From the Third Medical Clinic of Mie Prefectural University Hospital

(Director: Professor M. Takayasu M. D.)

The Experimental Studies on the Auricular Stimulus Conduction (III)

STIMULUS CONDUCTION OF RABBIT'S ATRIUM

By

NORIO NISHII

(Received for Publication, July 12, 1955)

心房内刺戟傳導に関する實驗的研究 (第3報)

家兎心房の刺戟傳導に就て

西井 憲夫

三重縣立大學醫學部內科教室 (擔當 高安正夫教授)

Using rabbit's heart unipolar leads E. C. G. were taken simultaneously over the intra vena cava superior of its initial region and the atrial surface, and calculated the time of activation arrival at different points on the atrial surface, at the same time observing the morphology of the P wave on the E. C. G. led from the surface of the atria.

Summary and conclusion of this study are as follows:

1) The form of the P wave in the unipolar lead E. C. G. led from the superior cava venous appendage's angle indicated a negative wave of the QS type and the activation arrival at this point was found to be the earliest point of all on the atrial surface, which made one to assume that this region must be the initial point of activation.

2) The activation arrival at points lying along the taenia terminalis from the venous appendage's angle (above mentioned) downward to the right was rapid compared with those at other points on the atrium. Moreover, the form of the P wave at these points in the unipolar lead E. C. G. was found to be of the rS type with predominance of the negativity.

3) Despite the fact that the distance between each points on the surface of the right appendage and the head of the sinus node was comparatively small, the activation arrival was late, and the P wave in the unipolar lead E. C. G. taken over those points indicated the RS type.

4) Inferring from above facts and the activation times at various points on the atrial surface, it is proper to acknowledge the assumption that the activation of the atrium does not propagate from the head of the sinus node in proportion to

distance in diffusiveness, but is carried out through some definite formation.

II. In experiments with eight rabbits, the author recorded the E. C. G. intra atrial unipolar lead and the standard limb lead II simultaneously after injuring different points at localities in the atrial wall and the atrial septum thrusting them with a pointed knife through the atrial wall or the appendage, and studied how relationships are there between the injured points and the change in the E. C. G. Various observation were made on the different injured points. Summary and conclusion of this experiment are as follows:

1) When the previous part of the fossa ovalis or wall of the appendage were injured, the heart beating remained for about 30 minutes, and besides a presumption of the results of an acute heart failure due to bleeding, no particular change was observed in the E. C. G.

2) When injury was given to the upper part of the right atrium near the Bachmann's bundle, it was observed that very soon after the administering of injury changes were seen to take place, such as a marked transformation of the P wave, an irregular beating of the heart, an appearance of two P waves of entirely different kind, disturbances in the a-v conduction, etc. From these observation, it was assumed that there existed activation pathways between the sinus node and the left atrium, and between the sinus node and the Tawara's node.

3) An injury given to the border between the anterior wall of the atrium and the septum often caused such changes in the E. C. G. as the shortening or prolongation of the P-Q interval,

an appearance of the a-v nodal rhythm, a sudden cease of the heart beat, etc. From above observations it may be assumed that the stimulus conduction of the atria is not one rendered through

complete diffusion but through some stimulus conduction pathways running directly from the sinus node to the right and left atria and the Tawara's node.

緒 言

著者は第1報及び第2報に於て蟻の心房内刺激傳達様式に就て實驗を行つた結果、蟻の心房内には特殊傳導路は認められず、瀰漫性傳導であると報告したが、蟻の心臓は人類の心臓と形態學的にも非常に相違して居り、その結論を直ちに人類に適用する事は出来ない。そこで今回は實驗材料に家兎を選び、第1章に於ては心房表面各部への刺激傳達時間を計測し、第2章に於ては心房壁及び心房中隔の種々の部を限局性に傷害して、房内刺激傳達に及ぼす影響を観察し、之等の實驗より得られた成績に基づき、房内刺激傳達様式に對する結論を導かんとした。

第1章 家兎心房表面各部の刺激傳達時間に就て

實驗方法

體重3kg内外の健康家兎を用い、麻酔は25g/dlのウレタン水溶液を體重1kgにつき1gの割合で皮下注射し、約30分後仰臥位に固定する。第II乃至第IV肋骨を兩側共肋骨境界部にて切斷し胸骨と共に除去して開胸、心嚢を縦に切開して心臓を露出する。心嚢切開縁は兩側肋骨切斷端の胸郭に縫合する。誘導電極としては輸尿管カテーターの先端に直徑2mmの白金球をつけ管内を通して之に導線を誘導したものを用い、之を頸靜脈より心臓に向つて挿入する。その先端を上空靜脈起始部に位置するように外部より觸知して確め、この位置が移動しないようにカテーターを頸靜脈入口部に於て固定し、之を標準誘導の關電極とする。他方心房表面よりの誘導子として直徑約1mmの眞鍮球をエナメルにて絶縁せる銅線の先端につけたものを用い、ゴム手袋を着用してその銅線の部を軽く持ち、球を心房表面に置く。不關電極としては銅線の先端に注射針を接續したものを用い、左後肢皮下に刺し込む。上述の標準誘導と心房表面誘導の2つの單極誘導心電圖を同時描寫する。心電圖描寫装置は前回と同一のものを用い、感度も型の如く1mV 1cmとする。尙家兎の心搏動は極めて活潑なる爲、心電圖描寫に際して心房表面に置いた誘導子が移動しない様特に注意する。心房表面各部の刺激傳達時間の計測は同時描寫せる2つの曲線を基にして行つた。即ち標準誘導の關電極は上空靜脈起始部にあるから、心房の興奮に對しては完全に上流より眺める爲、當然P波はQS型陰性波を示し、その起始點即ち零線との境界は極めて明瞭である。そこで此のP波の起始點より起算して、心房表面より誘導した曲線のP波の内効果波が零線を切斷する點迄の時間を計測して、此の際の誘導點への刺激傳達時間とした。心房表面の多數の點に就て夫々標準誘導と同時描寫を行

い、各點の刺激傳達時間を計測する。

尙各點の單極誘導心電圖のP波の形態を観察し参考にした。

實驗成績

心房表面各部の刺激傳達時間及び單極誘導心電圖のP波の形は第1表及び第1圖に示した通りである。上空靜脈心耳角、即ち洞結節頭部占居部位と推定される點1より誘導した曲線のP波は陽性波を全く認めず、QS型陰性波を示し、その起始點は標準誘導曲線のP波の起始點と時間的に略一致する。この點より右下方分界溝に沿ひ、下空靜脈基部の方向に連なる2~5の諸點ではP波は何れも最初小さな陽性波が先行し、後急激に下降する内効果波を有する陰性波が續きRS型を示す。即ち心房の興奮に對して此等の部は比較的上流と考えられ、刺激傳達時間は0.0021~0.0134秒で、洞結節頭部からの距離に概ね比例して次第に遅延している。右心耳表面ではP波は

Fig. 1. This figure shows the morphology of the unipolar lead at the different points explored.

TABLE I. STIMULUS ARRIVAL TIMES AT THE POINTS EXPLORED.

Point Explored	Activation Times (sec)	Point Explored	Activation Times (sec)	Point Explored	Activation Times (sec)
1	0.0005	10	0.0155	19	0.0241
2	0.0021	11	0.0173	20	0.0300
3	0.0053	12	0.0203	21	0.0191
4	0.0106	13	0.0158	22	0.0225
5	0.0134	14	0.0120	23	0.0250
6	0.0072	15	0.0166	24	0.0190
7	0.0063	16	0.0183	25	0.0215
8	0.0075	17	0.0209		
9	0.0089	18	0.0202		

Value Corresponds to the Average Time.

多くは RS 型乃至は Rs 型を示し、傳達時間は 0.0072 及び 0.0063 秒を示した(點 6 及び 7)。右心房前壁中央部では波形は rS 型乃至 RS 型を示し、傳達時間は 0.0075 及び 0.0089 秒であつた(點 8 及び 9)。又下空靜脈開口部附近及び右心室との境界部に近い點 10 乃至 15 の諸點では P 波の形は主として Rs 型を示し、傳達時間は 0.0155~0.0203 秒で此等の部は心房のうちでも興奮の經過に對して最も下流に相等するものと考えられる。

次に左心房前壁では肺動脈基部と左心耳との間の深く凹んだ所は著者が検査した範圍では左心房表面中最も傳達が早く 0.0183 及び 0.0209 秒で、P 波の形は殆んど RS 型を示した(點 16 及び 17)。又左心室との境界部に沿つて左方に連なる 18 乃至 20 の諸點では P 波は RS 型又は Rs 型を示し、傳達時間は 0.0202~0.0300 秒であつた。尙左方に遠ざかるに従い R が大きくなり S が小さくなる傾向を示した。又左房左側縁部の點 21 乃至 23 では P 波は主に RS 型で、傳達時間は 0.0191~0.0250 秒を示し、左心耳中央部の點 24 及び 25 では P 波の形は RS 型で、傳達時間は夫々 0.0190, 0.0215 秒であつた。

考 案

心表面より直接誘導を行い、表面各部の刺戟傳達時間を計測し、心臓の刺戟傳達様式を闡明せんとする試みは Lewis⁽¹⁾⁽²⁾ 以來 Harris⁽⁴⁾, Sodi-Pallares⁽³⁾, Groedel⁽⁴⁵⁾ 等により行われている。その中特に心房に關するものとしては Lewis 及び Sodi-Pallares の業績を擧げることが出来る。そして彼等は何れも結論に於て、心房内刺戟傳達は瀰漫性にして、特殊傳達路の存在を否定している。然し別の方面よりする研究に於ては特殊傳達路の存在を主張する學者も少くない。著者は先ず家兎を用いてこの問題の再検討を試み、以上の如き成績を得たのであるが、家兎の心搏動は極めて活潑であり、表面の誘導に際して誘導子を 1 點に固定するには技術的な困難を伴い、且又此の様な方法では心房表面の検査し得る部位が小範圍に局限され、側面及び背面を検査する事が出来ない等の理由により今回の實驗は豫備的なものである。又房内刺戟傳達様式は極めて複雑であるから輕卒な判斷は許されないが以上の成績から次のこと程度の推定は可能ではないかと思う。即ち上空靜脈心耳角の洞結節頭部占居部位と推定される點より誘導した場合、P 波は完全な QS 型陰性波を示すことが多く、且その起始點は上空靜脈内より同時描寫した曲線の P 波の起始點と時間的に略一致し、従つて刺戟傳達時間も全心房表面中最も早い事より、此の點は刺戟の發現部と考えられる。この點より分界溝に沿つて下空靜脈の方向に連なる一連の點は P 波が殆んど RS 型を示し、傳達時間が心房表面の他の部位に比へ洞結節頭部よりの距離の割合に迅速である。此に反し心耳表面の各點は P 波は RS 型を示し、且洞結節頭部と距離的に接近しているに拘らず傳達時間が比較的遅延する。此等の事實は洞結節頭部より分界溝に沿つて右下方に至る傳達路の存在を推定せしむると同時に右心耳への傳達は洞

結節頭部より直接行われなくて他の心房壁を迂回して行われる事を想像せしめる。此等の事實及び表面各部の刺戟傳達時間の分布状態は心房内刺戟傳達が完全な瀰漫性傳達でない事を示唆するものと思う。尙左心房への傳達も右心房とは別になされる様であるが先にも述べた如く今回の實驗成績だけでは此れ以上明確な結論は得られなかつた。要するに家兎は實驗材料として不適當であり、又實驗方法にも改良すべき餘地があることがわかつた。その後著者は犬を用いて今回と略同様な實驗を試みていたので何れその報告の考案に於て、今回の實驗成績と併せて詳細な考案を行う豫定である。

小 括

著者は家兎心に就て心房表面より直接單極誘導を行い、表面各部の刺戟傳達時間を計測し、それ等の値を綜合比較することにより房内刺戟傳達様式を究明せんと試み次の結果を得た。

1) 洞結節頭部占居部位と推定される上空靜脈心耳角より誘導した場合 P 波は完全な QS 型陰性波で刺戟傳達時間が全心房表面中最も迅速である。故にこの點は刺戟發現點と考えられる。

2) 洞結節頭部より分界溝に沿い右下方に連なる一連の點は他の心房の各部に比へ洞結節頭部よりの距離の割合に比較的刺戟傳達時間が早く、又此等の點から誘導した曲線の P 波は略 RS 型陰性波を示した。

3) 右心耳表面の各點は洞結節頭部と比較的接近しているに拘らず此等の點から誘導した曲線の P 波は主として RS 型を示し、刺戟傳達が比較的遅延する。

4) その他心房表面各部の刺戟傳達時間の分布状態から推して房内刺戟傳達は洞結節頭部から單に距離に比例して瀰漫性に擴がるものではないと考えられる。

5) 左房への傳達も右房を経て行われるものではなく、洞結節頭部より直接行われるものと推定される。

第 2 章 心房各部の傷害が房内刺戟傳達に及ぼす影響に就て

實 驗 方 法

前章と同様な方法にて家兎心臓を露出し、一方の心房より尖刃刀を刺して心房中隔を貫かんと試み、心搏動の停止する迄 1~2 分毎に標準肢第 II 誘導及び右心房腔内單極誘導心電圖同時描寫を行い經過を觀察した。死後心臓を剔出して剖檢を行い傷害部位を確め、且つ得られた心電圖に就ては主として搏動數、調律、P 波の形及び持續時間、PQ 時間等の變化に就き詳細な検討を行い、傷害部位と心電圖の變化の間に有意の關係があるか否かを検討した。

實 驗 成 績

實驗は 8 例に就て行つたが夫等の成績は第 2 表に一括して記載した如く、傷害部位及び經過が様々である。以下各例に就ての成績の概要を説明する。

第 1 例の穿刺部位は右心耳より右心房後壁上部を貫通

TABLE II

Case	Injured Part		Before	After Injured (sec)								
				Imme- diately after	1'	2'	3'	4'	5'	10'	15'	
1	<i>Auricula Dextra and Posterior Wall of Right Atrium</i>	PP	0.250	0.375	0.433	0.850	0.850	0.855	0.783	1.000		
		P	0.021	0.030	0.037	0.030	0.030	0.033	0.050	0.029	0.030	
		PQ	0.066	0.075	0.083	0.083	0.083	0.083	0.100	0.116		
2	<i>Front Area of Fossa Ovale</i>	PP	0.291	0.383		0.333	0.366	0.366	0.433		0.433	
		P	0.022	0.025		0.025	0.066	0.066	0.023	0.025	0.025	
		PQ	0.058	0.083		0.025	0.070	0.070	0.083	0.083	0.083	
3	<i>The Bachmann's Bundle</i>	PP	0.341	0.408	0.475	S.A	S.A	S.A	S.A	0.833	A.V.B	S.A : <i>Shinus Arrythm.</i>
		P	0.025	0.441	0.033	0.033		0.029	0.041	0.058	0.069	
		PQ	0.058	0.091	0.083	0.071		0.066	0.066	0.108	0.191	
4	<i>The Bachmann's Bundle</i>	PP	0.408	0.391	0.491	0.591	0.666	0.333	0.688	0.650	1.690	
		P	0.029	0.025	0.050	0.050		0.095	0.183		0.130	
		PQ	0.083	0.083	0.100	0.041	0.083	0.108	0.033		0.133	
5	<i>Anterior Wall of Left Atrium and It's Lower Part Attached to Septum</i>	PP	0.250	—	0.408	—	0.617	0.650				K.R : <i>Knoten Rythmia</i>
		P	0.033	0.029	0.027	0.024	0.025	0.025	0.133	K.R		
		PQ	0.083	0.095	0.100	0.120	0.125	0.108	0.091			
6	<i>Anterior Wall of Both Atria and Their Lower Part Attached to Septum</i>	PP	0.291	0.366	0.408	0.508				0.633	0.726	
		P	0.291	0.026	0.027	0.020	0.020					
		PQ	0.083	0.083	0.075	0.066			0.075	0.075	0.083	
7	<i>Front and Lower Part of Septum</i>	PP	0.325	0.383	0.433		0.400		0.600	0.933	1.433	
		P	0.034	0.034	0.025		0.029		0.033	0.075	0.091	
		PQ	0.066	0.083	0.025		0.066		0.066	0.108	0.133	
8	<i>Anterior Wall of Both Atria and Their Middle High Part Attached to Septum</i>	PP	0.233	0.325	0.341	0.325		0.325	0.333	0.333	0.333	
		P	0.025	0.030	0.019	0.017		0.017	0.621	0.020	0.029	
		PQ	0.075	0.075	0.016	0.016		0.016	0.020	0.025	0.050	

したのであるが、刺入後次第に搏動緩徐となり、PQ 時間も次第に延長している外は約20分後迄調律異常その他心電圖上特別の變化を認めなかつた。その後本例は穿刺後25分にして房室ブロック、洞性不整脈が出現し搏動が次第に微弱となり、30分後遂に心停止を來した。

第2例は右心耳及び心房中隔卵圓窩前方の部を穿刺した例であるが2分後一過性に PQ 時間が著明に短縮した以外30分後迄心電圖上殆んど變化を認めなかつた。

第3例は右心耳及び右心房左上壁の Bachmann 氏束附近を穿刺したものであるが、穿刺直後急激に PQ 時間

が著明に延長し、P の幅が増大すると共に2分後洞性不整脈を認め、15分後房室ブロックが出現し、16分後心室は完全に停止した。

第4例の穿刺部位は前例と略同様、右心房前壁で洞結節頭部より左心房寄りの部分、即ち Bachmann 氏束に相等した邊りを穿刺したのであるが、右心房腔内誘導で P 波の著明な分裂を認め、肢第 II 誘導で P 波は陰性となり、穿刺後早期に2對1乃至4對1の房室ブロックを認めた(第2圖)。

第5例は死後剖検により左房前壁下部で中隔に接した部位に穿刺孔を認めたものであるが、穿刺後 PQ 時間が著明に延長すると共に徐脈となり、10分後一旦心停止を來し、暫時の後再び搏動を回復したが此の場合 PQ 時間の短縮、肢第 II 誘導で P 波の逆轉が見られ、明かに結節調律と考えられた(第3圖)。

Fig. 2. Electrocardiographic changes in a dog after injured the Bachmann's bundle.

upper curve.....unipolar lead from right atrium.
lower curve.....standard limb lead II,
simultaneous record.

A : 10 min. after injured
B : 15 min. after injured

Fig. 3. Electrocardiographic change in a dog after injured the anterior wall of left atrium and its lower part attached to septum.

upper curve.....unipolar lead from right atrium.
lower curve.....standard limb lead II,
simultaneous record.

第6例の穿刺部位は前例と略同様、左心房の前壁下部で中隔に接した部分及び右心房前壁下部で中隔に接した部分を同時に傷害したものであるが、穿刺後著明な徐脈及びPQ時間の短縮を来し、その後やはり結節調律が現われた。

第7例は心房中隔下部前方を右房側から軽度に傷つけた例であるが、此の場合穿刺後一過性にPQ時間の短縮を認め、又8分後一瞬心搏動が停止したが暫時にして正常の調律を回復し、其他心房群に特別の所見は認められなかつた。

第8例は両心房前壁の中央部の高さに於て中隔に接する部分を同時に貫通して穿刺したものであるが、PQ時間が急激に短縮し、この状態が容易に回復しなかつた。此の場合肢第II誘導のP波は上向性であり、結節調律の逆伝導ではないと思われる(第4圖)。尚本例はP波の持続時間、及び形は略正常で、15分後に於てもこれ迄の例に見られた如き徐脈も認められなかつた。

Fig. 4. Electrocardiographic change in a dog after injured the anterior wall of both atria and their middle high part attached to septum.

upper curve.....unipolar lead from right atrium.
lower curve.....standard limb lead II,
simultaneous record.

總括並びに考案

以上8例の実験成績に基き著者は總括して次の如く考案を試みた。即ち全例を通じて穿刺部位が種々であるため、心停止迄の時間は必ずしも一定ではないが概ね30分前後である。その中第1例及び第2例の如く心耳、特定の部位を除く心房壁、或は心房中隔の卵圓窩前方等を穿刺したのみでは穿刺後短時間の間に心電圖上特別の變化を認めないことより、此等の部には特殊心筋系の存在は考えられない。徐々に現われる徐脈、PQ時間の延長、或は20分頃より認められる不整脈、房室ブロック、心搏動

の衰弱等は出血に起因する急性心不全の結果と考えられる。右心房に於て洞結節頭部より左房寄りの部分を穿刺した第3例及び第4例は何れも穿刺後早期に心電圖上著明な變化を来している。Bachmann氏束は房間傳導束として幾多の先賢により既に指摘されている處であるが、此等の例も恐らくBachmann氏束を傷害したため左房への傳導が障礙せられ、兩心房の收縮に時間的な差を招き、P波の幅が増大するとか或は全く形の異なる2種のP波が出現する等の所見を見るに至つたものとする。尙此等2例が比較的短時間の間に房室傳導障礙、及び心停止を来した事より、洞-田原間の傳導路にも傷害が加えられたのではないかと考える。又中隔に接した兩心房前壁下部に於て同時に傷害した第6例は術後PQ時間の短縮を来し、同時にP波の持続時間が短縮したが此の所見は第8例の穿刺部位及び心電圖所見と軌を一にするものであり、兩心房への傳導路の一部が夫々前壁に於て中隔との境界部附近を通過することを推定せしめる。又8例中3例に於て一過性にPQ時間の短縮を認めたが之等は何れも刀を抜いた直後に認められたものである。全例に於て心搏動が衰弱してから心停止に至る迄の状況は種々である。即ち心臓全體の調律は全く不規則となり、或は急迫期と緩徐期とが交替的に表われる事もあり、最後は心房が心室に先立つて停止する場合とその逆に心室が先に停止する場合とが見られた。

之を要するに以上の成績から左房への刺戟傳導は右房を経て瀰漫性に傳播されるのではなく、洞結節頭部からBachmann氏束附近を経て直接左房へ連絡する一定の傳導路が存在するものと考えられ、又洞-田原氏結節間にも直接の傳導路があるものの如くである。

結 論

著者は第1章に於て家兎心房表面各部の刺戟傳達時間を計測し、第2章に於ては心房壁及び心房中隔等の穿刺を行い、各部の傷害が房内刺戟傳導に及ぼす影響を觀察した結果、未だ確實に特殊傳導路の有無を斷定する迄に至らないが、一應房内刺戟傳導様式は完全な瀰漫性傳播ではなく、洞-右房、洞-左房、洞-田原氏結節間に一定の傳導路が存在すると思われる結論を得た。

文献 第6報末尾に一括記載。