

高血圧症における聴診間隙について

東京女子医科大学放射線医学教室 (主任 島津フミヨ教授)

東京女子医科大学 三神内科教室 (主任 三神美和教授)

村 田 み ど り
ムラ タ

(受付 昭和 35 年 4 月 16 日)

目 次

緒 言

第1章：聴診間隙発現機序の解析とその中・細小動脈の硬化評定に対する寄与

第1節 聴診間隙とその解釈

第2節 実験装置

- 2—1) マイクロフォン
- 2—2) 記録装置
- 2—3) 圧波形記録装置

第3節 実験方法

- 3—1) 実験対象
- 3—2) 被検者の体位
- 3—3) Korotkoff 音の記録

第4節 実験成績 (その1)

- 4—1) 正常例における Korotkoff 音
- 4—2) 高血圧症患者の Korotkoff 音
- 4—3) 高血圧症患者における聴診間隙

第5節 実験成績 (その2)

- 5—1) 聴診間隙の発現機序に関する仮説
- 5—2) 正常例における聴診間隙の作製

第6節 聴診間隙と臨床症状との対照

- 6—1) 聴診間隙の量的表現
- 6—2) 臨床所見と聴診間隙所見との対照

第2章：中枢動脈の硬化評定に対する Electro-kymography の意義

第1節 Electro-kymography と大動脈縁の Electro-kymogram

第2節 聴診間隙所見と Electro-kymogram との対照

結 語

(参考文献)

緒 言

今日、最も一般的に用いられている Korotkoff 聴診

法によつて高血圧症患者の血圧を測定する際、時に最高血圧と最低血圧の間隔で Korotkoff 音が消滅あるいは極めて減衰する現象がみられ、これが聴診間隙 (Auscultatory gap) といわれて血圧測定の際、最高血圧値に大なる誤差を生ずる恐れありとされている¹⁾。

この聴診間隙を正常例でみることは皆無で高血圧症患者にのみ限られるが、注意して Korotkoff 音を聞けば比較的高率で聴診間隙と覚しきものをみることが出来る。

臨床上、明らかに重症とみなされる高血圧症患者ではこの Korotkoff 音の減衰が著しい傾向を示すゆえ、この聴診間隙が高血圧症の病状程度を推定するに有利な面を展開することもあるかと考え表題の如き研究に着手したのである。

今日、高血圧症の病状程度を判定するには血圧測定の外、心電図検査、胸部X線検査、眼底検査、血中コレステロール値の測定、尿検査等の臨床検査が総合的に行われるが、何れの検査法を単独に用いても完全な診断を行うことはできない。とくに血圧測定は高血圧症であることを知るのに最も簡単、かつ有利ではあるが、測定された血圧値より病状程度を推定することは測定が間接的であるのと血圧値自体が環境等外的素因によつて種々変動することが多いため至難である。近年動脈カテーテル法の発達、その他測定装置における技術面での進展にとともに、Riva Rocci-Recklinghausen Korotkoff 聴診法による血圧測定値と動脈腔圧との相関が研究される^{2) 3)} 一方、Korotkoff 音の発生機序解析⁴⁾、Korotkoff 音と似た Pistol shot 音 (大動脈閉不全症の血圧測定時、最低血圧値以下に Cuff 圧を低めても聞かれる血管音) の解析⁵⁾ 等基礎的な面での研究が行われているがどれも直接臨床面へ寄与するものであるとは考えられない。

ここで著者が行つた研究によれば、Korotkoff 聴診法による血圧測定の際聞かれる聴診間隙は絶対血圧値の変

Midori MURATA (Department of Radiology and Mikami Clinic, Department of Internal Medicine, Tokyo Women's Medical College): On the analysis of the "auscultatory gap" in hypertensive arterio-or arteriolosclerosis.

動とはほとんど無関係に高血圧症の病状程度を判定するに有利な現象であると考えられ、したがってこれが高血圧症の治療効果を判定する基準として重要な意義を有するものと思われる。

本論文は、この聴診間隙の発現機序を考察、臨床各所見との対照を行つてこの事象が高血圧症診断への寄与を示唆せんとしたもので、対照のための事象として中枢動脈の硬化判定に有利な Electrokyomography をもあわせ勘案し、いずれも血行力学的な面から高血圧症の診断法を検討せんとしたものである。

第1章 聴診間隙発現機序の解析とその中・細小動脈の硬化判定に対する寄与

第1節 聴診間隙とその解釈

聴診間隙 (Auscultatory gap) はすでに緒言でも簡単にふれたごとく、時に高血圧患者にみられるもので正常例ではほとんど認めることがない。

これはすなわち、Korotkoff 聴診法による血圧測定時、Cuff 圧を低下させていく場合に最高血圧値より約 40~50 mmHg 低下した Cuff 圧付近で急激に Korotkoff 音を聴取し得なくなる領域を称するのであるが、Korotkoff 音がこの Cuff 圧領域で完全に消滅することは極めて稀で、しばしば、単に Korotkoff 音の減衰であることもあり、さらに頻繁に繰返して測定を行う場合にはこの聴診間隙が聞き難くなることもある。

一般に音の振巾に対する聴覚の感度は周波数に対するそれよりも約 1 桁低いといわれ、連続した音でもその振巾に 10% 以上の差を見ない限り弁別不能とされているから血管音のように間歇的であつて低振巾のものではこの弁別可能な音の振巾差は 10% を遙かに超えるものと考えられる。

したがって辛うじて Korotkoff 音の減衰を聴取し得るものでもこれを図形として記録する際には明瞭な振巾差を認め得るものと思われるため、Korotkoff 音の消滅

だけではなく減衰を示すものをも一聴診間隙と解釈して以下考察をすすめることにした。なお、このことをさらに広義に解釈してその振巾の変化が聴診不能であつても図形上明らかに Korotkoff 音振巾の減衰をみるものはすべて聴診間隙とみなすこととした。

第2節 実験装置

2-1) マイクロフォン

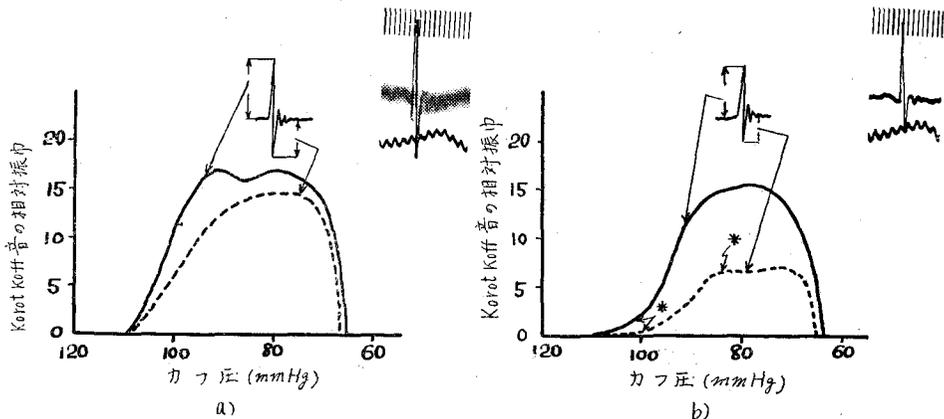
Korotkoff 音を図形として記録するためのマイクロフォン本体には心音計用のものを用いることにしたが、Korotkoff 音が極めて弱い場合には今日心音計に用いられているような音響型マイクロフォンによつたのでは S/N (信号対雑音比) が減ずるため、このような場合には接触型マイクロフォンによつて S/N の向上を計ることにした。

なお、音響型マイクロフォンで Korotkoff 音を採取する場合、その音源の面積が比較的小さいところから終端部面積約 3.2 cm² のフーンをマイクロフォン本体に取付けて S/N の向上を期し、一方、接触型マイクロフォンの使用は特定の場合を除き可及的避けるようにした。これは接触型マイクロフォンでは直接マイクロフォンの重量が振動源に取付けられるため S/N の向上は計り得ても周波数特性を劣化させる恐れがあるためである。

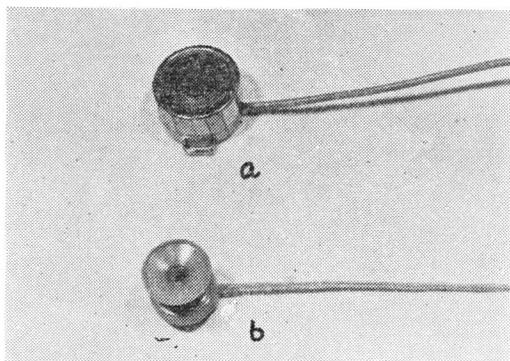
第1図は両型式のマイクロフォンを用いて同一被検者より Korotkoff 音主振動振巾と Cuff 圧との関係をもとめたものであるが、これより接触型マイクロフォンでは音響型のものに比して波形記録の際の忠実性が損われることを知る。(図 b) の * を附した個所と a) のそれとを対照されたい。)

なお、第2図および第3図はそれぞれ実験に使用したマイクロフォンの外観ならびに接触型マイクロフォンの周波数特性を示したものである。

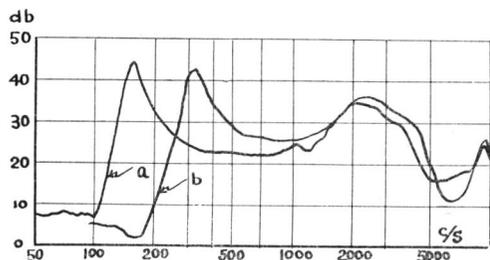
2-2) 記録装置



第1図 両型式のマイクロフォンによつて記録された Korotkoff 音主振動振巾と cuff 圧との関係
a) 音響型マイクロフォン使用時 b) 接触型マイクロフォン使用時



第2図 実験に使用したマイクロフォンの外観
a) 音響型 b) 接触型



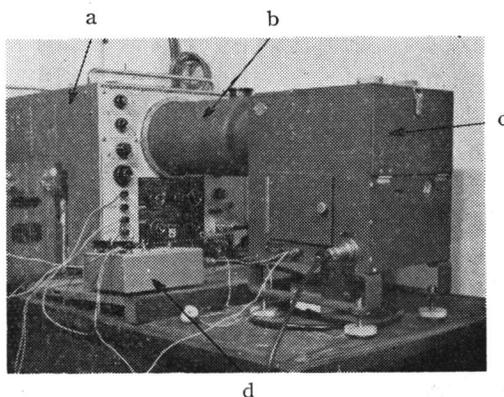
第3図 実験に用いた接触型マイクロフォンの周波数特性 (小林理研工業社にて測定)
a) マイクロフォンに 50 g の圧力を加えた場合
b) マイクロフォンをビニールテープで振動源に圧着した場合
(振動源にはクリスタル片を使用, クリスタル片に一定振幅の電圧を与えれば一定振幅の振動を得ることが出来る。)

ほぼ数 10 c/s ~ 数 100 c/s にわたる成分を有する Korotkoff 音を忠実に記録するため記録装置には陰極線管オツシログラフを用いることにした。すなわち, 垂直方向の陰極線管スポット変位を長尺フィルム捲取装置によつて掃引記録するのである。(陰極線管には 2 gun 2 beam で 2 現象同時観測用一日本光電工業社製, 長尺

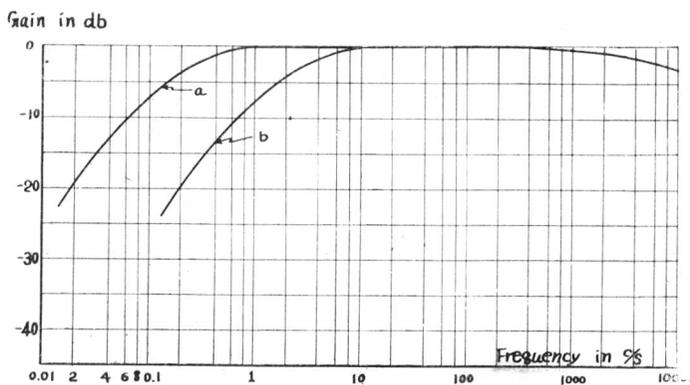
フィルム捲取装置には 35mm または 60mm 巾のフィルムあるいは印画紙を 20m 連続して捲取り得るもので一三栄測器製—フィルムの捲取速度は 10cm/sec, 20cm/sec, 50cm/sec, および各速度の 1/10, 1/100, 計 9 段階切換えのものを使用) また増巾器には同じく日本光電工業社製の High gain 直結増巾器ならびに biophysics 用増巾器を使用した。第 4 図は記録装置の全景, 第 5 図は Korotkoff 音の増巾に用いた biophysics 用増巾器の周波数特性を示したものである。なお, 実験に際しては波形の解析を容易にするためおよび経済的な面を考慮して, 記録紙のおくり速度は 10 cm/sec とした。使用印画紙はオリエンタル写真工業製 35 mm 巾印画紙 (カルデオタイプ, ss, 20m 長) である。

2-3) 圧波形記録装置

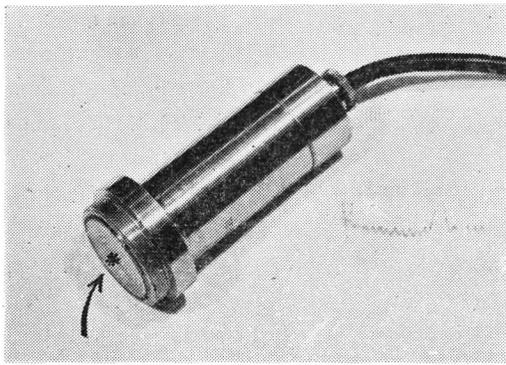
聴診間隙の解析に際し Korotkoff 音採取附近における動脈圧曲線の概要を知る目的で第 6 図に示す如き Pressure Transducer を使用した。この Transducer は



第4図 記録装置の全景
a: 2 素子写真撮影用陰極線管オツシログラフ (日本光電工業社製)
b: フード
c: 長尺フィルム捲取り装置 (三栄測器製)
d: 増幅器の入力端子



第5図 Korotkoff 音ならびに圧波形の記録に用いた増幅器の周波数特性
(a) は圧波形記録用, b) は Korotkoff 音記録用増幅器の周波数特性曲線)



第6図 動脈圧波形の記録に用いた Pressure Transducer (東洋精器製, Statham 型, 0~360mmHg)
(圧曲線の記録は受圧板(*)を皮膚に圧着して行つた)

心臓カテーテル法施行時の心血管内腔圧曲線記録用として設計されたもので、最高 360 mmHg までの圧を記録することができる。

圧曲線の記録は間接的に行うのであるが、記録に際してはこの Transducer の受圧板を最低血圧値以上の圧で記録部動脈上の皮膚に圧着する。勿論、間接的な方法であるため記録された圧波形の忠実性が多少失われることは止むを得ないが、本研究では圧波形の概要、とくに圧波立上りの振巾、圧波全体の振巾等の把握のみを目的とし、波形の傾斜等詳細にわたる波形解析を行うものではないから、この程度の簡単な方法によるも充分目的を達することができる。

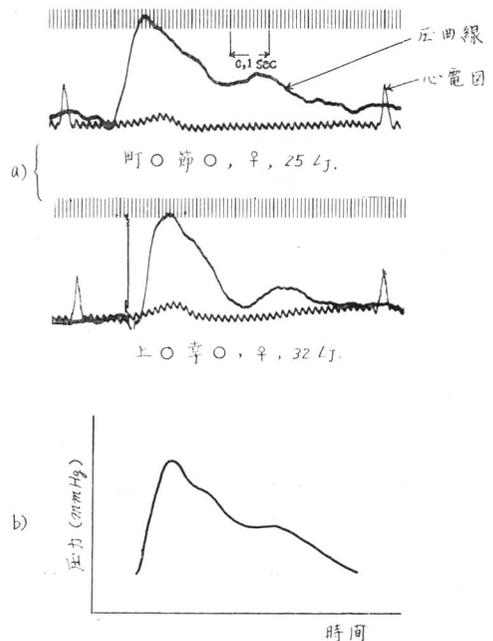
なお第7図は上記間接的方式によつて記録された上腕動脈肘窩部圧曲線と、Remington⁶⁾等によつて示された同部動脈圧曲線(動脈カテーテル法による直接記録)とを対照して示したもので、第8図は本研究に用いた圧曲線の記録系を示したものである。

第3節 実験方法

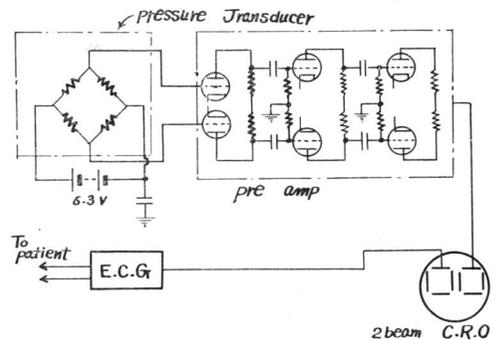
3-1) 実験対象

血管壁の硬度は年齢との相関を有するものであるため、実験の厳密性を期するためには広く各年齢層に実験の対象をもとめるべきであろうが、ここでは一応、正常被検者として動脈壁の弾性率が低い若年齢層と老化現象のためにこの弾性率が高まっている高年齢層の両極端群を用いることにし、中間年齢層に対する検索は割愛することとした。すなわち、被検者は若年齢層群として20~30才までの健康なもの10例、また高年齢層群として養育園に入園せる60才以上で高血圧症の病歴を有しない14例(男:5例,女:9例)ならびに高血圧の病歴を有する21例(男:5例,女:16例)である。

一方、高血圧症の被検者としては当大学心臓血管研究所の集団検診群中、心電図所見、胸部レ線所見、眼底所見、血中コレステロール値、尿所見等の臨床検査綜合によ



第7図 非観血的に記録した肘窩部動脈の圧曲線 (a)と観血的に記録した同部動脈の圧波形 (b) J.W. Remington 等よりとの対照)



第8図 圧曲線の記録回路系

り高血圧症を指摘され、かつ最高血圧が150以上、最低血圧が90以上のも23例を使用した。なおこれら被検者の年齢は40~70才にわたっている。

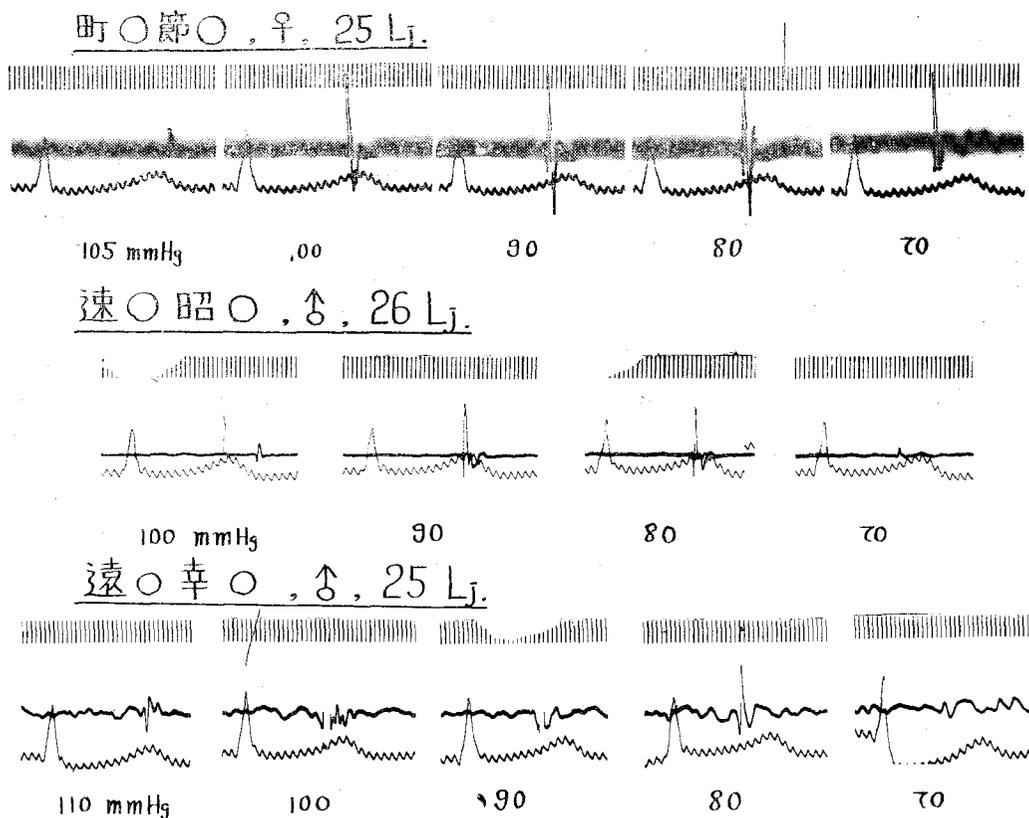
3-2) 被検者の体位

被検者はすべて測定前30分間安静とし、また測定中の安静を保たせる意味からすべて仰臥位をとらせた。

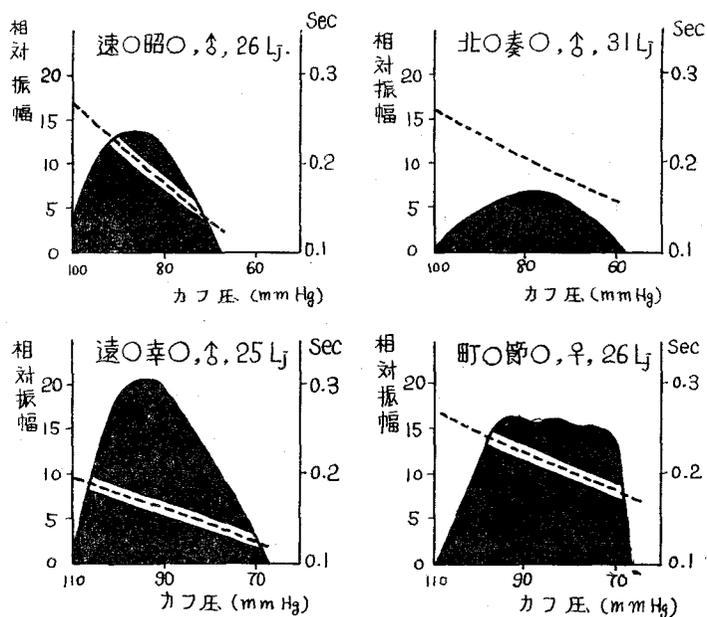
3-3) Korotkoff 音の記録

最初、通常の方式すなわち Korotkoff 聴診法に従つて血圧を測定し、次に聴診器の代りにマイクロフォンをコムバンドで軽く固定(接触型のマイクロフォンでは絆創膏で接着した)して Korotkoff 音を記録した。この際、時相解析の基準とするため併行して心電図の記録を行っている。(2現象観測用ブラウン管のスポット位置はあらかじめ正確に調整してある)。

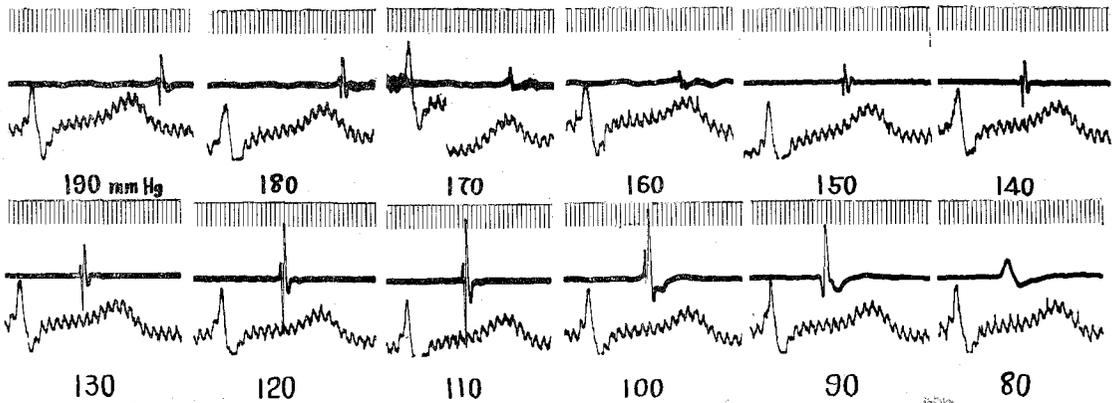
なお、増巾器利得調整その他で繰返し Cuff 圧を上昇



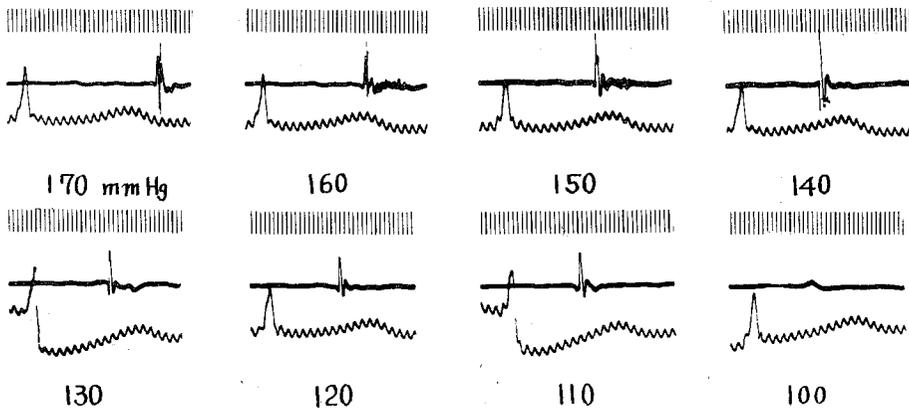
第9図 正常例の Korotkoff 音 (3例)



第10図 Cuff 圧と Korotkoff 音の主振動振幅 (実線) ならびに心電図R波と Korotkoff 音主振動発生時期間 (点線) との関係 (正常例)



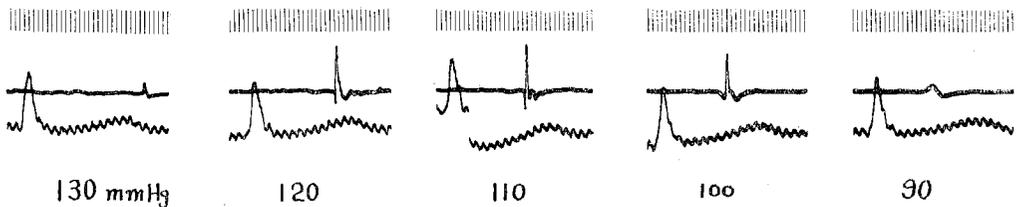
a) 石○宏○, 60 Lj. 臨床症状 (比較的重症)
 (眼底所見: Keith-Wagener II度, Scheie II~III度, 単純胸部像で著明な大動脈の蛇行を見る他, コレステロール値は207, 残余窒素量35である。)
 (上記の Korotkoff 音はカフ圧が約160 mmHgで殆んど消滅している)。



b) 市○鎌○, 51 Lj. 臨床症状 (中等度)
 (眼底所見: Keith-Wagener II-a, Scheie I度, 単純胸部像から大動脈の蛇行は認められず, コレステロール値188, 残余窒素量値30である。)
 (a) の例における如き著明な Auscultatory gap は見ない)

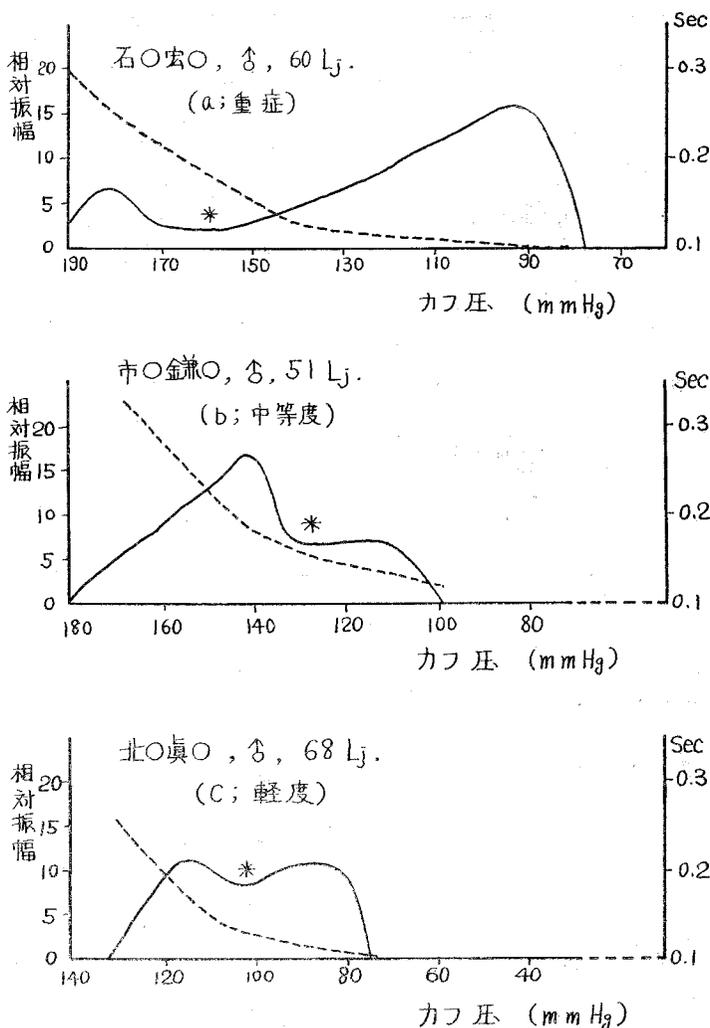
下降する結果, 末梢側に血流のうっ滞を生じ, ために血行障害が起つて聴診間隙の発現が不確実にならないよう一度 Cuff 圧を低下し次に上昇させる前には必ず10~20回手指を屈折伸展させて血行障害による誤差をさけるようにした。

また Cuff 圧の下降速度は通常血圧測定時のそれに準じて2~3 mmHg/sec 一定に保つようにした。すなわちあまり急速に圧を下降する場合には浅い聴診間隙を見逃す恐れがあり, またあまり長時間にわたつて下降する場合には最低血圧の測定精度を低下させることによる。



c) 北○真○, 68 Lj. 臨床症状 (軽度)
 (眼底所見: Keith-Wagener II度, Scheie II度, 単純胸部像から大動脈の蛇行所見は得難い。コレステロール値は177, 残余窒素量は32である)
 (殆んど Auscultatory gap をみとめ得ない)

第11図 高血圧症患者の Korotkoff 音 (3例)



第12図 Cuff 圧と Korotkoff 音の主振動振幅ならびに心電図R波と Korotkoff 音主振動発生時期間との関係 (高血圧症患者群)

(とくに高血圧症患者の場合緩徐な Cuff 圧の下降は最低血圧計測値に大なる誤差を生ずる恐れがあるといわれている。)

なお、Cuff 圧値の記録は 10 mmHg 毎に心電計の校正電圧信号を与えることによつて行つた。

第4節 実験成績 (その1)

4-1) 正常例における Korotkoff 音

第9図に代表的な正常 Korotkoff 音曲線の3例を示す。いずれも急峻な減衰振動を呈し、その主振動を構成する周波数成分はそれぞれ 50c/s, 60c/s, および 50c/s である。

ここで Cuff 圧を最高血圧以上の圧値より下降せしめる際、まず最高血圧値附近で Korotkoff 音が現われ、その最大振幅は Cuff 圧の下降につれて最初急激に増し、次第にその増し方が緩くなって最低血圧値に至れば

消滅する。

第10図はこのこと、すなわち Cuff 圧と Korotkoff 音主振動振幅との関係を示したものである。

なお、図中、点線で示してあるのは Cuff 圧と心電図 R 棘波発生時期—Korotkoff 音発生時期間との関係で、この図を縦軸が Cuff 圧であるように眺める時、点線の傾斜は心室収縮期間における末梢側動脈圧曲線の傾斜を現わす。すなわちこれにより正常例では末梢側動脈圧曲線の心室収縮期間における傾斜が直線的であることを知るのである。

4-2) 高血圧症患者の Korotkoff 音

第11図は臨床的に高血圧症を指摘された被検者の Korotkoff 音 (3例)、また第12図は Cuff 圧と Korotkoff 音主振動の振幅との関係ならびに Cuff 圧と心電図 R 棘波発生時期—Korotkoff 音主振動発生時期間との

関係を示したものである。なおここに掲げた3例はそれぞれ病状の程度を異にし、a)は比較的重症、b)は中等症、c)は軽症と考えられる。

ここで第9図と第11図を比較する時、高血圧症患者では主振動を構成する周波数成分が正常のそれに比して比較的高いことが明らかであり、高血圧症患者23例における主振動構成周波数成分をもとめると80c/s~300c/sの範囲内に分散している。すなわち第11図-a)では約130c/s、b)では約120c/s、c)では約90c/sである。

さらに第11図より、Korotkoff音に含まれる周波数成分が高くなると同時に主振動の数が増していることも明らかであるが、これらのことはLawton⁷⁾が行った実験より或程度理論的に説明することができる。

すなわちLawtonは犬の大動脈切片(1×5cm)を取出し、その自由振動数、対数減衰率等を測定して自由振動数(ω_n)を現わす式として1)式を、また対数減衰率(δ)を現わす式として2)式を示して実測との対照を行つている。

$$\omega_n^2 = G/m - (b/2m)^2 \cong G/m \dots\dots\dots 1)$$

$$\delta \cong \frac{\pi\gamma}{\sqrt{mG}} \frac{A}{L} \dots\dots\dots 2)$$

ここで、Gは常数(dyne/cm)、mは大動脈切片に吊架する荷重、bはダンピング常数、 γ は血管の粘性係数、Eは動脈切片の弾性係数を現わすが、常数Gは切片のDimension(L:切片の長さ、A:切片の断面積)および弾性係数Eyとの関係において3)式の如くにして示される故、1)式は4)式のように書き換えるこ

$$Ey = (L/A) \cdot G \text{ (dyne/cm}^2) \dots\dots\dots 3)$$

とができ、これより動脈壁の肥厚、弾性率の増加は共に

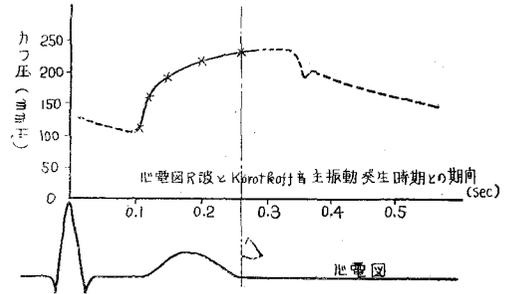
$$(\omega_n)^2 \cong \frac{A}{L} \frac{Ey}{m} \dots\dots\dots 4)$$

すなわち動脈の固有振動数を増すことが明らかである。換言すればKorotkoff音発生部位附近における動脈の硬化はKorotkoff音の構成周波数を高めることとなる。この他Korotkoff音の構成周波数はmによつても規定され、このmはこの場合Cuff圧とCuffより末梢側動脈圧ならびに圧力曲線に関係するから、Cuff圧が変るにしたがつて構成周波数成分も多少異なることになる。第11図よりこのことを察知することができる。

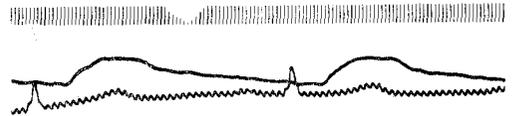
一方、Korotkoff音に含まれる振動数の数は対数減衰率に対応せしめることができ、2)式より明らかである如く動脈の硬化は壁の弾性率を増すため対数減衰率(δ)の減少、したがつて振動個数を増加せしめる。

以上示した如く単純に生体を取扱うことには多くの疑問を感じるが、一応Korotkoff音の構成周波数が高くあるいは減衰率が小さくて多数の振動波を含む場合には、動脈壁の硬化が原因であると考えて差支えないものとする。

この他、高血圧症患者の場合には第12図より明らかである如く心電図R棘波—Korotkoff音主振動発生時期間が最高血圧値付近で著明に延長し、最高血圧値より30~40mmHg程度低下するに至れば急激に短縮、それ以降ではこの期間とCuff圧との傾斜は非常に小さくなっている。これはCuff下における圧力曲線が第13図-a)に



a) 第12図より作図したCuff下動脈圧曲線



b) Cuff下動脈圧曲線
第13図

示す如きものであることを示唆し、実際にこの部の動脈圧波形を記録した結果(第13図-b)と良く合致する。

(なお、Cuff下動脈圧波形の記録は上腕動脈の肘窩部に圧力Transducerを置き、これに接した末梢部位にCuffを取付けて行つた。)

この、第12図に示されるSwan氏第1点でR棘波発生時期—Korotkoff音発生時期間隔が著明に延長する理由としては次のようなことが考えられる。すなわちKorotkoff音が最初に(最高血圧値で)現われるのは $dp/dt=0$ (ただしPは圧力曲線の函数)の時期であり、高血圧症患者では5)式で示されるRすなわち末梢血流抵抗が増大する結果5)式を解いてもとめられる dp/dt は6)式で現わされる如くになり、したがつて $dp/dt=0$

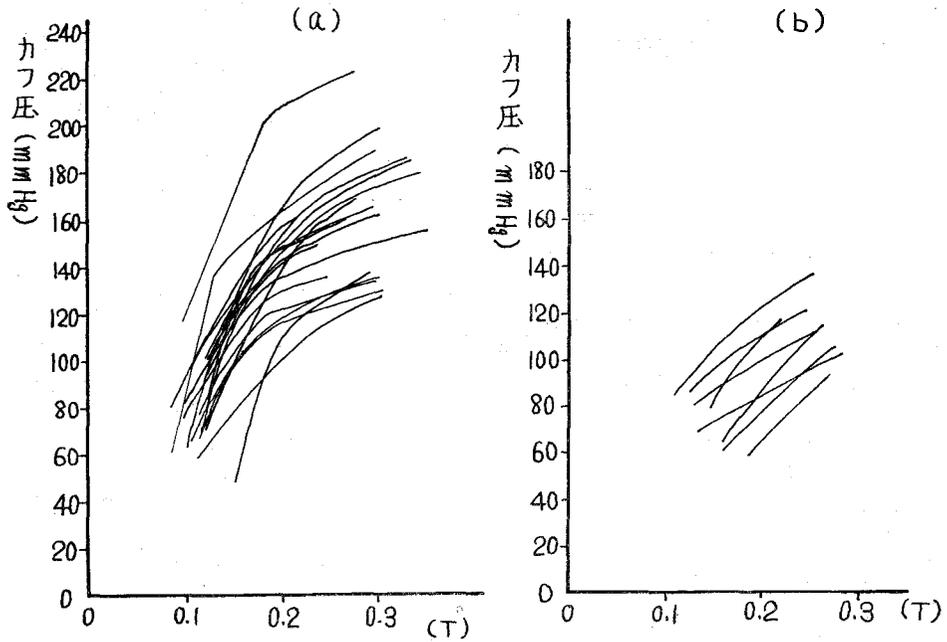
$$dp/dt \cong E(i - P/R) \dots\dots\dots 5)$$

$$dp/dt = \frac{E}{R} (iR - P_d) e^{-E/R \cdot t} \dots\dots 6)$$

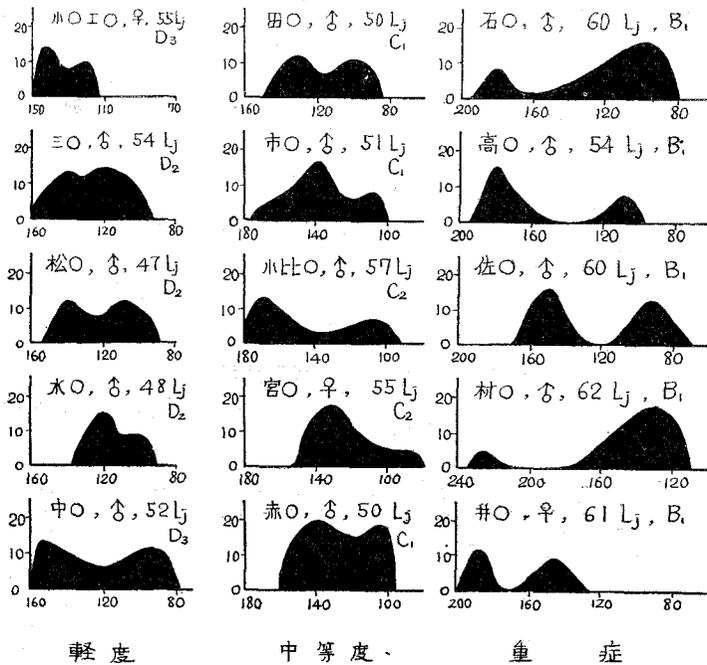
となるにはtが充分大なること、すなわち心室収縮末期と考えられるのである。

なお式中、Pは圧の時間的推移、iは心室より心室収縮期間中、動脈へ駆出される血液量(時間的に変化しないと考へている)、Eは動脈の容積弾性率(Eは一定と考へる)を現わし、Frankが示した動脈の血液貯溜槽説に立脚する。

ここで著者が行つた被検例中、中等症以上の高血圧症患者では何れもKorotkoff音の初期発生時期がR棘波



第14図 Cuff 圧と心電図R棘波→Korotkoff 主振動発生時期間との関係
 a) 高血圧症群 b) 正常群



第15図 Auscultatory gap の性状

(図中DCBなる記号は判定結果を示す。尚Bの右下に記してある小文字は 1: 要治療, 2: 要監視, 3: 要注意であることを示す)

より著明に延長し、この綜合を正常例との対照において示せば第14図の如くである。

4-3) 高血圧症患者における聴診間隙

第11図からその一端を察知しうるとく、高血圧症患者では最高血圧と最低血圧との間の Cuff 圧値で Korotkoff 音が急激あるいは緩徐に消滅または減衰するこ

とがある。これがいわゆる聴診間隙であるがこれには個人差が大きく、さらに同一被検者でも時期的にその減衰率に変化がおることがあり得る。

第15図は聴診間隙をみる高血圧症患者のCuff圧とKorotkoff音主振動振幅との関係を総合して示したものであるが、この主振動振幅巾の変化、すなわち、聴診間隙の様相は極めて多様である。聴診間隙の発現機序については次節にとりまとめて述べることにするが、重症になるにつれて聴診間隙が顕著に現われることは高血圧症の病状程度を判定するのにこの事象が有意であることを示唆する。

第5節 実験成績 (その2)

5-1) 聴診間隙の発現機序に関する仮説

この高血圧症患者にのみ特徴的であるといえる聴診間隙の成因としては下記の如きものが考えられる。すなわち、

- i) Cuffより末梢側の動脈へ噴出する血液量が聴診間隙の発生時期に消失あるいは減少する。
- あるいは
- ii) 聴診間隙発現時期にCuffより末梢側動脈へ噴出する血流の初期速度のみが減ずる。

等であるが、いずれもCuff下動脈圧とCuffより末梢側動脈圧との差が減ずる、すなわち末梢動脈圧の一過性

上昇に起因すると考えられる。

ここで末梢動脈圧の上昇が一過性であることは、一度減衰あるいは消滅したKorotkoff音がCuff圧を低下して行くにしたがい再度振幅を増すことより明らかである。

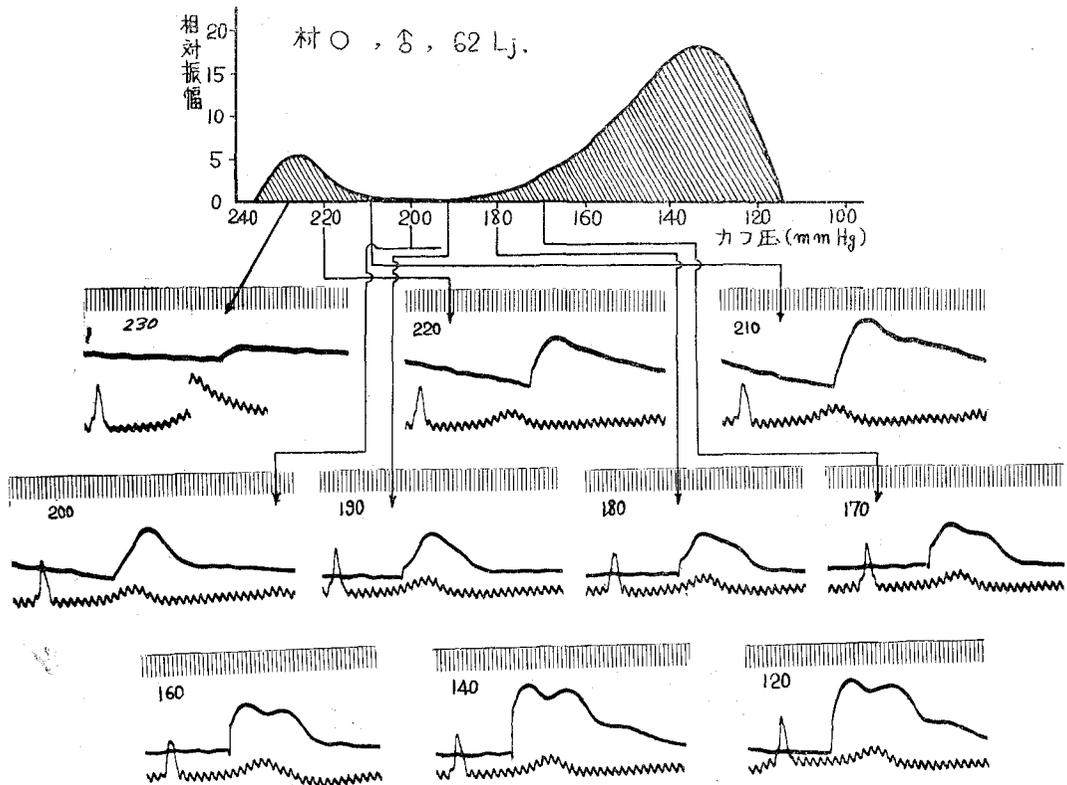
すなわち、聴診間隙はこの末梢動脈圧が一過性に高まる機構と、高まった末梢動脈圧が復元する機構との複雑な合成により現われると考えられるのであるが、前者は主として末梢動脈の容積弾性率あるいは血管Tonusの異常、後者は末梢動脈あるいは毛細血管の血流に対する抵抗によるものと推察される。

ここで末梢動脈壁の弾性率、したがってその容積弾性率が高まれば、容積弾性率(E)は7)式で現わされる故、末梢へ流入する一定の血液量(Δv)に対して圧力

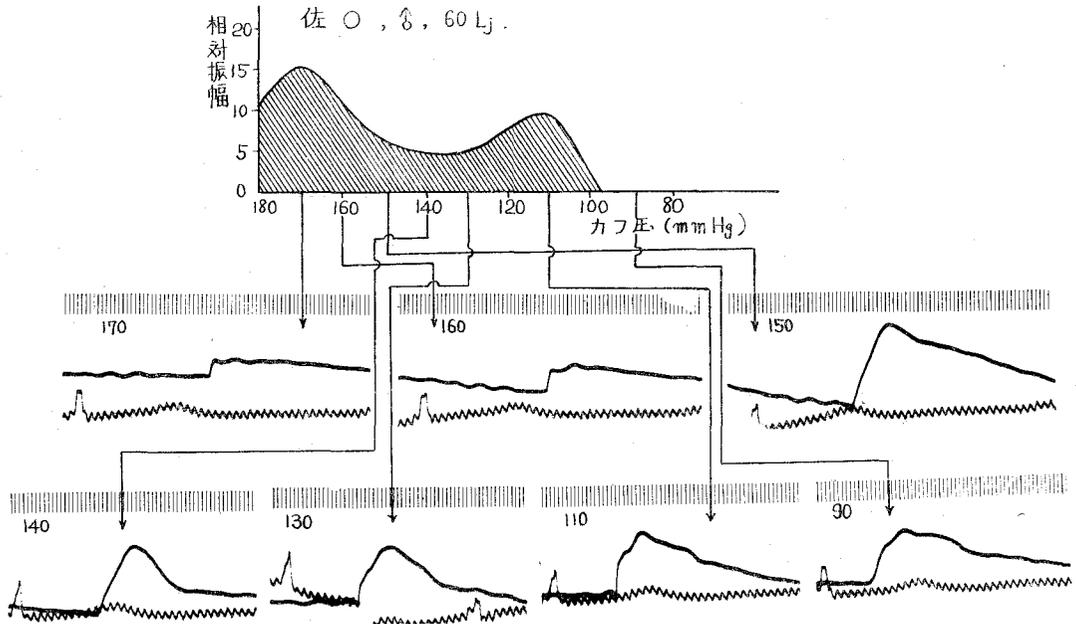
$E = dp/dv \dots\dots\dots 7)$

上昇(ΔP)は大きく、ために末梢動脈圧の上昇を来して上記Cuff下前後の動脈圧差が減ずることになるのであろう。

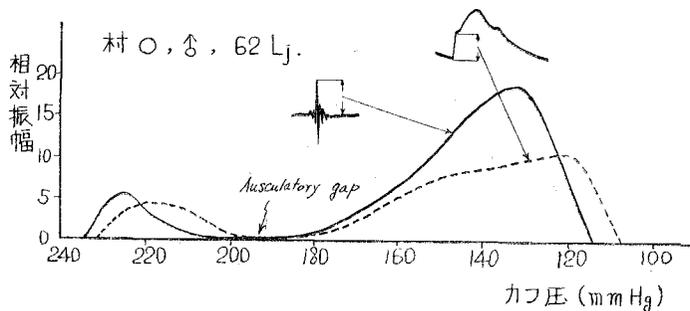
またKorotkoff音は末梢へ血液が噴出される初期に現われる故、血管のTonusが異常に高まっていたり、あるいはCuff下の圧曲線が心室腔の収縮期圧に似てEarly plateau型を示す場合には、前者では相対的にEの増加を、後者では多量の血液が最高血圧時期附近で流



第16図 血圧測定下における腕動脈肘窩部附近の圧曲線 (高血圧症)



第17図 血圧測定下における腕動脈肘窩部附近の圧曲線 (高血圧症)



第18図 Korotkoff 音主振動振巾と腕動脈肘窩部圧曲線における初期立上り振巾との関係 (高血圧症)

れて Δv の増加を来し、何れも ΔP を増して Korotkoff 音発生時期における Cuff 前後の動脈圧差を減少せしめるものと思われる。

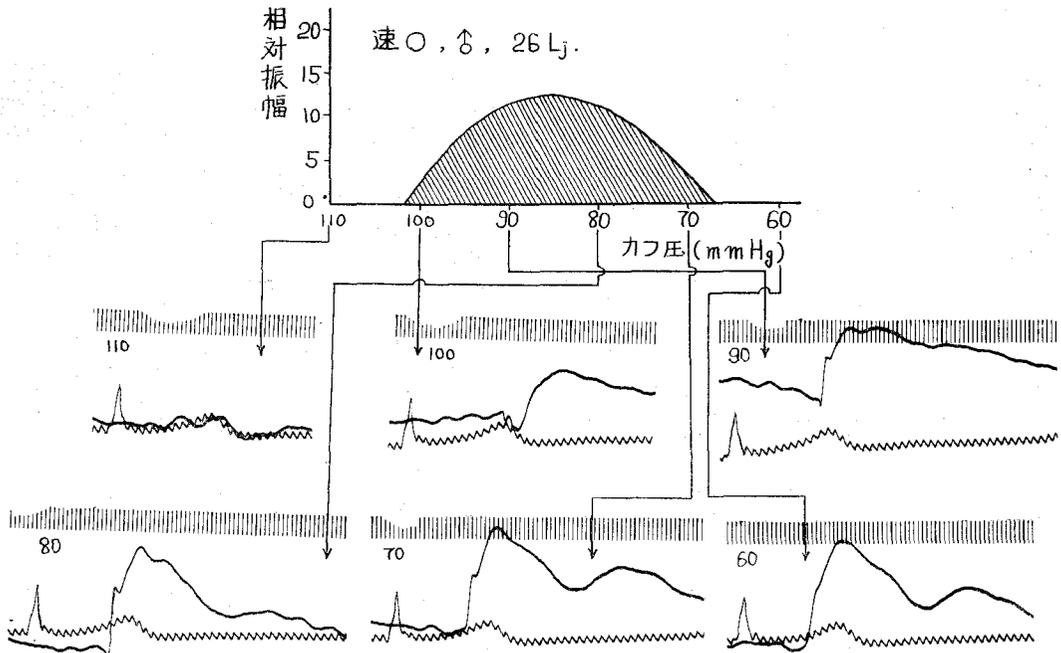
第16図および第17図は聴診間隙の発現時における上腕動脈肘窩部 (すなわち Korotkoff 音を採収する部位) の動脈圧曲線を記録したものであるが、これより聴診間隙発生時、Korotkoff 音の発生にあづかると考えられる動脈圧曲線初期における急峻な立上り振幅の減少 (第18図参照) ならびに圧曲線下に含まれる面積の減少等が明らかである。なお、圧曲線下に含まれる面積は Cuff 部を通過せる血液総量に相応する。(高血圧症患者における第16図、第17図と正常例における第19図とを対照されたい。)

なお以上に示した考察はすべて血液測定時、最低血圧値以上では静脈系が閉鎖され、したがって Cuff 以降

の血管は囊状をなすことを前提としている。(実際に Cuff 加圧時、Cuff より末梢側の静脈へ造影剤を注入し Cuff 圧を低下せしめて血管撮影を試みると、第20図に示す如く最低血圧附近までは如何なる中・小静脈も閉鎖されていることがわかる。)

以上、Korotkoff 音の消滅あるいは減衰の機構について考察を行ったので、次に Korotkoff 音の消滅あるいは減衰後に Korotkoff 音が復旧する機構について考察する。

すでにこれは末梢動脈、毛細血管の血流に対する抵抗増大に起因するであろうとしたが、末梢細小血管の血流抵抗が高まる場合には初期に中・細小動脈に貯溜された血液がこの高抵抗血流路を通つて静脈系へ拡散するのに時間を要するため一時 Korotkoff 音が減衰して再び回復することになるのであろう。(さらに Cuff 下部動脈



第19図 血圧測定下における腕動脈肘窩部附近の圧曲線（正常例）

の圧曲線が Early plateau 型を示す場合にはこの傾向が助長されるものと考えらる。）

このようなため Cuff 圧下降速度が聴診間隙の形態に関与する所大なるものがあるが、この Cuff 圧下降速度の問題については改めて後日解明を試みることにし、本論文では通常血圧測定時に用いる程度の Cuff 圧下降速度について取扱うこととした。

上記の各考察より聴診間隙の深さすなわち Korotkoff 音の減衰率は中・細・小動脈の容積弾性率に、また聴診間隙が現われる Cuff 圧すなわち聴診間隙の巾は末梢細・小動脈、毛細血管の血流に対する抵抗によるものといえるようである。

5-2) 正常例における聴診間隙の作製

5-1) でのべた考察がある程度正しいとすれば聴診間隙を全くみない正常例においても末梢血流抵抗を人為的に増加することにより聴診間隙を作製することができるはずである。

このため著者は前腕部に Cuff を巻きこの圧を最高血圧値よりやや低めの値に保つて Korotkoff 音を記録した結果、第21図に示すように聴診間隙に似た Korotkoff 音主振動巾の変化をみる事ができた。ここで比較的低度の高血圧症患者あるいは老化現象のため動脈壁の弾性率が高まり軽度の聴診間隙をみるものと同様な操作を加えると聴診間隙の巾、深さともに重症高血圧症の型へと移行するのを見とめた（第22図参照）。

さらに前腕部にまた Cuff 圧値を種々変える場合聴診間隙の巾、深さ共に変化することが判明（第23図参

照）、末梢血流抵抗が聴診間隙の形態に影響することの証左を得ることができた。

第6節 聴診間隙と臨床症状との対照

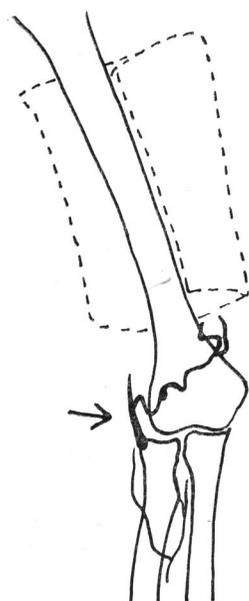
6-1) 聴診間隙の量的表現

すでに第5節で示したごとく、聴診間隙は末梢血管における容積弾性率の増大ならびに血流抵抗の増大に関与すると考えられる故に、末梢血管の性状に変化を認めることが多い高血圧症の診断に極めて有利であることを指摘することができる。

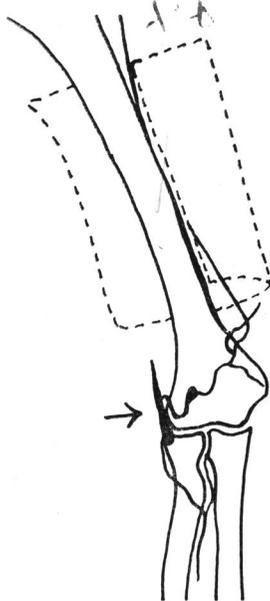
ここで聴診間隙の深さが深い程、また聴診間隙を生ずる Cuff 圧値の範囲が広い程末梢の血管変性が高度であるといえるが、一步進んでこの事象の量的表現を行い病状程度判定の基準を与えんとする。

このため聴診間隙の巾を表現する量として脈圧 (PL) と Korotkoff 音の振巾が減衰し始める Cuff 圧とこれが復旧し終る Cuff 圧との差 (Pw) の比 (Pw/PL) を用い、一方、聴診間隙の深さを表現する量として第24図に示すごとく最大 Korotkoff 音振巾と最小 Korotkoff 音振巾との相加平均 $1/2 \left(\frac{AM}{MM} + \frac{DM}{MM} \right)$ を用いて両者の積すなわち $Pw/PL \cdot 1/2 \left(\frac{AM}{MM} + \frac{DM}{MM} \right)$ をもとめ、この量をもつて聴診間隙の表現、したがって高血圧症の病状程度をある程度判定することができるものと考えた。

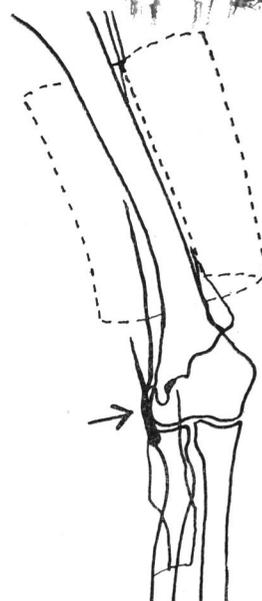
この他、聴診間隙の巾を表現する量として、Korotkoff 音の振巾が最小値を示す時の Cuff 圧 (Pz) と最



a) Cuff 圧: 70 mmHg



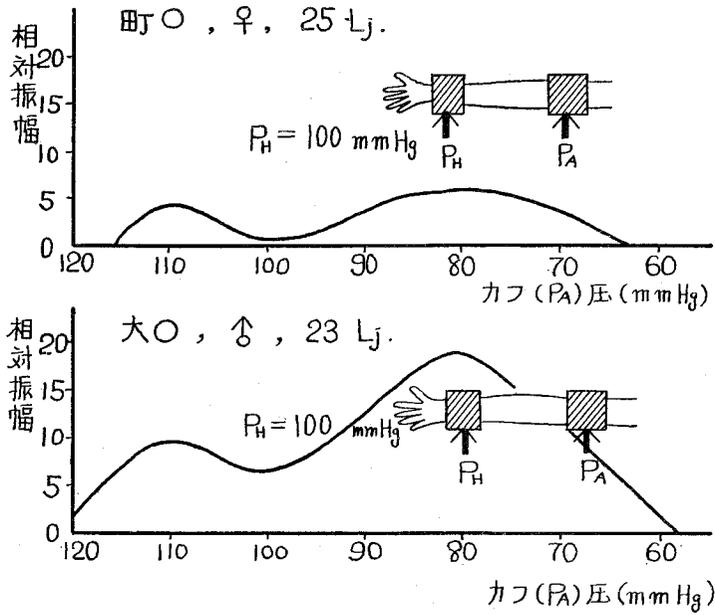
b) Cuff 圧: 50 mmHg



c) Cuff 圧: 30 mmHg

第20図 Cuff 加圧下における静脈血管撮影像 (正常例, A.K ♀ 24 Lj 血圧: 105/70)
 (Cuff 圧を最高血圧以上に高め肘窩部静脈へ 70% Urokolin 1cc を注入, 注入終了と同時に Cuff 圧を低下せしめ連続的に撮影を行った。撮影条件: 56 KVP, 35 mA, 0.07 sec.)

- a) Cuff 圧が 70 mmHg 時撮影されたもので静脈は Cuff 部で完全に閉鎖されている。
 b) 同じく 50 mmHg の時撮影されたものでここで一部静脈の小枝が貫通しているのをみとめる。
 c) 多数の静脈が貫通していることを知る。



第21図 正常例で作製された聴診間隙

高血圧値 (Ps) 最低血圧値 (Pb) 等との相関をもとめることも考えられるが上記 Pw/PL を以つてするのが最も妥当と考えられる。

(因みに、Pz と Ps および Pd の相関をもとめてこれを Pw/PL と比較する時、前者では殆んど臨床諸検査所見よりもとめた病状程度との良好な相関を得ることができなかった。)

6-2) 臨床所見と聴診間隙所見との対照

第1表は高血圧症患者23例について前記、聴診間隙を表現する量、 $Pw/PL \cdot 1/2MM (AM + DM)$ と臨床検査所見とを対照して示したものである。

表中、心電図所見の欄で○は左心室肥大所見、△はS-T, Tにおける所見、☆は脈搏の調律に関する所見、□はPにおける所見を現わし、黒くぬりつぶしてあるのは異常所見があることを示す。また胸部レ線所見の欄で○は心臓左室縁の肥大拡張所見、++++又は-であらわされている第2項は大動脈蛇行の程度、△は大動脈の拡張に対する所見を現わし心電図所見と同様黒くぬりつぶしてあるのは異常所見があることを示している。

なお、判定の欄で臨床所見による判定中 B₁ は要治療、B₂ は要注意、B₃ は要観察でいずれも重症、C₁ ~ C₃ は要観察で中等症、D₁ ~ D₃ は同じく要観察の中でも軽症であることを示す。一方、聴診間隙所見による判定中、Bは $\frac{Pw}{PL} \cdot \frac{1}{2MM} (AM + DM)$ が5以上、Cは1~5、Dは1以下であることを示し、両者を対応する時に得られる相関を#, ++, +, -で表現しているが殆んど大部分に両者間の良好な相関をみる事ができる。

ここで両者の所見による判定の相関が+または-では臨床症状が重症であるにもかかわらず聴診間隙をみないかあるいは僅かにみるのみであるが、これは聴診間隙所見が末梢血管における変性以外を推定することが困難であることによる。

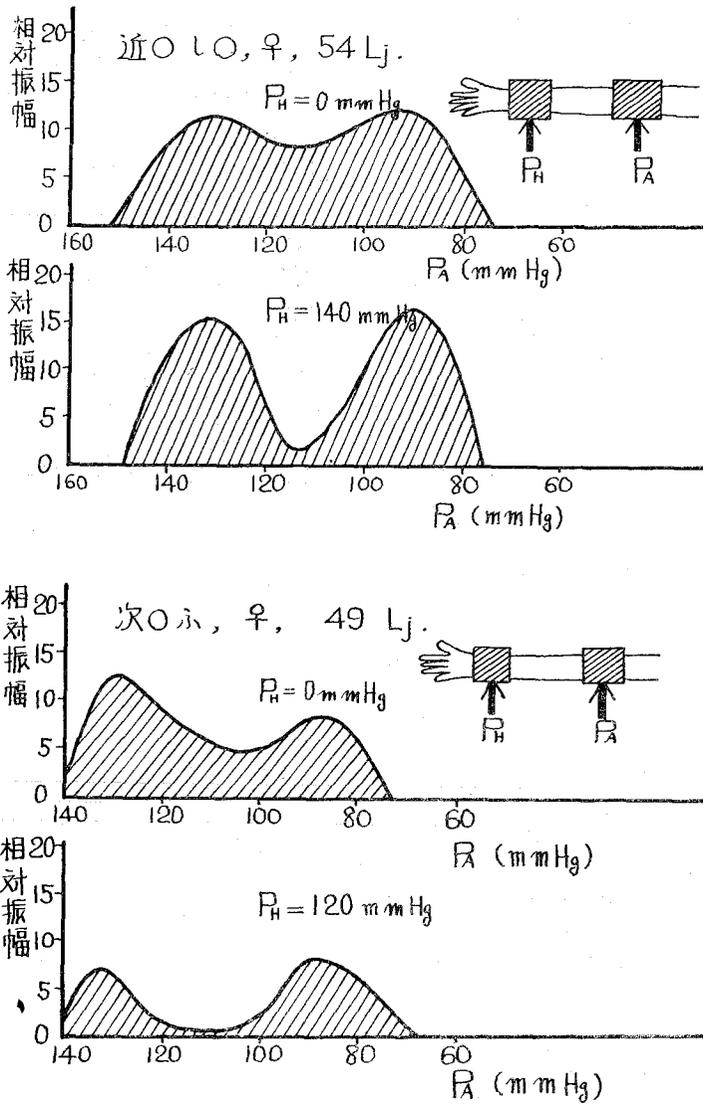
そこで末梢血管以外における血管の変性を検索する目的として Electrokymography を行い、上記両者所見による判定間に良好な相関を認め難い例について検討を行っているがこの問題については次章でふれることとする。

第2表は60才以上の高齢者で高血圧症の病歴を有せず、かつ最高血圧が150以下最低血圧が90以下の例について聴診間隙所見を示したものであるがいずれにも著明な聴診間隙をみることがない。しかし最高血圧が150以上最低血圧が90以上の同年令層被検者では聴診間隙所見による判定がBであるものを数例認め、これらはいずれも潜在的に高血圧症の症状を有している。なお、第3表にこれを示す。第2、第3表にかかげた被検者には第1表に示したもののごとく臨床検査を施行していないので聴診間隙所見による判定の可否を確認することはできず、また病歴に対する検討も充分に行われていないところから厳密な結果は期待できないが血圧の上昇せる被検者群に比較的重症の判定をみることは興味深い。今後この辺の問題に関する研究は是非行わなければならないと考えている。

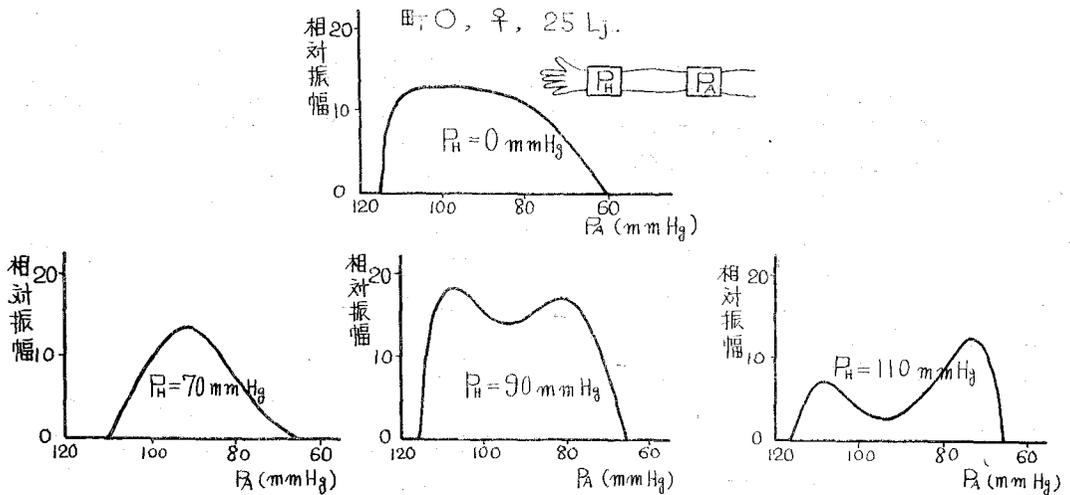
第2章 中樞動脈の硬化評定に対する Electrokymography の意義

第1節 Electrokymography と大動脈縁の Electro-kymogram

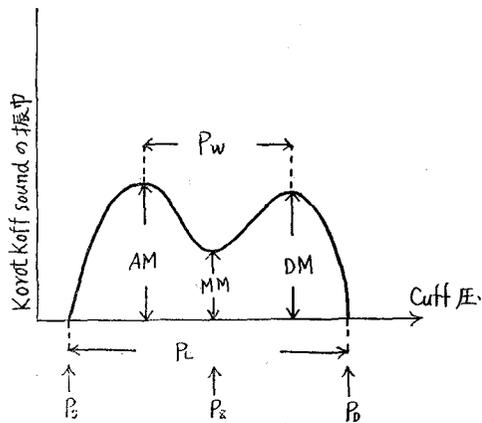
聴診間隙と臨床症状との間にはすでに示したごとくす



第22図 高齢者あるいは軽度高血圧症患者で人為的に強調された聴診間隙



第23図 前腕部の Cuff 圧と聴診間隙との関係 (正常例)



第 24 図

ぐれた相関性をみとめるのであるが、2, 3の例は臨床所見が重症であることを示しているにもかかわらず著明な聴診間隙をみることがなく、これは主として末梢以外の血管変性によるものであろうとした。すなわち、中枢側動脈における硬化性の変性を考えたのであるがこの中枢側動脈における変性のみは極めて検索至難である。胸部レ線像よりこれを推定することも石灰沈着像をみない限り不可能であるし、まして心電図にこれを期待することはできない。非観血的に中枢動脈の変性を推察する方法としてここに Electrokymography を提唱したのである。

Electrokymography は胸部レ線透視を行いながら所定の心・血管部縁に蛍光体をおき、心血管の搏動に起因する透過レ線量の変化を光量変化に変換した後、これを光電管によつて電圧変化に変換→増巾→記録するものである。第25図は Electrokymography の原理を示したものであるが、記録された波形は心・血管の容積変動に相当するものを現わし、非観血的血行動態の検索法として特に先天性ならびに後天性の心疾患診断に適している。

第26図は正常例の Electrokymogram を一覽して示したものであるが、波形の解析と同時に波形時相の解析も診断の際寄与する所が大きいので、この波形時相の解析基準として心電図、心音図等を Electrokymogram と同時記録する。なお波形の詳細な説明その他に関しては教室の重田が行つた研究⁹⁾を参照されたい。

第26図の Electrokymogram 中大動脈、肺動脈の Electrokymogram は圧曲線と極めて類似することが明らかである。これは動脈が心搏動の全期間中常に passive な素子を構成することに起因するが、Frank¹⁰⁾によれば動脈腔圧曲線は 8) 式であらわされる。したがつ

$$P = R \cdot Q (1 - \epsilon^{-E/R \cdot t}) + Pd \epsilon^{-E/R \cdot t} \dots 8)$$

(Q : 心室からの搏出血液量, Pd : 拡張末期圧)

て Electrokymogram の波形も同様 8) 式で現わされ

るわけであるがここで波形の決定要素は血液貯溜槽として考えた動脈の容積弾性率 (E) と末梢血流抵抗 (R) との比 (E/R) である。この E/R が大となれば圧曲線は心室腔圧曲線に類似し、一方 E/R が小となれば圧平滑の機能が高まつて心室腔圧曲線との類似度が減ずる。なお第27図は E/R の動脈腔圧曲線決定への寄与を模型的に示したものである。

第28図は大動脈上行部あるいは下行部に石灰沈着があつて明らかにその部の動脈壁が硬化していると思われるものより記録した大動脈縁の Electrokymogram であるが、これより E/R の増大効果すなわち動脈腔圧曲線と心室腔圧曲線との類似性を明らかにみることができ(第29図は石灰沈着の模様を示したものである。)

一方、第30図は末梢血流抵抗の増大のみに起因すると考えられる高血圧症患者の大動脈縁 Electrokymogram を示したものであるがこれからは R の増加にもとづく E/R の減少効果が明らかである。

第 2 節 聴診間隙所見と Electrokymogram との対照

高血圧症の被検者 (16 例) について Electrokymography を施行した第 1 表中 B および C, D 各群で代表的な波形を示せば第31図のごとくである。いずれも重症例では E/R の増加効果のみを認め、末梢、中枢ともに動脈の硬化変性が起つていることを示しているが、比較的軽症例では末梢血流抵抗の増大による E/R の減少効果のみが現われていることを示す。

しかし臨床所見からは B の判定が下されたもので聴診間隙所見からの判定が C または D の群では第32図に示すごとく大動脈縁 Electrokymogram が得られ、いずれも E/R の増加効果すなわち中枢動脈の硬化を考えさせる。

聴診間隙所見が末梢血管の状態を把握することのみ有利であり、中枢性の動脈変性を推察し得ないことより考え合わせれば中枢側だけに動脈変性がある症例で臨床判定と聴診間隙所見からの判定に差を生ずることは当然であり、ここに聴診間隙所見と併せて勘案する Electrokymography の意義があるものと考えられる。

結 語

以上、高血圧症患者にのみ特徴的な聴診間隙についてその性状ならびに発現機序を解明し、聴診間隙所見が高血圧症の病状程度判定上極めて有利であることならびにこの補助検査法として Electrokymography が有する意義を示した。

ここでこれらを総括すると、

i) 正常例ではほとんど聴診間隙をみることがない。とくに若年者でみることが皆無であり高令者でも高血圧症の病歴、症状を有するもの以外ではもしこれをみるとしても軽度である。

第 1 表

氏名	年令	性別	臨 床 所 見						聽 診 間 隙 所 見						判 定			
			心電図所見	胸部レ線所見	血 圧	コレステロール値 mg/dl	残 余 窒 素 mg/dl	眼 底 所 見		尿 所 見		Pz/PS	Pz/PD	Pw/PL	Pw/PL · $\frac{1}{2} \left(\frac{AM}{MM} + \frac{DM}{MM} \right)$	臨床所見	聴診間隙	相 関
								K. W	S	S	K							
石○宏○	60	♂	○△☆□	●++△	190/80	207	35	II a	II~III	±	-	0.84	2.0	0.76	4.90	B ₁	B ₃	++
高○栄○	54	♂	●△☆□	○++▲	180/110	148	25	II a	II	-	-	0.78	1.28	0.83	∞	B ₁	B ₁	++
村○清○	62	♂	○△☆■	○-△	230/120	150		II a b	III	++	-	0.83	1.60	0.75	∞	B ₁	B ₁	++
佐○勝○	60	♂	○△☆■	○+△	160/80	107	28	I	I	-	-	0.81	1.62	0.61	3.65	C ₁	C ₁	++
小○賀○	57	♂	○△☆□	●+△	170/90	196	37	II a	II~III	±	-	0.82	1.55	0.78	3.85	C ₂	C ₁	++
宮○は○	55	♀	○△☆■	○+△	140/80	268	31	0	0	+	±	0.78	1.37	0.61	1.68	C ₂	C ₂	++
日○倉○	57	♂	○△☆□	○-△	220/100	202		I	I	-	-	0.68	1.50	0.75	1.60	D ₁	C ₃	++
戸○藤○	54	♂	●△☆■	●++△	180/130	148	30	II a	III	-	-	0.88	1.24	0.57	1.10	B ₁	C ₃	-
井○佐○	61	♀	●△☆□	●+△	170/110	260	26	II a	II	+	±	0	0	0	0	B ₁	D ₃	-
田○由○	50	♂	○△☆□	●+△	130/85	183	29	II a	II~III	-	-	0.92	1.42	0.63	0.90	C ₁	D ₁	+
市○鎌○	51	♂	○△☆□	○+△	170/100	188	30	II a	I	-	-	0.76	1.30	0.43	0.80	C ₁	D ₁	+
赤○英○	50	♂	○△☆□	○+▲	150/100	138	27	II	I	-	-	0.87	1.30	0.57	—	C ₁	C ₃	++
小○工○	55	♀	○△☆■	●++△	130/95	210	29	I	I	±	±	0	0	0	0	D ₃	D ₃	++
三○良○	54	♂	●△☆□	○+△	160/90	132	24	I	I	-	-	0	0	0	0	D ₂	D ₃	++
松○素○	47	♂	○△☆□	○+△	150/90	266	26	I	I	-	-	0	0	0	0	D ₂	D ₃	++
水○治○	48	♂	●△☆□	●++△	130/90	252	28	0	0	-	-	0.84	1.20	0.48	0.73	D ₂	D ₁	++
中○栄○	52	♂	○△☆□	○+△	160/80	214	23	I	0	-	-	0.75	1.50	0.47	0.61	D ₃	D ₂	++
山○勝○	66	♂	○△☆□	○++▲	180/110	163	35	II a	II	-	-	0.84	1.37	0.44	0.55	B ₁	D ₂	-
石○一○	46	♂	○△☆□	○-△	130/100	204	14	0	0	-	-	0	0	0	0	D ₃	D ₃	++
磯○義○	54	♂	○△☆■	●++△	165/115	206	31	II a	I	-	-	0	0	0	0	C ₂	D ₃	-
北○新○	64	♂	○△☆□	○++▲	130/75	177	32	II a	II	±	-	0.81	1.40	0.55	0.75	D ₃	D ₂	++
久○莊○	50	♂	○△☆□	●+△	140/90	165	24	0	0	-	-	0.82	1.27	0.57	0.90	D ₂	D ₁	++

K. W : Keith Wagener

S : Scheie

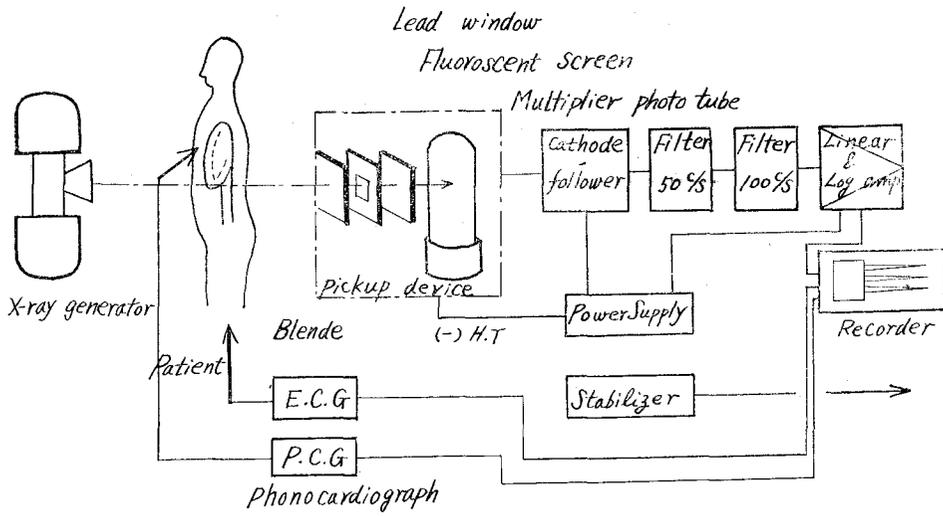
第 2 表

氏名	年齢	性別	血圧	Pz/Ps	Pz/PD	Pw/PL	$Pw/Pl \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{AM}{MM} + \frac{DM}{MM} \right)$	判定
斎○も○	70	♀	130/70	—	—	—	—	D
米○あ○	67	♀	120/70	0.80	1.36	0.5	2.47	C
佐○正○	66	♂	137/83	0.80	1.32	0.5	0.79	D
林○ミ	64	♀	140/85	0.79	1.30	0.54	0.89	D
村○み○	66	♀	150/90	0.77	1.28	0.61	0.91	D
小○は○	67	♀	155/70	0.77	1.70	0.7	3.50	C
小○つ○	73	♀	152/85	0.72	1.30	0.5	0.98	D
小○て○	70	♀	130/65	0.85	1.70	0.4	1.00	D
野○み○	74	♀	145/80	0.80	1.44	0.7	3.57	C
服○な○	68	♀	130/70	0.77	1.44	0.66	6.94	B
白○現○	80	♂	140/86	—	—	—	—	D
岩○伝○	69	♂	135/80	0.74	1.25	0.36	1.28	C
永○友○	80	♂	122/60	—	—	—	—	D
矢○元○	64	♂	135/85	0.82	1.30	0.5	1.17	C

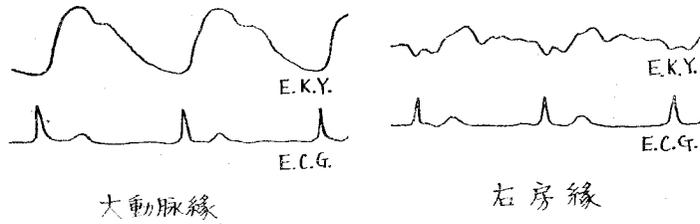
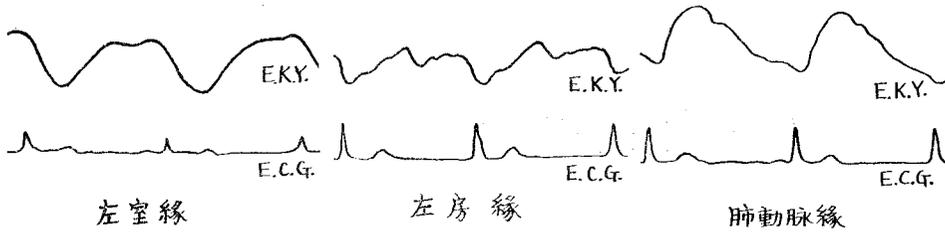
第 3 表

氏名	年齢	性別	血圧	Pz/Ps	Pz/PD	Pw/PL	$Pw/Pl \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{AM}{MM} + \frac{DM}{MM} \right)$	判定
岡○し○	67	♀	220/75	0.68	2.0	0.73	3.28	C
久○て○	79	♀	185/90	0.78	1.60	0.60	5.40	B
長○千○	79	♀	210/100	0.78	1.65	0.54	1.59	C
石○つ○	71	♀	220/95	0.82	1.90	0.75	∞	B
大○ク○	79	♀	218/90	0.78	1.90	0.68	3.15	C
加○し○	68	♀	243/120	0.78	1.58	0.74	∞	B
佐○み○	76	♀	200/70	0.70	2.0	0.73	6.20	B
久○み○	67	♀	208/90	0.74	1.73	0.33	1.20	C
長○た○	73	♀	215/105	0.77	1.58	0.65	2.56	C
海○と○	84	♀	180/90	0.78	1.55	0.70	3.85	C
*永○た○	69	♀	155/70	0.84	1.86	0.62	2.04	C
*浅○一○	62	♂	150/90	—	—	—	—	D
深○の○	72	♀	185/80	0.81	1.88	0.68	4.96	C
戸○ケ○	61	♀	220/95	0.64	1.50	0.65	4.64	C
鈴○副○	74	♂	180/85	0.72	1.53	0.73	2.55	C
保○太○	77	♂	165/70	0.73	1.71	0.74	7.04	B
北○セ○	63	♀	220/50	0.85	3.40	0.70	6.30	B
松○は○	72	♀	205/105	0.66	1.30	0.72	5.76	B
*伊○昇	64	♂	130/90	—	—	—	—	D
宮○二○	65	♂	180/95	0.84	1.60	0.75	6.75	B
古○み○	76	♀	165/85	0.77	1.42	0.60	∞	B

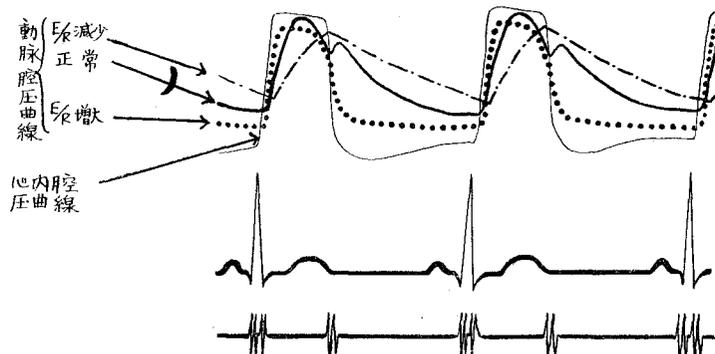
*印のものは現在高血圧症の治療をうけているもの。



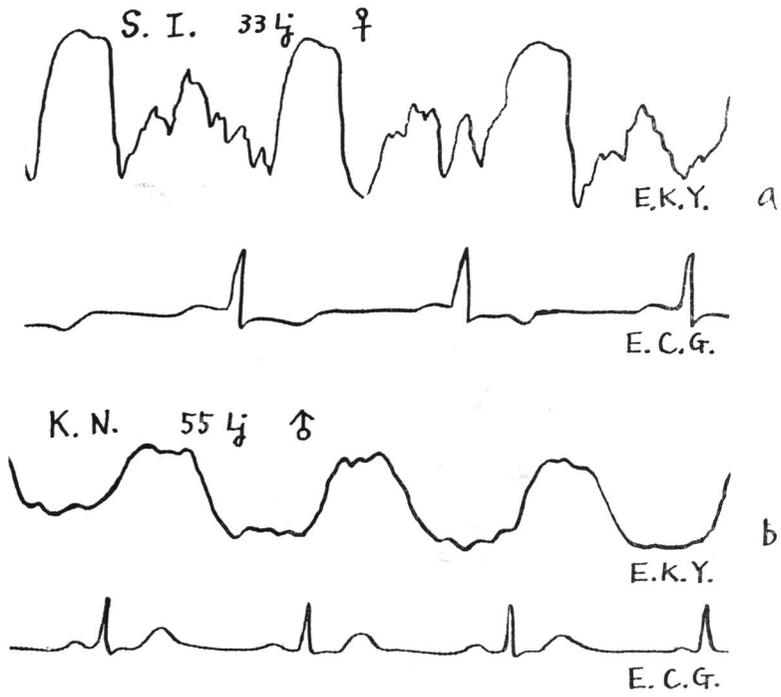
第25図 Electro-kymography の原理図



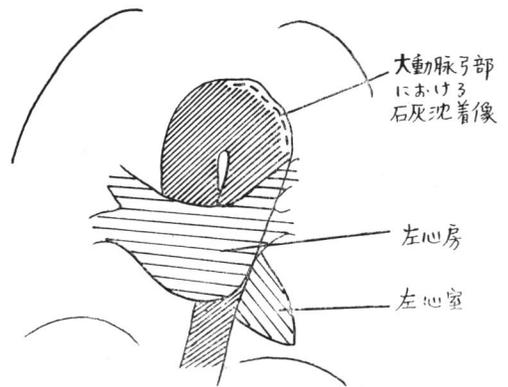
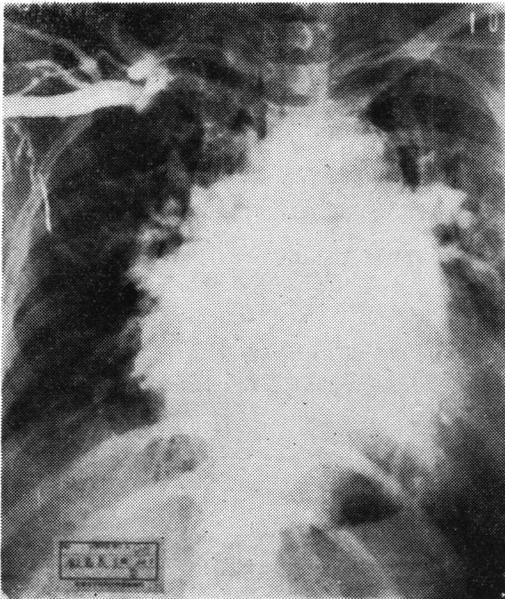
第26図 Electro-kymogram (正常例)



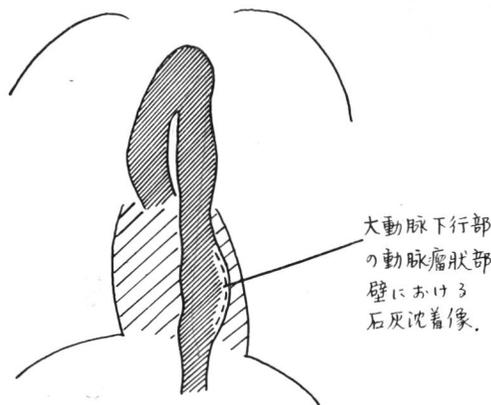
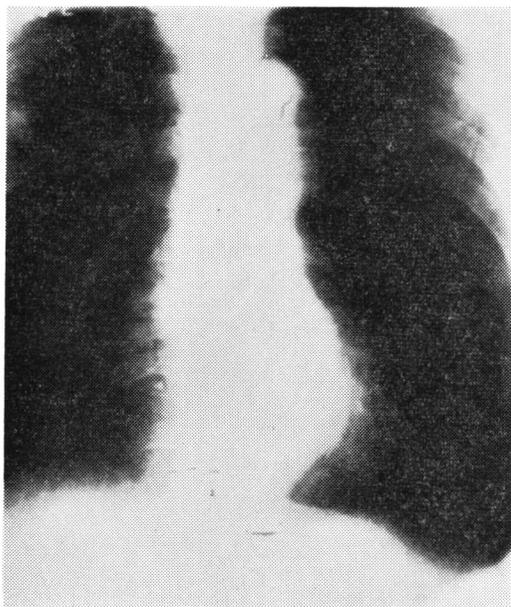
第27図 容積弾性率 (E) および末梢血流抵抗 (R) における異常と
中枢動脈圧曲線との関係 (模型図)



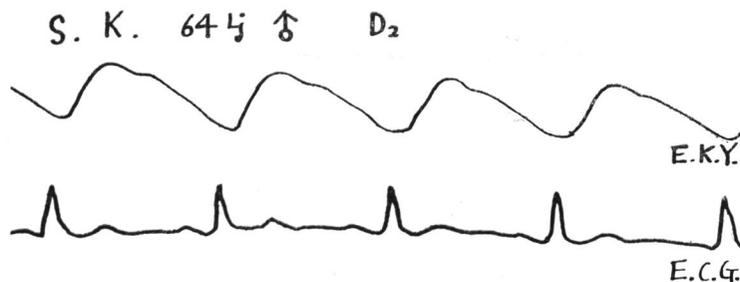
第28図 a : 石灰沈着をみる大動脈上行部の Electrocardiogram
 b : 石灰沈着をみる大動脈下行部の Electrocardiogram



第29図 a 大動脈上行部に石灰沈着をみた患者の A.C.G 像 S. I., 女, 32Lj



第29図b 大動脈下行部に石灰沈着をみた患者のA.C.G像 K.N, 65 Lj



第30図 末梢血流抵抗の増大を示す大動脈縁 Electrocardiogram

ii) 高血圧症患者のほとんど大部分にこの聴診間隙をみるが、完全に Korotkoff 音が消滅するのは極めて少数例に限られこれらはいずれも重症高血圧症患者で、他は Korotkoff 音の減衰をみるのみである。したがって聴診法による血圧測定時、聴診器にて聴診間隙を聴取しうるものは極めて少数であるが実際には相当数にこれを見とめるといえる。

iii) 聴診間隙の性状は末梢動脈の硬化による容積弾性率、ならびに末梢血流抵抗によつて定まり末梢動脈壁の弾性率が増す場合には主として聴診間隙における Korotkoff 音の減衰率が増大し、末梢血流抵抗が高まる場合には主として聴診間隙が現われる Cuff 圧巾を増す。

iv) 聴診間隙は主として末梢性の血管変性を評価するには有利であるが、中枢性の血管変性に対しては知見を得難く、したがって中枢性変性をもあわせ考える意味で Electrocardiography の併用が望ましい。

v) Electrocardiography によればよく中枢性の動脈

硬化症を診断することができる。

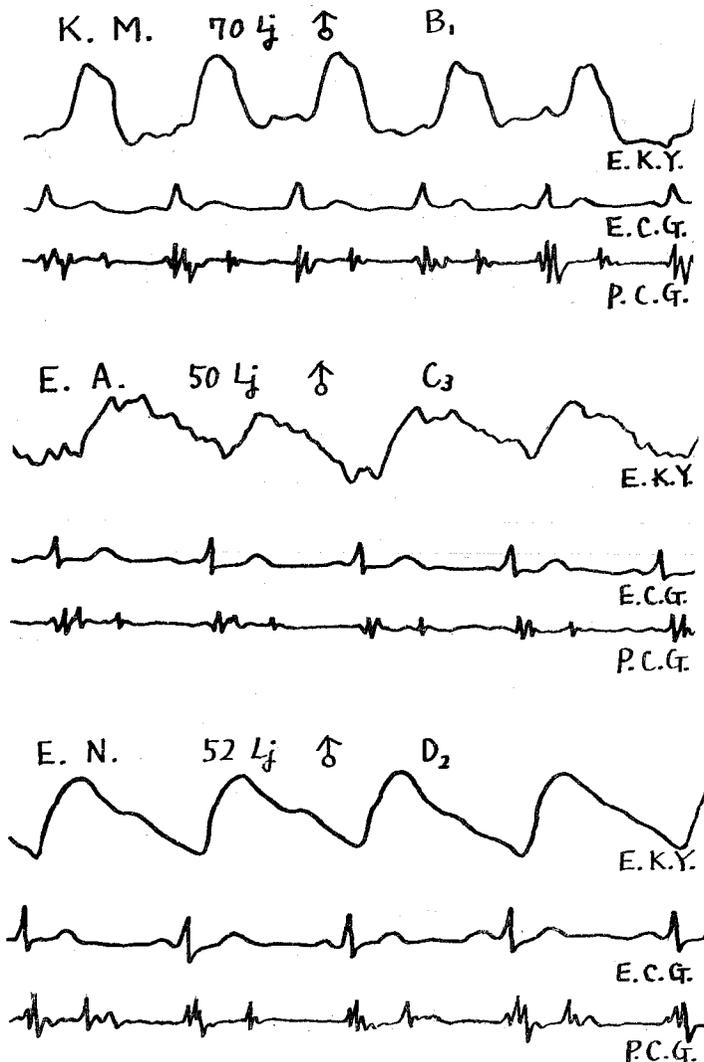
等となる。

(なお本研究の要旨は昭和34年度文部省科学研究費X線機能検査法班研究協議会、ならびに第16回日本循環器学会関東甲信越地方会例会で報告した。)

筆をおくに当り、御指導御校閲を賜つた本学放射線科高津フミヨ教授、三神内科教室三神美和教授、ならびに執筆に際し種々御助言御指導を賜つた生理学教室襄島高教授、心臓血圧研究所広沢七郎助教授に深く感謝の意を表す。

なお、本論文の完成には本学放射線科三浦茂講師に負うところが極めて大きい。ここに感謝の意を表わすとともに実験に際し御協力を惜しまれなかつた石原純一助教授をはじめ後藤千代、重田帝子、町節子の各氏に対して深く感謝する。

この他、機械器具等御便宜を与えられた日本光電工業株式会社館野、高島両氏に御礼申上げる。

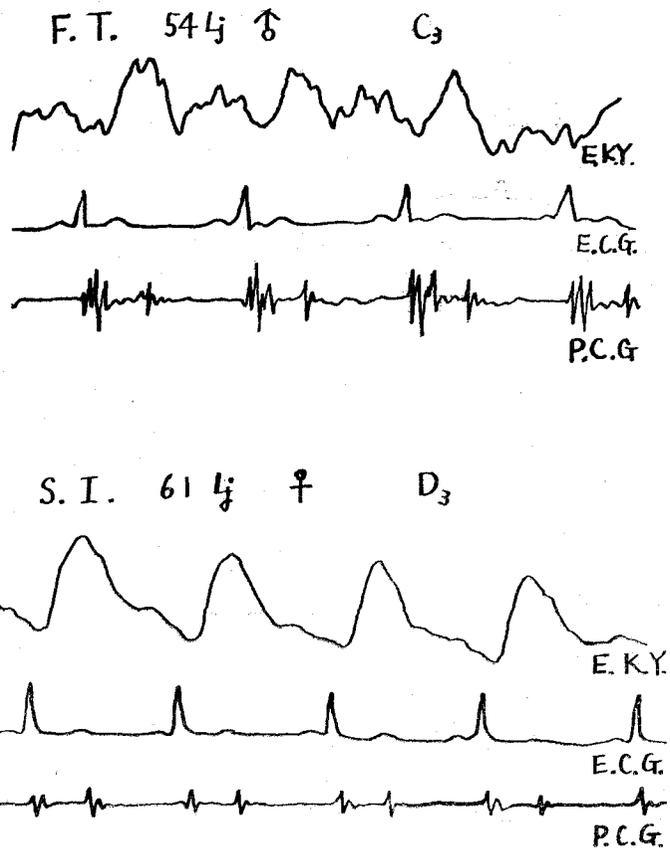


第31図 高血圧症患者(重症, 中等症, 軽症)における大動脈縁の Electrokymogram

(本研究は文部省科学研究費によつて行つた。謹しんで感謝の意を表す。)

参考文献

- 1) 朝比奈一男 : 病態生理学医歯薬出版 1954 260 頁
- 2) 伊藤満寿雄 : 昭医会誌 14 216 (1954)
- 3) Roberts, L. N. : Circulation, 8 232 (1953)
- 4) Korn, H. M. : Amer J physiol 76 247 (1926)
- 5) Lange, R. L. : Circulation, 13 873 (1956)
- 6) Remington, J. W. : J Appl physiol 9 433 (1956)
- 7) Lawton, R. W. : Circulat Res. 3 403 (1955)
- 8) 山取 要 : 日循病学 4 352 (1938)
- 9) 重田帝子 : 日医放線会誌 18 1603 (1959)
- 10) Frank, O. : Z Biol 37 483 (1899)
- 11) Simon, R. : Circulation, 8 600 (1953)
- 12) Erlanger, J. : Amer J physiol 40 82 (1916)
- 13) Simon, R. : Circulation 7 922 (1953)
- 14) Atras, L. N. : Arch Int Med 63 1158 (1939)
- 15) Wood, E. H. : Circulation Res 3 623 (1955)
- 16) Hamilton, W. F. : Amer J physiol 125 48 (1939)
- 17) Remington, J. W. : Amer J physiol 181 240 (1955)
- 18) 山取 要 : 日循病学 4 542 (1939)
- 19) 吉野 章 : 日循病学 4 213 (1939)
- 20) 松尾 昇 : 日循病学 2 588 (1937)
- 21) 真下俊一 : 日循病学 2 421 (1936)
- 22) 吉野 章 : 日循病学 4 437 (1938)
- 23) 大矢 巖 : 通信医学 6 522 (1954)



第32図E/Rの増加を示す大動脈縁 Electrokymogram