101	距離分解能	10
応答速度	42	換気	23	近位尿管	123
		換気機能	26	<b>【く】</b>	
		換気障害パターン	30	空気塞栓	127
		換気量	26	クエン酸回路	51
		観血血圧計	13, 17	クラウンエーテル	87
		還元ヘモグロビン	63, 72		

クラウンエーテル化合物 99  
 クラウンエーテル膜電極 98  
 クラーク電極 67  
 クラーク電極法 66  
 クーリングダウン 59  
 グルコース感応性 FET センサ 89  
 グルコースセンサ 83  
 クレアチニン 123  
 クレアチンリン酸 49

【け】

経口/経鼻挿管チューブ 121  
 蛍光光度法 95  
 蛍光物質 95  
 経皮血液ガスモニタ 70  
 血液凝固 2  
 血液貯留槽 138  
 血管弾性率 20  
 血漿 1  
 血小板 2, 76  
 血小板数 82  
 血中乳酸濃度 52, 54  
 ゲートパルス 10  
 減圧症 127, 131  
 減圧速度 130, 133  
 限外濾過圧 126  
 減衰係数 14  
 検体識別番号 108  
 検体分取機構 108  
 検体盲検 95  
 検量線 92, 104

【こ】

コイル型 136  
 好塩基球 80  
 好塩基球数 82  
 交感神経支配 3  
 高気圧酸素治療の安全基準 133  
 高気圧酸素療法 127  
 抗凝血性因子 4  
 好酸球 80  
 好酸球数 82  
 恒常性 1  
 酵素 FET センサ 89  
 拘束性障害 31  
 酵素グルコースオキシターゼ 83  
 酵素センサ 83  
 好中球 80  
 好中球数 82  
 光電脈波 73  
 坑利尿ホルモン 123

交流励磁 7  
 小型・1人用装置 129  
 呼吸終末陽圧 119  
 呼吸蛇管 118  
 呼吸インピーダンス 27  
 呼吸機能 23  
 呼吸筋 26  
 呼吸中枢障害 117  
 呼吸不全 117  
 固体膜電極 97  
 固定化酵素膜 84  
 コロトコフ音聴診法 12  
 コンプライアンス 19, 26

【き】

再吸収 123  
 最高心拍数 58  
 最大酸素摂取量 53  
 在宅酸素療法 75  
 サイドストリーム法 36  
 酸化還元電流 83  
 酸化シリコン 87  
 酸化タンタル 87  
 酸化ヘモグロビン 62, 72  
 酸血症 50  
 酸素解離曲線 63  
 酸素含量 64  
 酸素摂取量 28, 64  
 酸素中毒 131  
 酸素負債 54  
 酸素飽和度 34, 63  
 サンプルディスク 108

【し】

シアメントヘモグロビン法 82, 112  
 シアンメントヘモグロビン 78  
 シェベリングハウス電極 67  
 弛緩因子 4  
 糸球体 122  
 糸球体のう 122  
 死腔量 24  
 試験紙 112  
 自然呼吸 24, 26  
 持続強制換気 118  
 自発呼吸 119  
 磁場偏向型質量分析計 40  
 受圧膜 13  
 従圧式調節換気 118  
 収縮因子 4  
 収縮弛緩物質 4

重炭酸イオン 65  
 集中治療室 18  
 充填剤 102  
 自由電子 92  
 終点分析法 95  
 従量規定換気 118  
 主波長 94  
 準備運動 59  
 蒸気圧法 115  
 静脈管 33  
 除去対象物質 124  
 触媒物質 85  
 初速度分析法 95  
 ショランダー分析器 37  
 自律神経支配 4  
 腎機能障害 123  
 人工肺 134  
 腎疾患のスクリーニング検査 112  
 腎小体 122  
 新生児仮死 31  
 新生児集中治療室 32  
 浸透圧 125  
 浸透圧測定器 114  
 心拍出量 34, 64

【す】

ずり応力 4

【せ】

静圧 17  
 生体防御作用 2  
 制動係数 14  
 整理運動 59  
 赤外線吸収法 44  
 積層型 136  
 赤血球 2  
 赤血球産生刺激因子 60  
 赤血球数 82  
 絶対気圧 128  
 繊維素原 1  
 前方小角散乱光 81  
 前方大角散乱光 81  
 専用貫通端子 130

【そ】

挿管内圧情報 118  
 側方散乱光 81  
 粗密波 8

【た】

ダイアライザ 124

第1種装置	129
体外血液透析法	124
体外循環装置	134
代行機能装置	134
対向流	124
大小気管支	23
体積弾性率	13
第2種装置	130
胎盤循環	32
縦波	8
単球	76, 79, 80
単球数	82
炭酸脱水酵素	65
弾性繊維	3

## 【ち】

窒化シリコン	87
窒素酞酐	131
中空糸型	136
中空糸型人工肺	138
中性脂質	89
超音波周波数	8
聴器障害	132
超低出生体重児	31
直流励磁	7
貯血槽	134

## 【て】

低酸素血症	33
低酸素症	32
定時分析法	95
呈色分子	91
ディスクリート方式	105
ディスベンサ	105
ディップタイプ	99
鉄の肺	118
テフロン膜	67
電界効果型トランジスタ	87
電気泳動	100
電気浸透	100
電気抵抗検出方式	77
電気抵抗法	80
電氣的胸郭インピーダンス	31
電磁血流量计	5
電子式スパイロメータ	28
電子伝達系	51
電子の遍移確率	92
電磁誘導の法則	5
伝播時間差	11

## 【と】

動圧	17
透過光量	42
透析液供給装置	125
透析効果	125
透析時間	125
透析膜	125
動脈側陰圧検知器	125
動脈管	33
動脈血酸素飽和度	72
動脈硬化	4, 20
ドップラ効果	9
ドップラ偏移周波数	9, 10
ドライケミストリー法	114
トランジットタイム	11
努力呼吸	30
努力性呼吸	24
トレッドミル	57

## 【な】

内皮細胞	3, 126
ナイロン膜	67

## 【に】

二項定理	16
2,3-DPG	64
二波長法	94
2ポイント法	95
乳酸	50, 51
乳酸性負債	54
ニュートラルキャリヤ型電極	98
ニュートン流体	2
ニューモタコメータ	29
尿細管	122
尿酸	123
尿試験紙	113
尿潜血反応	112
尿素	123
尿素感応性FETセンサ	89
尿沈渣自動測定装置	114
尿沈渣法	113

## 【ね】

熱希釈法	34
熱交換器	138
熱電子	40
ネプライザ	118
ネルンストの式	68
粘性	2
粘性抵抗	13

粘性率	2, 13
粘性流体	13

## 【は】

肺気量	28
肺コンプライアンス	119
肺実質障害	117
ハイドロキシルラジカル	85
肺の損傷	132
肺胞	25
肺胞気酸素分圧	128
肺胞総数	25
肺胞膜	23
肺胞面積	25
薄膜クロマトグラフィ	102
パーセント肺活量	30
バゾモーション	2
白血球	2, 76
発光スペクトル	97
バリノマイシン	87, 99
バリノマイシン膜電極	98
パルスオキシメータ	71
パルスドップラ法	9
搬送システム	110
反応ディスク	108
反応容器移動機構	109

## 【ひ】

非圧縮性粘性液体	24
比較電極	68
光吸収特性	72
光散乱方式	79
比色法	92
非侵襲的換気	121
皮膚加熱温度	71
ビベッタ	105
氷点降下法	115
ビルビン酸	49, 51
ピロリ菌	88
ピロリ菌ウレアーゼ	89
貧血性低酸素症	127

## 【ふ】

フィブリノーゲン	1
フェリシアン化カリウム	85
フェロシアン化カリウム	85
腹式呼吸	24
副波長	94
副鼻腔障害	132
腹膜透析	126
腹膜透析法	124



物理的溶解	62
不平衡型ブリッジ回路	15
フライシュ式	28
プラスチック膜	67
フーリエ解析	10
プリズム	93
フレミングの右手の法則	5
フロースルー法	43
フロータイプ	99
分光光度法	91
分時血流量	6
分子識別機能	82
分析システム	111
分注方式	105
分布	23, 25
分離カラム内の滞留時間	102
<b>【へ】</b>	
平滑筋	126
平滑筋細胞	3
平均血流量	5
平均自由行程	40
閉塞性障害	31
ベネディクト・ロス式レスピロメータ	28
ヘマトクリット	75
ヘモグロビン	62
ヘモグロビン濃度	82
ヘリコバクスター・ピロリ	88
ベールの法則	90
<b>【ほ】</b>	
ポアジェイユの法則	24
ホイートストンブリッジ回路	15
飽和水蒸気	45
飽和水蒸気分圧	28

ポテンシャル圧	17
ホメオスターシス	1
ポーラログラフ	39
ポーラログラフ電極	67
ポリプロピレン膜	67
ポリペプチド鎖	63
ホローファイバ型透析器	124
<b>【ま】</b>	
マイクロシリンジ	106
前処理工程	110
前処理システム	111
マスク式人工呼吸器	121
末梢組織	2
<b>【み】</b>	
ミオシン細糸	48
ミトコンドリア	51
脈波伝播速度	20
ミリシリンジ	106
<b>【む】</b>	
無呼吸	31
無呼吸発作	32
無酸素運動	49
無酸素性作業閾値	55
<b>【め】</b>	
メインストリーム法	36
メディエータ	85
メーンズ・コルテヴェークの式	20
<b>【も】</b>	
毛細血管	2
モル吸光係数	90

<b>【ゆ】</b>	
有酸素運動	51
有核細胞	81
<b>【よ】</b>	
陽圧式	118
溶解酸素量	128
用手法	107
横波	8
予測肺活量	30
<b>【ら】</b>	
卵円孔	32, 33
ランベルトの法則	90
ランベルト・ベールの法則	90
<b>【り】</b>	
リボプロテインリパーゼ	89
流速-流量曲線	30
リリー式	28
リンパ球	76, 79
リンパ球数	82
<b>【れ】</b>	
励起光	95
励起状態	95
レーザ散乱光方式	82
連続サンプリング法	36, 43
連続波ドップラ法	9
<b>【ろ】</b>	
濾過作用	123
濾紙クロマトグラフィ	102
ローラポンプ	134

ADP	48
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	87
AT	55
ATP	48
BA	82
CMV	118
COOH	65, 101
EIP-P	120
EO	82
FDA	74
FET	87
GOD	83
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	83
Hb	62
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	65

Henry の法則	128
HGB	82
IEC 601-1	71
IEC の医用電気機器安全通則	71
invivo	88, 140
ISE	98
ISFET	83
ISFET pH センサ	88
Kubicek の式	35
Lambert-Beer の法則	73
LPL	89
LY	82
MO	82
NAS ガラス	87
NE	82

NH <sub>2</sub>	65, 101
NICU	32
NIPPV	121
Nyboer の胸部円筒モデル	34
PCV	118
PEEP	120
PLT	82
RBC	82
Si <sub>3</sub> N <sub>4</sub>	87
SiO <sub>2</sub>	87
S <sub>p</sub> O <sub>2</sub> 値	74
Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	87
TCA 回路	51
VCV	118
WBC	82

— 著者略歴 —

1959年 電気通信大学電気通信学科卒業  
1959年 フクダ電子(株) 勤務  
1968年 日本電気三栄(株) 勤務  
1991年 日本光電工業(株) 勤務  
1998年 東京電子専門学校講師  
2002年 西武学園医学技術専門学校講師  
現在に至る

生体計測装置学入門

Introduction to the Biological Measuring Engineering and its  
Technical Device

© Yuji Kimura 2004

2004年11月15日 初版第1刷発行

2011年3月15日 初版第4刷発行

検印省略

著者 木村雄治  
発行者 株式会社 コロナ社  
代表者 牛来真也  
印刷所 萩原印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替 00140-8-14844・電話 (03) 3941-3131(代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-07085-9 (金) (製本：愛千製本所)

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします