

# 血圧第三級動揺と腎臓容積変化 (第二報)

昭和34年2月12日 受付

信州大学医学部第二生理学教室 (指導: 宮川 清教授)

宮 沢 和 久

## The relationship between the undulatory wave of mean blood pressure and kidney volume in rabbits

Miyazawa-Kazuhisa

The 2nd Department of Physiology, Faculty of Medicine, Shinshu University  
(Director: Prof. K. Miyakawa)

周期性血圧第三級動揺の発生に際し、末梢血管に能動的周期的収縮の起ることは先に報告した<sup>①</sup>。かかる末梢血管の周期的収縮の発現には、従来二つの可能性が指摘されている。

一つは何等かの原因により、循環中枢に周期的興奮がおこり、中枢神経、次いで血管運動神経を介して、その興奮が一般血管に伝播して周期的収縮をおこし、体血圧に第三級動揺が催起されるという立場である。即ち Mayer<sup>②</sup>、Traube<sup>③</sup>、Hering<sup>④</sup> 等の考へ方がそれである。

これに対して、Roy<sup>⑤</sup>、Wolf<sup>⑥</sup>、Bayliss and Bradford<sup>⑦</sup>、Barcroft, Nisimaru<sup>⑧⑨</sup>等は、脾臓及び腸血管等の末梢血管それ自身に、自動的な興奮性があり、その周期的収縮により体血圧に第三級動揺を発生するとの立場を取っている。

尾形<sup>⑩</sup>は、此の立場を実験事実により裏付ける目的で、周期性血圧第三級動揺発現時に於ける、腎臓の容積と頸動脈圧との関係を追求している。この際腎臓は中枢からの影響を断つ為あらかじめ支配神経を除去してある。なお周期性血圧第三級動揺の催起方法としては、股動脈からの瀉血を用いている。この場合随伴して現われてくる腎臓の容積変化は、周期性血圧第三級動揺生起に貢献するように行われていることを見ている。

同じく銭場・岸<sup>⑪</sup>は、犬を用いて同様の立場から、頸動脈圧と腎容積変化とを、写真キモグラフィオンで記録している。その際周期性血圧第三級動揺の催起方法としては、溶血液の注入、大腿神経中枢端電気刺激、血液注入、10%クエン酸ソーダ液静注、腎動脈閉止、気管カヌーレ閉止、迷走神経中枢端刺激等を用いている。これ等の方法で発生した周期性血圧第三級動揺の際にも、腎臓容積変化はその催起を助ける方向に働き、両側副腎結紮後も、又腎門部に於て、腎臓に入るすべての神経を切断しても変らなかつたことを見て

いる。

著者は、周期性血圧第三級動揺の催起方法としては宮川<sup>⑫</sup>の方法、即ち家兎の脳血流を一本の総頸動脈のみで行わせ、その総頸動脈に一定側圧を負荷する方法を採用した。そしてこの場合出現してくる周期性血圧第三級動揺と、腎容積の変化とを追求した。更に腎神経叢除去により、両者の関係に如何なる変化がもたらされるかを研究した。

その結果、次のような事実を得た。腎神経叢除去前には、尾形<sup>⑩</sup>、銭場<sup>⑪</sup>等の成績と同様に、血圧上昇時腎容積は縮少し、血圧下降時腎容積は増大する傾向を窺取したのであるが、腎神経叢除去後は、此の関係が全く逆転した。この事実は、少くとも此の種の血圧第三級動揺に於ては、中枢性の起源を考えなければならぬという事を示している。

### 実験方法

腎神経叢除去以外の実験方法は前報<sup>①</sup>と同様であり、それを参照されたい。実験の冒頭から腎神経叢の除去を行い、神経叢除去後の成績のみを記録したものが7例あり、側圧負荷実験回数にして17回ある。また一旦腎神経叢除去前の、周期性血圧第三級動揺と腎容積変化との関係を記録したのち、腎神経叢の除去を行い、更に除去後の同関係の追求を行つたものがある。そしてその関係に対する腎神経叢除去の影響を検討したものが14例で、側圧負荷実験回数にして29回ある。

家兎の腎神経叢は、著者の観察した限りでは、多少の各個体間の変異は存在するにしても、肉眼的にはつきり分る三本の神経が動脈壁に沿つて走り、此等の神経が相互に枝を出して連絡しているのが見られた。この辺の解剖につき、津崎の著書<sup>⑬</sup>を参考にしたが、詳細な記載を見出し得なかつた。

此等の神経を、動脈管を傷めない様に注意しつつ、約1cmに亘り剝離し切断した。この際肉眼的に見えない線維の存在も考えに入れなければならないので、

切断にあたっては念のため、動脈外膜一部の剝離を行った。なお腎神経叢除去前の実験の際は、腎神経叢に触れる事を極力避けた。

かかる腎神経叢除去の影響は肉眼的にも明らかに認めることが出来る。即ち腎神経叢除去前に、総頸動脈に対し側圧負荷を行つて、血圧第三級動揺をおこさせて居た例に於ては、側圧負荷により腎動脈は、実験開始前に比しかなり細くなる。ついで腎神経叢除去を行つと、その神経除去を行つた部分から腎門部にかけて、著明に太くなるのを肉眼的にも観取出来た。

実験成績

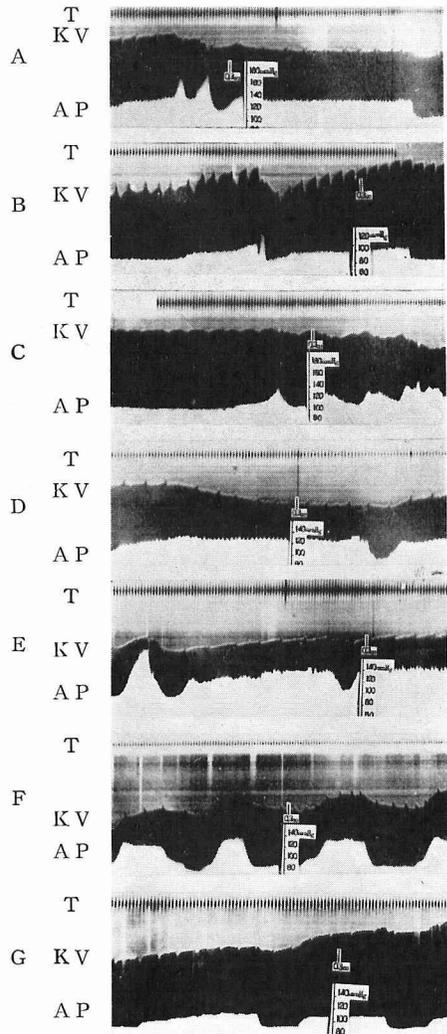
(I) 腎個有の周期性容積動揺の存在について

第一図に掲げた例のごとく、腎容積には屢屢いろいろな形の周期的変化が現われる。この腎容積変化は血圧変化とは全く無関係なのが特徴であり、同一個体に於ても時間の経過と共に、型も周期も変つて行く傾向がある。

この種の腎容積変化は、腎神経叢除去後も神経叢除去前と同様に現われている。腎神経叢除去前に於ては、総頸動脈に側圧負荷を行うことによつて、周期性血圧第三級動揺が現われず、単に血圧上昇を以て反応する場合があるが、その際その波形が乱れるのが見られる(第一図A, B, C)。此に対して腎神経叢除去後に於ては、側圧負荷により、血圧が単に上昇する場合に於て、増大した腎容積の上に乗っている波形は、側圧負荷前後において差異が見られない(第一図E, F, G)。

以上述べたものは腎の個有の律動的容積変化が、純粹な形で現われた場合であるが、第二図Aの様に、周期性血圧第三級動揺に対応する腎容積動揺の上に、斯かる腎個有の自動的周期的変動が載つて変化することがある。また同図Bの如く、此の種の変化と、血圧動揺に対応する截痕とが組合さつて、複雑な変化を示すものもある。更に同図C, D, Eに見られる様に、血圧動揺の波高の小さくなつた所では、血圧動揺とは独立に此の腎個有の容積変化が現われているのがみられる。なほ同図Fは腎神経叢除去後のものであるが、側圧負荷を止めて血圧が下降した時に、始めて此の腎個有の容積変動が現われて居る。

また、かかる腎個有の周期的容積変動が、血圧動揺の出現に伴う容積動揺に、同化されてしまうような傾向も見られた。即ち第三図Aは、総頸動脈への側圧負荷以前に、既に此の種の腎個有の周期性容積動揺が現われて居た例である。この例に対し側圧負荷を行い、周期性血圧第三級動揺が現われてくると、やはり腎臓



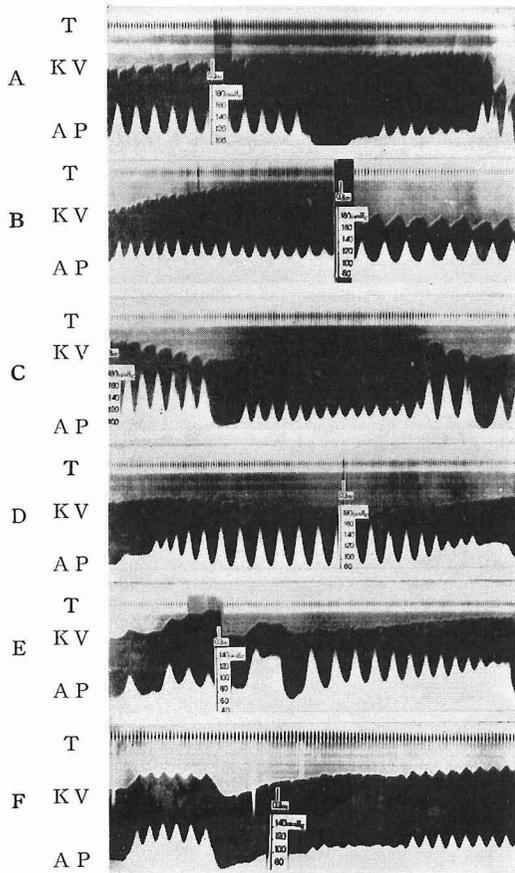
第一図 血圧に無関係な腎容積変化の現われた例

T: 時標(4秒), KV: 腎容積動揺, AP: 大腿動脈血圧

A, B, C, D: 腎神経叢除去前, E, F, G: 腎神経叢除去後

A, D, E: No.52個体の第3, 第4, 第8回側圧負荷実験成績, B: No.45個体の第2回側圧負荷実験成績, C: No.50個体の第1回側圧負荷実験成績, F: No.40個体の第4回側圧負荷実験成績, G: No.34個体の第1回側圧負荷実験成績

にも周期性容積動揺が出現してくる。この周期性容積動揺の周期は、血圧動揺の周期と一致し、形もやや変形しているけれども、他の例と比較しその形に現われている特徴からみて、やはり此の種の腎個有の、周期性容積変動の連続とみなす可きものである。腎神経叢



第二図 腎個有の容積変化と、周期性血圧第三級動揺に対応した腎容積動揺が同時に、或は継時的に現われた例

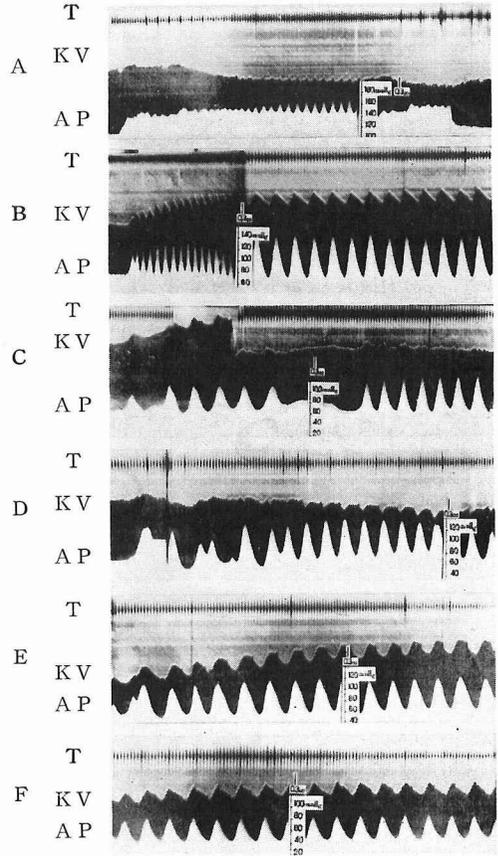
T: 時標 (4 秒), KV: 腎容積動揺, AP: 血圧動揺

A, B, C, D, E: 腎神経叢除去前, F: 腎神経叢除去後

A, B: No.60 個体の, 第1, 第2 回側圧負荷実験成績, C, D: No.62 個体の第1, 第2 回側圧負荷実験成績, E: No.64 個体の第5 回側圧負荷実験成績, F: No.34 個体の第3 回側圧負荷実験成績

除去後は、この周期性容積動揺は極めて平滑な波形に変わり、血圧動揺の頂に対して容積動揺の頂と云う関係になっている (第三図B)。

これに対して第三図Cの例にあつては、此の種の腎個有の周期的容積変化が、血圧に第三級動揺が出現する以前に現われているが、その後よく整つた血圧動揺が出現してくるに及んで、最初は頂対頂の対応を示しつつ、此の種の腎個有の周期的容積変化を示しはじめていく。やがて血圧動揺と同一の周期で変化するよう



第三図 腎個有の容積動揺と血圧動揺とが組合さつて現われた例につき、腎神経叢の除去を行った成績

T: 時標 (4 秒), KV: 腎容積動揺, AP: 血圧動揺

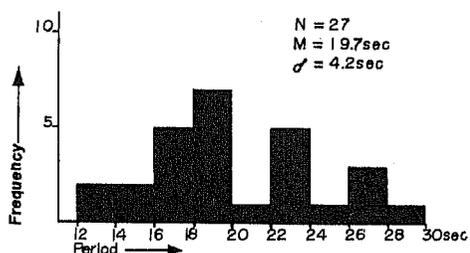
A, C, D: 腎神経叢除去前, B, E, F: 腎神経叢除去後

A, B: No.42 個体の, 第3, 第6 回側圧負荷実験成績, C, D, E, F: No.46 個体の, 第3, 第4, 第5, 第6 回側圧負荷実験成績

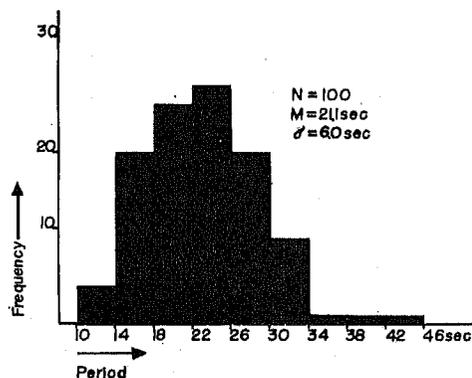
になり、且血圧動揺の頂に対して、腎容積動揺の谷の対応を示している (第三図D)。腎神経叢除去後に於ては、血圧動揺に対応する腎容積動揺、すなわち頂対頂の対応を示す腎容積動揺の周期とはずれて、此の種の腎個有の周期的容積変化が現われている (第三図F)。

このように、この種の腎個有の周期的容積変化は、われわれの場合の周期性血圧第三級動揺に対応する腎容積動揺とは全く独立した、別箇の周期的容積変化であると考えられる。此の腎個有の周期的容積変化の周期を、周期別頻度グラフとして第四図に示す。この際一側圧実験下に現われた容積動揺の周期の平均を取

り、頻度1と数えてある。これと同様の取扱い方で作った。周期性血圧第三級動揺の周期別頻度グラフを第五図に示す。両者の周期を、単に統計学上の指数に於て比較してみると、腎個有の周期的容積動揺の周期は、総頻度27、平均値19.7秒、標準偏差4.2秒であり、血圧第三級動揺の周期は、総頻度100、平均値21.1秒、標準偏差6.0秒である。両者の平均値を比較するに当り、標準偏差が等しいとする仮設は5%以下の危険率で否定される。



第四図 腎個有の周期的容積変化の周期別頻度グラフ



第五図 周期性血圧第三級動揺の、周期別頻度グラフ

これら各々の頻度分布図の作製に当つて、腎容積動揺の周期形成の明らかでないものは除き、比較的良好な例のみを対象としてある。一方周期性血圧第三級動揺は、側圧負荷実験で、波数10以上出現した、比較的安定化したもののみを対象として集計を行い、腎神経叢除去前後にかかわりなく、同一標本として取扱つてある。

(II) 腎神経叢除去前の、周期性血圧第三級動揺と腎容積動揺との関係について

大多数例に於て、総頸動脈側圧負荷によつて出現してくる血圧動揺の頂と、腎容積動揺の谷とが対応して

変化し、且つ側圧負荷実験を続行する際、腎臓は全体として漸次その容積を減少してゆく。呼吸運動、心搏動と同周期の小さな血圧動揺即ち、血圧第二級並びに第一級の動揺に応じて、腎容積にも小周期の周期性動揺が現われてくるが、これら小周期の小さな変化も、側圧負荷実験を続行する際漸次減少してゆき、遂には殆んど消失するに至る(第六図A参照)。

此の傾向をもつものを仮りに第1のタイプとすると、これは実験動物34例、側圧負荷実験回数57回のうち、22例34回を占めて居る。此の様な例の場合には、腎動脈に肉眼的にも判るような変化が生じている。即ち側圧負荷実験を繰り返した後、腎容積記録器から腎臓を取り出して見ると、側圧負荷実験開始前に較べて、腎動脈は非常に細くなり、腎臓の容積は著明に縮小していることが判る。また周期性血圧第三級動揺の出現時に於て、腎臓を観察していると、血圧上昇時に表層が白色化し、下降時に斑点状に赤化する現象が、明らかに肉眼的にも認められる。

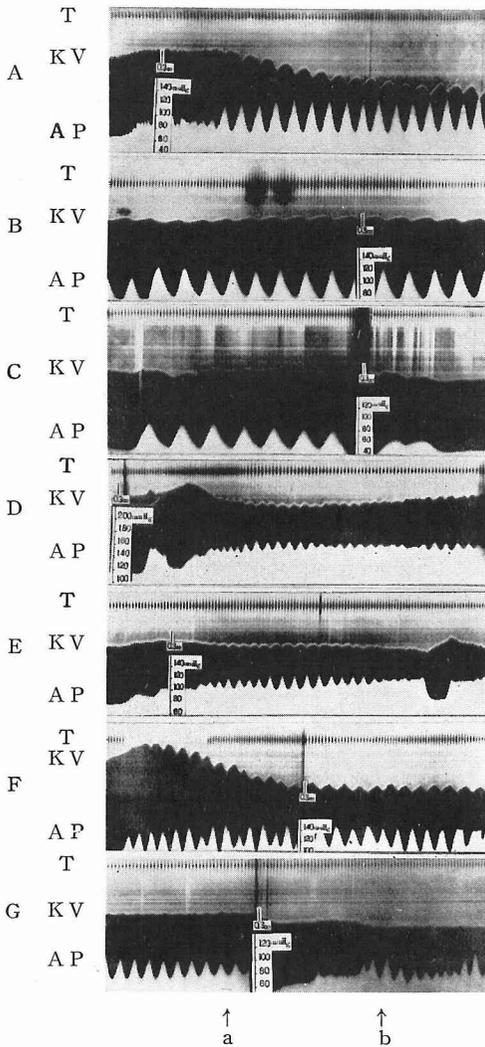
頻度の点から云つて第二位にあるものは、次のような第2のタイプである。即ち周期性血圧第三級動揺と腎容積の周期的動揺との、位相の対応関係はやはり頂対谷であるが、全体としては殆んどその容積を変えて行かないものである(第六図B参照)。

此のタイプに属するものが、動物数で7例、側圧負荷実験回数で云つて13回に及んで居る。此の形をとるものに二通りあり、一つは最初から此の形をとるものである。もう一つはそれ以前の血圧動揺と対応する、周期的容積動揺の際全体としてその容積を減少させて居り、或は側圧負荷実験で必ずしも周期性血圧第三級動揺が現われない場合があるが、そうした場合には血圧は単なる上昇を示すが、先行する斯かる側圧負荷実験の際に、既に著しく容積を減少して了つて血圧動揺が現われてからは、腎容積全体としては殆んど変化しなかつた例である。

また以上述べたものとは異つた第三のタイプとして、頂対谷の対応を示し乍ら、腎臓の容積は全体として漸次増大して行つたものがある。これに属するものは全34例中3例あり、側圧負荷実験回数としては8回となつている(第二図A, E)。

以上に属さないもので、或る特徴をもつものを次に列記する。

同一負荷側圧のもとに、周期性血圧第三級動揺の波高が漸増して後漸減したとき、腎容積動揺の波高も漸増漸減する。此の際腎容積は、全体として一旦減少して後漸増している例があり(第二図D参照)、同様の腎容積動揺の波高の漸増漸減を二回繰返すうちに、腎



第六図 腎神経叢除去前に於ける，周期性血圧第三級動揺と，腎容積動揺の種々なる対応関係

T: 時標 (4 秒), KV: 腎容積, AP: 大腿動脈血圧

A: No.37 個体の第 3 回側圧負荷実験成績で，腎神経叢除去前の成績として最も普通の型，B: No.48 個体の第 3 回側圧負荷実験成績で，腎容積全体としては殆んど変化しなかつた例，C: No.30 個体の第 4 回側圧負荷実験成績で，腎臓は殆んどその容積を変化しなかつた例，D, E: No.51 個体の第 2, 第 3 回側圧負荷実験成績で，血圧動揺の波高が増減した例，F: 周期性血圧第三級動揺の波高が，大小不揃いに現われた場合，No.47 個体の第 4 回側圧負荷実験成績，G: No.37 個体の第 1 回側圧負荷実験成績で，最初は頂対頂の対応を示し (↑<sub>a</sub>)，後頂対谷の対応に変わった (↑<sub>b</sub>) 場合

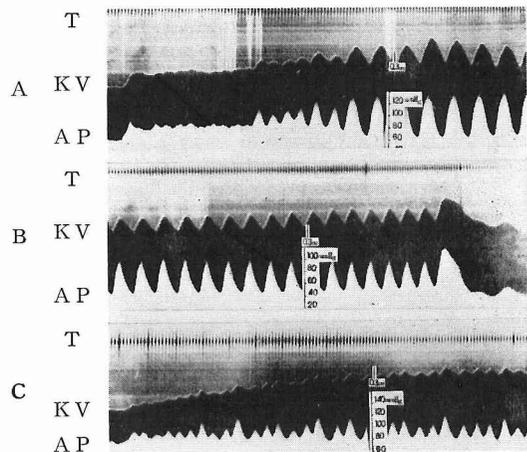
臓全体としては一回漸減漸増するのが観察された (第六図 D 参照)。この個体にあつて引続いて側圧負荷実験を行うとき，その次の側圧負荷実験に於ても周期性血圧第三級動揺と腎容積動揺とが，相共にその波高を漸増漸減するのが見られるが，この際先行する実験成績とは異つて，腎臓は全体としては，単純にその容積を減少してゆくのが観察された (第六図 E 参照)。

また上述以外の個体に於て，周期性血圧第三級動揺の波高が不規則に現われた例があつたが，此の例では波高の大きな血圧動揺に対応する腎容積動揺の谷は深く，波高の小さな血圧動揺に対応する腎容積動揺の谷は浅かつた (第六図 F 参照)。

また或る例に於ては，腎神経叢除去前に，一時的に頂対頂の対応関係を示したものが，後に頂対谷の対応関係に移つたものもあつた (第三図 C, D, 第六図 G ↑<sub>a</sub>, ↑<sub>b</sub>)。

(III) 腎神経叢除去後に於ける，周期性血圧第三級動揺と腎容積動揺との関係について

腎神経叢除去後に於て，側圧負荷実験によつて，周期性血圧第三級動揺が現われた場合 (これは殆んど絶ての例で可能であつたが) には，例外なく周期性血圧



第七図 腎神経叢除去後に於ける，周期性血圧第三級動揺と，腎容積動揺との対応関係

T: 時標 (4 秒), KV: 腎容積動揺, AP: 大腿動脈血圧動揺

A: No.34 個体の第 7 回側圧負荷実験成績で，腎神経叢除去後の成績では，最も普通の型，B: No.41 個体の第 5 回側圧負荷実験成績で，腎容積は，全体としては，殆んど変化しなかつた場合，C: No.47 個体の第 8 回側圧負荷実験成績で，周期性血圧第三級動揺の波高が，大小不揃いに現われた場合

第三級動揺の頂と腎容積動揺の頂とが対応している。そのみならず顕著な所見としては、呼吸運動及び心搏動と同周期の動揺が、水銀マンノメーターで描記した血圧記録にも出ているが、この第一級並びに第二級の血圧動揺に対応した腎容積の動揺も、より顕著に出現してくるようになる。この位相関係は腎神経叢除去前後で変化はないように思われるけれども、本実験に用いた機械の周波数特性を考慮に入れるとき、このことを正確に云うことは出来ない。そのような周期的腎容積動揺を載せ乍ら、腎臓は全体として漸次その容積を増大して行くものが最も多く、実験動物数21例、側圧負荷実験回数にして46回の対応関係のうち、17例41回を占めて居る(第七図A, C, 第二図B, E, F参照)。

この他3例4回が腎容積全体としては殆んど変化せず(第七図B参照)、一例一回に於て全体としての腎容積が漸減して行くのが観察された。

上述した容積不変例3例に於ても腎神経叢除去前に全体としては容積の減少を示さなかつたものと、除去前には明らかな容積の漸減を示したにも拘わらず、除去後の実験では容積を増し、遂にはそれ以上増加しなくなつたものの二通りがあるわけである。

上に容積の漸減を示したものとして掲げた一例は、それに先行する側圧負荷実験の際、何回か容積を増大した後の実験例であつて、これと他の例とを同等に取扱う可きかは問題のある処である。

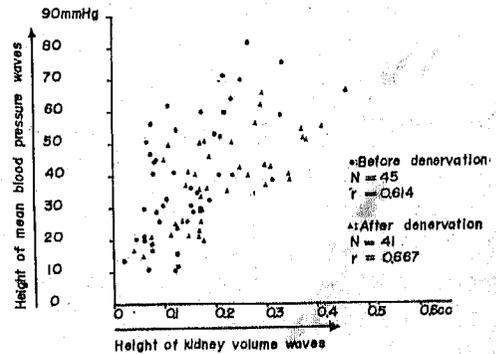
ついで腎神経叢除去後の周期性血圧第三級動揺と腎容積動揺の波高との相関関係について手掛りとなる所見について述べる。第七図Aに示すものは、同一側圧を以てする側圧負荷実験中、血圧動揺の波高が急に増大し且安定して行つた例であるが、この際腎容積動揺の波高もそれに依りて、正しく比例して増大を示している。

また第七図Cに示すものは、第六図Fに示したものと同一個体の実験成績であり、腎神経叢の除去前後では、側圧負荷にもとづいて出現してくる処の、周期性血圧第三級動揺の特徴には変りなく、不均一な波高を示している。この際腎神経叢除去前後を問わず、波高の大きな血圧動揺には波高の大きな腎容積動揺が対応しており、波高の小さな血圧動揺には波高の小さな腎容積動揺が対応している。ただ神経叢除去前後で異なる点は、それらの位相の対応関係に於てである。

実験終了後腎臓を取り出してみると、腎臓は例外なく膨大していることが肉眼的にみても明らかに認められた。

#### (IV) 周期性血圧第三級動揺と腎容積動揺との波高間の相関関係について

各個体につき通例腎神経叢除去前後を通じて、数回の側圧負荷実験を行つているが、この各個体間の成績を一緒にして、兎も角一回の側圧負荷実験で現われた周期性血圧第三級動揺の波高の平均値と、腎容積動揺の波高の平均値の間の相関図を描くと第八図の如きものが出来上る。即ち腎神経叢除去前は例数45、相関係数0.614、腎神経叢除去後は例数41、相関係数0.667であつて、両者共に0.1%の高度の有意水準で相関性を示している。そのうえ腎神経叢除去前後での相関係数の間には有意の差は認められない。



第八図 周期性血圧第三級動揺と腎容積動揺との波高間の相関図表

次に同一負荷側圧のもとに発現した、個々の周期性血圧第三級動揺と、それに対応する個々の腎容積動揺との波高間の相関係数を計算してみると、相関性を示すといえないものがかなりの数に達する。即ち有意水準を5%におくとき、腎神経叢除去前の45回の側圧負荷実験中、相関性の認められるものが26回あり、腎神経叢除去後は、41回中23回が相関性を示すにすぎない。ちなみに、腎神経叢除去前後での相関性を示すものの割合を比較検定してみると、両者の間に有意の差は認められない。

次に有意水準を0.1%におくときは、相関性を示すものは更に少くなり、腎神経叢除去前は45回中8回が相関性を示し、腎神経叢除去後は41回中15回が相関性を示すにすぎない。両者間の相関性を示すものの割合を比較検定すると、こんどは5%以下の危険率で、腎神経叢除去後の方が大きいといえる。

なお側圧負荷実験中出现した周期性血圧第三級動揺中、その波高に著しく不揃いのもののあるものが見られたが、その場合両者の対応関係を検討しておく必要があるようである。そこで一応変動係数20未満のもの20以上のものの、二つのグループに分け、且つ

有意水準を5%において検討してみた。

腎神経叢除去前は、変動係数20未満のものは側圧負荷実験21回中12回が相関性を示し、変動係数20以上のものは、21回中14回が相関性を示し、両グループ間の相関性を示すものの割合には、有意の差は認められない。此に対して腎神経叢除去後にあつては、変動係数20未満のものは24回中9回が相関性を示すに過ぎない。一方変動係数20以上のグループでは実に17回中15回が相関性を示し、両グループ間の相関性を示すものの割合に著しい差を認める(危険率0.5%)。

併し乍ら、両グループ内に於ける、腎神経叢除去前後の相関性を示すものの割合には、有意の差は認められない。

この様に腎神経叢除去前に於ては、変動係数は、周期性血圧第三級動揺と腎容積動揺の波高間の相関性に、大きな影響を及ぼさないが、腎神経叢除去後には著明な影響を及ぼすことがわかる。

又周期性血圧第三級動揺と腎容積動揺とが対応した変化が、同一個体に於て何回か相次いで現われた例に於ては、腎神経叢除去前後共、初めの回では相関性を示さず、回を追つて段々高度の相関性を示すという傾向がみられた。

以上の事から血圧動揺と腎容積動揺の波高間には、大局的には相当高度な相関性が存在するのであるが、血圧動揺と腎容積動揺の波高値が、種種なる因子の介入によつて、ある範囲を以て対応するという事と、腎血流が血圧動揺のリズムに同調するのに一定時間を要するという事、其の他の理由から個々の側圧負荷実験に於ては、周期性血圧第三級動揺と腎容積動揺の波高間に、相関性を認め難いものが現われるものと考えられる。

又高度の相関性を示すものが腎神経叢除去後に多く、腎神経叢除去後では、変動係数の大きいものがよく相関性を示すという事実は、腎血流量が動脈血圧の動揺により受動的に変化するという、比較的単純な原因結果的機構による為と推測される。

#### (V) 腎神経叢除去前後に於ける其の他の異同点

##### 1) 血圧動揺と腎容積動揺の対応性

腎神経叢除去前は、個体数34例、側圧負荷実験57回の中、21例39回に於て、血圧動揺の頂と腎容積動揺の谷とが極めてよい一致を示して居る。血圧動揺の頂が腎容積動揺の谷より多少とも遅れるものは、12例14回に及んでいる。そのうちわけは、遅れが周期の10%以下のものが5例6回、11~15%のものが7例7回、17%のものが1例1回あつた。逆に血圧動揺の頂が腎容

積動揺の谷より先行するものが3例3回あり、周期の6~14%先行するものが2例2回、19%先行するものが1例1回であつた。此の他同一個体でこの対応関係が不安定であつて、血圧動揺の頂と腎容積動揺の谷とがよく一致したり、時によると血圧動揺の頂の方が6~12%先行したりしたのが1例1回あつた。

腎神経叢除去後は、位相の時間的關係が判定出来る。個体数20例、側圧負荷実験44回の中、11例13回に於て血圧動揺の頂と腎容積動揺の頂とが極めて良い一致を示して居る。

血圧動揺の頂が腎容積動揺の頂より多少とも先行したものが、8例11回あつた。そのうちわけは、周期の10%以下の先行が5例6回、11~15%が2例2回、13~19%の範囲に亘つたものが1例1回、20%のものが1例1回、21~36%の範囲に亘つたものが1例1回であつた。

逆に血圧動揺の頂が腎容積動揺の頂より遅れたものがある。この例に属するものは5例10回に及んでおり、そのうちわけは、遅れが周期の10%以下のものが3例4回、19~20%のものが2例4回、22%のものが1例1回、27%のものが1例1回であつた。

こうした両者の位相の対応關係は、同一側圧負荷実験中にも変化を示すもので、同一側圧負荷実験中血圧動揺の頂が腎容積動揺の頂とよく一致したり、わずかに遅れたりしたものが3例3回あり、血圧動揺の頂が腎容積動揺の頂によく一致したり、また血圧動揺の頂が腎容積動揺の頂よりわずかに先行したりしたものが2例3回ある。

以上例数と側圧負荷実験回数との關係から判るように、同一個体に於ても側圧負荷実験毎に、位相の対応關係が異つて出るわけである。例えば側圧負荷により比較的波高の小さな血圧動揺が現われている場合に、引き続き側圧を増加することにより波高の大きな血圧動揺に変つた例がある。この場合両動揺の位相の対応關係にも変化がみられ、波高の小さい間は腎容積動揺の頂が先行しているにも拘わらず、波高が大きくなつてからは、血圧動揺の頂の方が先行した。同様な例として挙げ得るものに、血圧動揺の谷と腎容積動揺の谷とがよく一致した対応を示しているにも拘わらず、その時の頂対頂の対応關係は必ずしも一致せず、一致したり、多少のずれを示したものが1例3回あつた。

このようなわけで一般の傾向として、腎神経叢除去前は、血圧動揺の頂と腎容積動揺の谷の対応が中心となつており、腎神経叢除去後に於ては、両動揺の頂対頂の対応關係が主役を演じていることを指摘することが出来る。併しこの位相の対応關係にも種種なる程度

のずれが存在し、同一個体にあつても、側圧負荷実験を何回か繰返すうちに、よく一致していたものがずれを示す様になつたり、ずれを示していたものが、次回の側圧負荷実験ではよく一致したりすると云うことは前に述べた通りである。かように血圧動揺と腎容積動揺の対応関係は錯綜しているのであるが、腎神経叢除去前に於ける、血圧動揺の頂と腎容積動揺の谷とがよく一致する割合(59回中39回)と、腎神経叢除去後の頂対頂の一致する割合(44回中13回)を比較すると、前者の方がはるかによく一致することが判る(危険率1%)。又血圧動揺と腎容積動揺のずれを示すものでは、腎神経叢除去前は、血圧動揺の頂より腎容積動揺の谷の方が先に現われるものが多い。腎神経叢除去後の頂対頂の対応関係では、両者の先後する割合が略等しい。

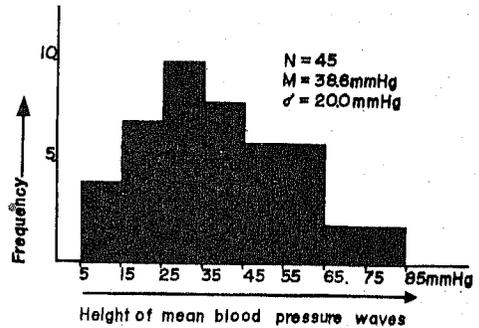
以上述べたのは、各個体例を合はせた上で腎神経叢除去前後の位相関係を論じたわけであるが、同一個体での腎神経叢除去前後の成績について言及して置く必要がある。同一個体で、腎神経叢除去前はよく頂対谷の対応が一致していた例で、腎神経叢除去後の頂対頂の対応では、ずれを示したものもある。又逆に、腎神経叢除去前の頂対谷の対応関係ではずれを示して居り、腎神経叢除去後の頂対頂の対応関係では、非常によく一致した例もある。勿論腎神経叢除去前頂対谷がよく一致し、腎神経叢除去後の頂対頂もよく一致した例もあつた。

2) 周期性血圧第三級動揺の波高

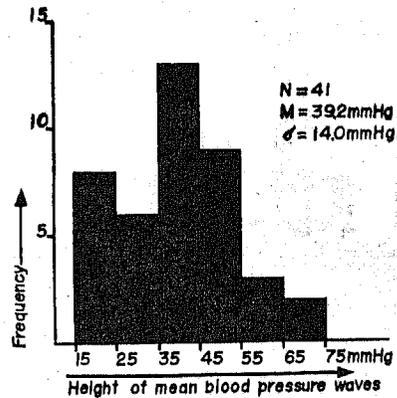
一定側圧負荷のもとに発現する周期性血圧第三級動揺の波高を一動揺毎に測定して、その平均値をその側圧負荷実験の波高とみなして頻度一回として数える。このようにして作った波高別頻度グラフ、腎神経叢除去前を第九図に、腎神経叢除去後を第十図に示す。即ち腎神経叢除去前の血圧第三級動揺の波高は頻度45、平均値 38.6 mmHg、標準偏差 20.0 mmHg である。これに対し腎神経叢除去後の血圧動揺の波高は、頻度41、平均値 39.2mmHg、標準偏差 14.0mmHg であつて、統計的にみて明らかに標準偏差に有意の差が認められる(5%水準)。

3) 腎容積動揺の波高

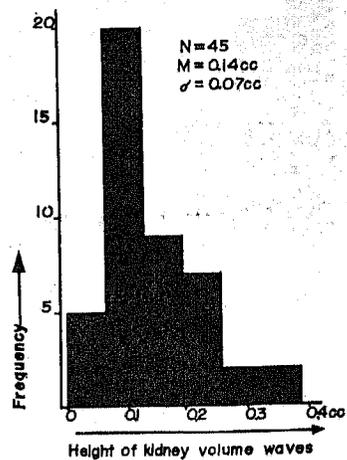
一定側圧負荷のもとに発現した周期性血圧第三級動揺に伴つて現われた、腎容積動揺の波高を一動揺毎に測定してその平均値を測り、その側圧負荷実験の波高とみなし、頻度一回と数えて、波高別頻度グラフを作成した。腎神経叢除去前のものが第十一図で、腎神経叢除去後のものが、第十二図である。腎神経叢除去前は頻度45、平均値 0.14cc、標準偏差 0.07cc であり、



第九図 腎神経叢除去前の血圧動揺の波高別頻度グラフ



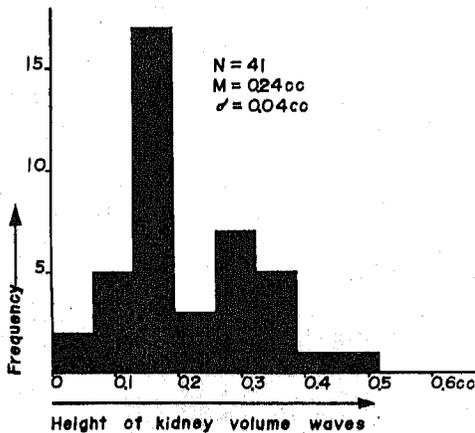
第十図 腎神経叢除去後の血圧動揺の波高別頻度グラフ



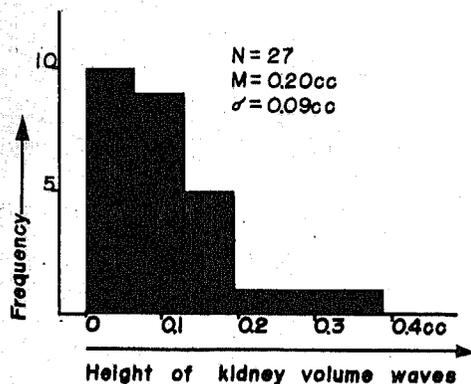
第十一図 腎神経叢除去前に於ける、腎容積動揺の波高別頻度グラフ

腎神経叢除去後は頻度41, 平均値 0.24cc, 標準偏差 0.04ccである。これらは同じ母集団からの標本とみなし得ないことは、検定の点からも明らかである。

又既に述べたように、周期性血圧第三級動揺を伴わないで、腎容積のみに個有の周期的変化が現われた場合があつた。腎個有の周期的容積動揺の波高を掲上の場合と同様にして測定し、且統計的処理を行い、波高別頻度グラフを、作制した。これを第十三図に掲げる。頻度27, 平均値 0.20cc, 標準偏差 0.09ccである。



第十二図 腎神経叢除去後に於ける、腎容積動揺の波高別頻度グラフ



第十三図 腎個有の周期的容積動揺の、波高別頻度グラフ

4) 周期性血圧第三級動揺が現われなかつた場合の、血圧と腎容積との関係

側圧負荷を行い、周期性血圧第三級動揺が現われた場合、腎神経叢除去前は、大多数例が全体として腎容

積を漸減し、腎神経叢除去後は漸増した事実は、既に述べた通りであるが、血圧に周期性第三級動揺が現われなかつた場合も、この腎容積の増減の傾向は全く同様である。即ち腎神経叢除去前に於ては、側圧負荷によつて周期性血圧第三級動揺は起らなかつたが、血圧の上昇がみられたとき、腎容積が減少したものが、個体数38例、側圧負荷実験64回中、12例25回にみられた。又一旦増加の傾向を見せて後減少したもの(第一図Bの様なもの)が14例22回ある。通算すると47回を占め、かかる傾向を示したものが最も多かつた。それとは反対に腎容積の増加を示したものは8例11回、殆んど変らなかつたものは4例6回にすぎなかつた。

腎神経叢を除去すると、12例37回のすべての実験に於て、側圧負荷により血圧が上昇したとき、例外なく腎容積は増大した。この点は大いに参考にすべき点である。

論 議

先きに宮川<sup>⑩</sup>の脳血流制御法により、体血圧に周期性血圧第三級動揺が現われてくる場合、腎の容積にもそれに対応して、周期性の動揺が現われてくる場合について報告を行つた<sup>⑪</sup>。この二つの変化、即ち周期性血圧第三級動揺と、この周期性腎容積動揺との間に、何等かの関係がありはしないかと云うことが当然考えられる。

体血圧に変動が起きた場合に、その体血圧の変動をひき起す要因として何はともあれ、体にある血流床の抵抗の増大を考えることは、当然のことと云えよう。腎臓の血流床は特別の構造を持つているが、或は他の血流床と同じように、かかる周期性血圧第三級動揺の催起に、積極的な参与を行つているかも知れない。この腎臓にある血流床が体血圧の上昇へ動員される方法としては、現在の常識から云つて二通りの機構が考えられる。一つは自動的な周期的収縮が血管床に存在する場合であり。他は中枢性の周期的興奮が末梢血管床につたえられる場合である。

後者は更に二つの径路が考えられる。一つは神経性の調整であり、他は液素性の調整である。

若しもこの場合、全部或は大部分が中枢からの、神経性の調整にもとづくものとするならば、腎臓に達している処の血管運動神経を除去して、その前後での腎臓容積変化の様態を比較すると、何等かの変化が現われてくる筈である。更に進んで、その腎容積の様態の、腎神経叢除去前後での変化からして、その運動神経がどのような役割を演じているかと云うことに対しても、何等かの暗示を与えてくれるものと考えられる。

若しも末梢血管床の自働性の周期的収縮性によるものであるか、或は液素性の要因が殆んど主役を演じているならば、血管運動神経の切除により、影響を受けないことになりそうである。

先ず第一に、腎臓に果して血管運動神経があるか否かについて論じなければならない。腎神経叢刺激により、腎容積減少がおこり<sup>(14)</sup>、且又皮質部の色が蒼白化すること<sup>(15)</sup>、並びに皮質糸球体を通る血流量の減少が起つてくる<sup>(16)</sup>。かかる事実より Fulton<sup>(17)</sup>は、腎臓にも血管運動神経なるものが存在し、その血管収縮神経が、葉間動脈に達しているに違いないということを指摘している。

従つて腎臓に所謂血管運動神経の存在することは、疑いをさしはさむ余地はないように思われる。

腎神経叢除去前に於ては、側圧負荷により体血圧に周期性血圧第三級動揺が現われた場合大多数例に於て、血圧動揺の頂と腎容積動揺の谷とが対応しているわけである。即ち血圧が上昇したとき腎容積は減少し、血圧が下降したとき腎容積は増大するという関係であり、少くともこの腎容積変化を、血圧の動揺による受動的な変化とみなす事は出来ないようである。腎容積は周期的に変動するのみならず、変動しつつ同時に全体として、漸次減少を示している。なお呼吸運動並びに心搏動による処の、第二級並びに第一級の血圧動揺に応じた、小さな腎容積動揺が普通存在しているが、側圧負荷実験を続けて腎容積が漸減して行くにつれて、それらの腎容積動揺が次第に小さくなり、遂には殆んど消失するに至っている事実も重大な所見である。

腎神経叢除去後に於ては、すべての例で頂対頂の対応関係を示し、その上呼吸運動、心搏動による、第二級並びに第一級の血圧動揺に応じた、小さな腎容積動揺が、比較的大きく現われている。大多数例に於て腎臓は、そのような第一級、第二級、第三級の血圧動揺に対応する腎容積動揺をのせながら、全体としてその容積を漸増して行くのが観察される。

その他肉眼的の所見に於ても、顕著な差異が腎神経叢除去前後で観察される。即ち腎神経叢除去前は、血圧第三級動揺の現われているとき、血圧上昇時には皮質が蒼白化し、下降時には斑点状に赤化するという事。更には側圧負荷実験の反覆により、腎容積は著るしく減少し、皮質が蒼白化する。然るに一方、腎神経叢除去後に於ては、側圧負荷実験の反覆により、腎容積は著るしく増大するのが観察され、皮質は血圧の上昇、下降に抱わらず、常に赤色を保持するのが観察された。

此等一連の事実から、第一に、腎神経叢除去が本質的な変化を腎容積変化状態にもたらしている事は、疑う余地のない事と思われる。ついで掲上の肉眼的な所見を考慮のうえ、この腎容積変化と血圧動揺との原因結果的な関係、並びにその腎神経叢除去にもとづく変化を取扱うとき、次のような結論に導かれよう。即ちこの種の周期性血圧第三級動揺が発現しているとき、腎神経叢が無傷の場合には、血圧上昇時には、腎臓の動脈系が収縮し、腎臓へ流入する血流量の減少を来たし、そのために腎容積の減少が見られ、容積曲線上に谷を形成するものと考えられる。このほか腎臓は、このような周期的な容積変動をしながら、全体としてその容積を漸減して行くということは、所謂血管運動神経の緊張性の働きが、漸増して行くものと考えてよいように思われる。即ちこのような腎臓に於ける動脈系の活動は、腎臓の動脈系が体内の他の血流床の一環として、血圧動揺を起すのに、積極的な参与を行つていると見る可きである。

此等の関係が、腎神経叢を除去することにより逆転すると云うことは、先ず第一に、以上の変化が主として神経系を通して行われているものと断じて宜しいと思われる。即ち神経衝動が中枢から腎神経叢を介して、腎動脈系に到達するものと解せられる。少くとも液素性の要因並びに自働的周期的血管収縮に、大きな役割を期待するわけには行かないと思われる。

腎神経叢除去後に於ては、血圧上昇時動脈系が拡大し、ために腎流入の血液量が増大を来すと同時に、腎容積も増大して行くことが云える。血圧下降時には、腎血流量が減少して谷を形成するものと考えられる。これを要するに、腎神経叢除去後に於ては、腎容積は体血圧、即ち腎流入の動脈内の血圧如何に依つて定まると考えて宜しいようである。

その他以上の考え方から多少とも逸脱するような実験成績が得られたが、それについて論ずることにする。腎神経叢除去前に於て、少数ではあるが頂対頂の対応を示したものがあつた。それは腎神経叢が解剖学的には連絡を保っているものの、機能的には必ずしも働いてはいなかつたのではなからうかと考えられる。此等両極端のものの中間型をとるものが存在していたが、これは又違った角度から検討しなければならない。この点につき、この両極端な例以外のものの血圧動揺と、腎容積動揺との因果関係を論ずるにあつては、先ず腎と云う血管床の体血圧を変化させる場合の、重要性の如何について考察を行わなければならない。実際、平均体重2.2kgの家庭に於て、周期性血圧第三級動揺が起つた場合、腎神経叢除去前には、平均

0.14ccの波高を以て腎容積動揺が起り、腎神経叢除去後に於ては波高の平均値0.24ccの腎容積動揺が起つた。しかも此の場合、腎神経叢除去前には積極的の参与であり、除去後は、血圧の変化をむしろ緩和する方向に働いているのであるが、一側の腎神経叢除去前後に於ける、周期性血圧第三級動揺の波高の間にはたいした差は認められない。即ち腎臓血流床が、此の種の血圧第三級動揺の催起に当つて果たす役割は、差程大きなものではないという事を示している。

腎神経叢除去後は受動的変化であるから、血圧動揺と腎容積動揺の対応点が多少とも喰違うのは、当然のこと乍ら、腎神経叢除去前にも、血圧動揺の頂と腎容積動揺の谷とが一致しないものがあり、又同一条件で実験中、一致したり先後したりする事が、少数ではあるが見られるのは、これは或る意味では、血圧第三級動揺が、形態的に云つても多種多様であると云うことと、関係があるかも知れない。即ち、血圧第三級動揺をおこすのに与る体内のもろもろの血流床が、必ずしも全部が一様に振舞うものとは考えられない。むしろ各血流床の周期的な働らぎに多少ともずれがあり、その総和として体血圧に周期的な動揺が生ずるのであり、血圧動揺の波形は、そうした各血流床間の周期的な活動の間に多少ともずれがあり、それが代数的に加わつたものと考えられるのではないであらうか。そのような考え方をすれば充分説明がつくし、この説明は必ずしも不自然なものとは思われない。

腎神経叢除去前後共、側圧負荷実験各回の成績をみると、血圧動揺と腎容積動揺の波高間に、相関性ありとは云えないものが、かなりの回数にわたつて存在するのであるが、側圧負荷実験各回の平均値をとつて検討すると、血圧動揺の波高と腎容積動揺の波高との間に、著しい相関性が認められる。このことから腎臓血流床は、血圧第三級動揺の催起に当り、大まかには血圧動揺の波高に比例した、血管抵抗の増減を以て応ずるが、一個一個の動揺に於てはその関係に偶然性、その他いろいろの要因から、必ずしもはつきりした関係が出来ないものとも考えることが出来よう。

血圧第三級動揺に対する受動的変化においても、大まかには、流入動脈圧に比例して、血流量が増減するものとも考える事が出来る。

血圧動揺とは別個に、腎容積だけの周期的変化が、腎神経叢除去前後共現われている事は、血管の自働性によるものか、或はその他の原因で静脈圧に周期的変化がおこり、それにもとづくものであるかは明らかではないが、尿の間歇的排泄による、腎盂内の尿量の変化のみではない事は、No.45個体で、周期の最大値20

秒、平均周期15.5秒のとき、尿分泌間隔は約30秒で、然も40回の分泌量の合計が約1ccに相当するのに比し、腎容積変化の波高は、平均0.13ccであるから、両者の間に著しい相違があり、どうしても血管系の関与を考えないわけには行かない。

なお最後に於て著者の実験に於ける周期性血圧第三級動揺と、宮川<sup>⑩</sup>の報告した154例、平均値51.0mmHg、標準偏差20.0mmHgとを比較すると、宮川の成績の方が著るしく高い。これは開腹により、周期性血圧第三級動揺の催起に与る血流床の減少によるものか、或は側圧負荷装置の相違によるものか、現在のところでは明言することは出来ない。ちなみに、血圧動揺の周期の間には大きな差は認められない。

#### 要約と結論

1) 家兎において、宮川<sup>⑩</sup>の方法により周期性血圧第三級動揺を催起させた際の、腎臓の容積変化を、腎神経叢の除去前後につき、比較検討した。

2) 腎臓は、腎神経叢除去前後共、周期性血圧第三級動揺とは別個に、その容積を変化する性質がある。

3) 腎神経叢除去前は、血圧動揺の頂と、腎容積動揺の谷とが対応して変化し、且つ腎臓は全体として、その容積を漸減し、呼吸運動並びに心搏動による、小周期の血圧動揺に應じた、腎容積の微細な変化が、段階小さくなり、遂には殆んど消失するに至る傾向があり、肉眼的にも、腎容積の減少と、皮質の白色化を認めた。

4) 腎神経叢除去後は、すべての例において、血圧動揺の頂と腎容積動揺の頂とが、対応して変化する様になり、大多数において、腎臓はその容積を漸増し、呼吸運動、心搏動による、小周期の血圧動揺に應じた、腎容積の微細な変化も、比較的大きく現われる傾向があり、肉眼的にも腎臓の膨大を認めた。

5) 以上の事実から、此の周期性血圧第三級動揺は、中枢性起源のものであり、その衝撃は、腎神経叢特にその血管収縮神経を介して、腎動脈系に至るものと考えられる。

稿を終るに当り、本研究に際し、終始御懇篤なる御指導を給わり、論文作成に当つては御校閲の勞をとられた、宮川清教授に感謝の意を表します。又実験の為種種便宜を図られ、且つ又屢々有益なる御忠言を給つた、和合卯太郎教授並びに大原孝吉教授(名古屋市立大学医学部第二生理)に、心から御礼申し上げます。

#### 文 献

- ① 宮沢和久；信州医誌，8：304，1959 ② Mayer, S.; Ber. Akad. d. Wiss. Wien, Ab. 3: 281, 1869  
 ③ Traube, M.; Zbl. med. Wiss., 880, 1865  
 ④ Hering, F.; Ber. Akad. d. Wiss. Wien, Ab. 2:

- 826, 1869 ⑤Roy, C. S.; J. Physiol., 3: 203, 1881 ⑥Wolf, H.; Pflüger's Arch. f. d. ges. Physiol., 105: 590, 1905 ⑦Bayliss, W. M. and Bradford, J. R.; J. Physiol., 16: 10, 1894 ⑧Barcroft, J. and Nisimaru, Y.; J. Physiol., 74: 295, 1932 ⑨Barcroft, J. and Nisimaru, Y.; J. Physiol., 74: 311, 1932 ⑩尾形正治; 成医会誌, 59: 640, 1940 ⑪錢場武彦・岸 良尚; 日本生理誌, 13: 471, 1951 ⑫宮川 清; 日本生理誌, 17: 299, 1955 ⑬津崎孝道; 実験動物解剖学・兔編, 金原出版株式会社 1955 ⑭Bradford, J. R.; J. Physiol., 10: 358, 1889 ⑮Franklin, K. J., McGee, L. E., and Ullman, E. A.; J. Physiol., 112: 45, 1951 ⑯DANIEL, P. M., PEABODY, C. N. and PRICHARD, M. M. L.; Quart. J. exp. Physiol., 37: 11, 1952; cited from Fulton, J. F.; A Textbook of Physiology, 803, 1955 ⑰Fulton, J. F.; A Textbook of Physiology, 780, 1955 ⑱宮川 清; 日本生理誌, 17: 383, 1955