



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	凍死に関する実験的研究 : 特に心臓機能の役割について
Author(s)	森田, 貞美; MORITA, Sadami
Citation	低温科学, 3, 287-317
Issue Date	1950-12-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17440
Type	departmental bulletin paper
File Information	3_p287-317.pdf



凍死に関する實驗的研究

特に心臓機能の役割について*

森田 貞美

(低溫科學研究所 醫學部門)

〔昭和 22 年 10 月受理〕

緒 言

凍死に関する研究は古來多數の業績がある。その原因に就いて之を大別すると、1) 赤血球の破壊によるとする説、2) 心臓麻痺説、3) グリコゲン消滅説、4) 中毒説、5) 窒息説、6) 脳神經中樞麻痺説、7) 全身機能衰頹を原因とする折衷説等の諸説に總括される。

心臓麻痺説に就いてみるに、古く Chorwat⁽¹⁾ は 1876 年動物の體温が 21°C~22°C になると迷走神經並に心臓に強力な感應電流の刺戟を與へても、何ら反應を示さないことから、凍死の原因は、迷走神經の麻痺によると唱へてゐる。1883 年には Dieberg⁽²⁾ は、多數の凍死體の解剖に際し血管系統の充血特に心臓内の血液の著しい充盈擴張を認め、此の過充血の負擔に堪へかねて起る心臓の麻痺を、凍死の原因として重要視した。

更に 1893 年 Ignatowsky は、實驗的に迷走神經を麻痺させても、凍死過程にも、心臓機能にも、大きな影響のなかつたことを報告してゐる。

又 1917 年 Langendorf は呼吸及び心臓の機能は、寒冷により漸次衰弱を表すが、之等の機能は完全に停止する以前に、酸素缺乏による中樞神經系統の障碍のために、可成り早期に中止せられ、その爲に死を來すものであると云ふこと、即ち一種の窒息説を主張してゐる。

然しながら 1917 年に至り Winterstein⁽³⁾ は凍死した海獺並に家兎に「リングル氏液」及び「スブラレン」等の注射を行つた。恢復後實驗で凍死は尙生活力を有する生體が心臓障碍のために起る特殊な窒息死であると結論してゐる。

近時久保⁽⁴⁾ は凍死は酸素を十分利用し得ない状態即ち低溫による酸化「ヘモグロビン」の解離度の減少にその原因を求めてゐる。以上のやうに凍死と心臓との關係に就いては、先人の成績は全く區々である。

從來の凍死に関する業績には既に歴史的存在となつたものが多く、凍死の機能並に本態に関する分野は依然として未開拓のまま残されてゐる。殊に凍死即ち體温の異常降下に際し心臓が

* 北海道大學低溫科學研究所業績 第 72 號。中村弘教授指導。

本論文要旨は北海道醫學會 第 22 回大會 (昭 21) で發表したものである。

如何なる消長を示すかは、極めて興味深い問題である。

私はこゝに於て、この問題殊に凍死の原因に就いての心臓機能の役割を究明せんとして -40°C の無風環境下に於ける凍死の全過程を脳温、腹温、直温の測定と同時に、心電圖を連続撮影することによつてそれらの關係を明らかにすることが出来た。

尙本實驗は同僚田中と共同し腦電氣圖の撮影も同時に行つたものである。

實 験 方 法

1) 使用動物

實驗には體重略、2.5 kg の健常家兎を用ひ之を背位に固定した。體位と心電圖との關係を考慮して常に四肢は軀幹に平行に堅く固定した。頭部の固定には紐狀の「マスク」を用ひた。

2) 温度測定

温度測定は熱電對又は温度計によつた、即ち脳温は頭蓋表皮を僅かに切開し、右側 Area praecentralis の部で深さ略、2mm の所に熱電對を挿入し、腹温は上腹中央部を切開し、中腹腔内に熱電對を挿入して測定した。温度は低温曝露 5 分迄は 10 秒毎に、10 分迄は 1 分毎に、以後は 5 分毎に測定した。直温は直径 0.7 cm 長さ 30 cm の「アルコール」温度計を用ひ、略、8 cm 挿入して測定した。

a) 熱電對

脳温測定には次のやうな自作の熱電對を使用した。即ち直径 0.2 mm の銅「コンスタンタン」を用ひた。 $\frac{1}{2}$ 注射針を 1 cm に切斷し之を 4 mm の點で略、90 度に曲げて銅「コンスタンタン」の兩線を此の中に挿入し尖端を銀蠟溶接後、絶縁「ニス」で十分絶縁し、同時に鑷で切斷面をまるくする等種々の工夫を行つた。

腹温測定には直径 0.4 mm の銅「コンスタンタン」を用ひ、注射針の代りに兩端圓味を帯びた硝子毛細管を用ひ、兩者共絶縁には絹糸並に絶縁「ニス」を用ひ、露出部は「エンパイヤーチューブ」で被覆した。線の長さは低温室に誘導し得る程度即ち略、2.5 m とした。

b) 外气温の影響除去

-40°C の低温室の气温の影響を如何に防ぐかは重要な問題で、豫め次の豫備實驗を行ひ、その目的を達することが出来た。先ず十分に防熱装置をした箱の中に直径 11 cm 深さ 32 cm の魔法瓶を入れ、之に直径 3 cm の 2 個の小孔を有する毛皮張りの蓋をおいた。その小孔から一本の熱電對を挿入し尖端から約 50 cm の點まで深く埋没して外气温の影響を受けないやうにし、他の孔にはもう一本の熱電對を僅に挿入した。そして此の兩者の先端を目盛りのある固定臺の一點に接近させて固定する、即ち兩電對が同一點の温度を同時に示す様にしたものである。更に此の熱電對を固定した目盛が魔法瓶の水面から 1 cm~6 cm 迄隨時に動かせる様に

工夫した。

即ち -40°C の低温室中で魔法瓶の温度を 37°C の水面下幾 cm までどの程度の影響を及ぼすかを追究してみた。數回の測定の結果兩電對の示す温度差は

1 cm 挿入の時	$1.5^{\circ}\text{C}\sim 2.0^{\circ}\text{C}$
3 cm "	$0.5^{\circ}\text{C}\sim 1.0^{\circ}\text{C}$
5 cm "	0

即ち 5 cm 以上挿入する場合は體温測定上の誤を防止し得ることを確めた。従つて腦温の測定の場合には、皮下を 6 cm 通過させて外氣温の影響を防止した。腹温の場合も同じである。かくして腦温腹温は實温を測定し得たものと信じてゐる。

c) 檢流計

腹温の測定には横河製檢流計を使用した。即ち周期 4 秒、電流感度 $1^{\circ}=1.7\times 10^{-8}\text{Amp}$ 、電壓感度 $1^{\circ}=4.6\times 10^{-7}\text{Volt}$ 、線輪抵抗 $9.2\ \Omega$ 、臨界制動抵抗 $1.7\ \Omega$ のものを用ひた。反照型目盛板上の感度は常に $19\text{mm}/1^{\circ}\text{C}$ とした。

3) 電心圖の撮影に就て

抵抗結合三段増幅 (UZ 77 二段, UY 38 一段) を行ひ、H 型振動子を動作させ、電磁型「オッシログラフ」を用ひて 5 分迄は略、1 分毎に、以後は略、15 分~20 分毎に撮影を行つた。較正は實驗の前後行ひ、 1mV を $12\text{mm}\sim 18\text{mm}$ とした。電極の一つは心尖部に直径 1 cm の銀板を糊着した。他極は腦波の一極即ち左側 Area praecentralis をそのまま用ひた。

4) 低温室への誘導

誘導には絶縁網を張り軌道を有する家兎固定臺を低温室小窓に接して用意し、合圖と同時に窓を開け靜かに低温室内に誘導した。即ち動物は 1~2 秒で -40°C の低温室中に靜に導かれた。

5) 低温室温度

略、 -40°C を保持することを目標にしたが、色々の都合で -38°C 位のものもあつた。又實驗中度々出入した爲と特に春期の實驗の爲に凍死に至る迄には 2°C 内外低下したものが多かつた。

實驗成績

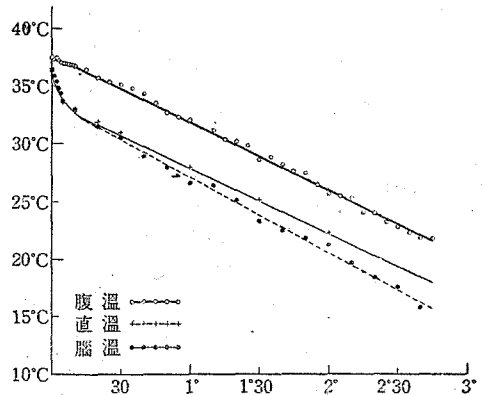
實驗成績は第 1 表~第 9 表 (No. 11, No. 14, No. 15, No. 16, No. 17, No. 18, No. 19, No. 20, No. 21 の 9 例) に示す通りである。

實驗成績の小括

體温の消長について (第 1 圖参照)

1) 腹腔温の消長

低温曝露直前の家兔腹腔温は $36.9^{\circ}\text{C}\sim 38.1^{\circ}\text{C}$ 、平均 37.6°C である。此の家兔を極めて静かに -4°C の低温室に誘導すると、その寒冷刺激により腹温は極く軽度であるが一過性に上昇するのを見る。即ち全 9 例中 6 例に於て何れも低温曝露 10 秒 \sim 1 分 30 秒、平均 30 秒で上昇を始め、20 秒 \sim 1 分 40 秒、平均 48 秒で最高に達し、20 秒 \sim 3 分、平均 2 分 8 秒で再び低温曝露直前の値に戻る。例外として



第 1 圖

No. 20 は舊に復するまで 10 分間を要した。次に最高上昇温度は $0.1^{\circ}\text{C}\sim 0.4^{\circ}\text{C}$ 、平均 0.2°C である。No. 11, No. 15, No. 19 にはかかる温度の上昇は全く認められない。其の後腹温は第 1 \sim 9 表と第 1 圖に示す如く各、多少の相違はあるが、各例とも何等認むべき特徴を示さず漸減的に低下を示した。低温曝露 30 分では $32.8^{\circ}\text{C}\sim 36^{\circ}\text{C}$ 、平均 35.1°C で曝露前に比し既に $1.1^{\circ}\text{C}\sim 4.9^{\circ}\text{C}$ 、平均 2.5°C の低下を來した。次に一時間に於ては $29.8^{\circ}\text{C}\sim 33.7^{\circ}\text{C}$ 、平均 31.9°C で、 $3.7^{\circ}\text{C}\sim 7.9^{\circ}\text{C}$ 、平均 5.7°C の低下を示した。1 時間 30 分では $26.6^{\circ}\text{C}\sim 30.2^{\circ}\text{C}$ 、平均 28.7°C で、 $6.7^{\circ}\text{C}\sim 11.1^{\circ}\text{C}$ 、平均 8.9°C の低下を來した。2 時間では $23.4^{\circ}\text{C}\sim 28.3^{\circ}\text{C}$ 、平均 25.7°C で、 $9.1^{\circ}\text{C}\sim 14.3^{\circ}\text{C}$ 、平均 11.9°C の低下を示した。2 時間 30 分では $20.9^{\circ}\text{C}\sim 26.5^{\circ}\text{C}$ 、平均 22.8°C で同じく低温曝露前に比し $11^{\circ}\text{C}\sim 17.5^{\circ}\text{C}$ 、平均 14.8°C の低下を示した。此の期に引續いて No. 16 は 2 時間 45 分腹温 19.9°C で、No. 15 は 2 時間 50 分腹温 19.6°C で夫々死亡した。次に 3 時間では $18.8^{\circ}\text{C}\sim 24^{\circ}\text{C}$ 、平均 20.9°C で、 $13.5^{\circ}\text{C}\sim 19.3^{\circ}\text{C}$ 、平均 16.7°C の低下を示した。此期に引續いて死を來したものが多い。即ち No. 14 は 3 時間 5 分腹温 20.4°C で死亡し、3 時間 10 分では No. 17, No. 19, No. 20 の 3 例が腹温各々 20.9°C 、 19.2°C 、 20.2°C で死亡した。No. 21 は 3 時間 15 分、腹温 14.6°C で、又 No. 11 は 3 時間 20 分、腹温 21.2°C でそれぞれ死亡した。

全例の死亡時間は 2 時間 45 分 \sim 3 時間 20 分、平均 3 時間 6 分である。此の際の腹温は $14.6^{\circ}\text{C}\sim 21.2^{\circ}\text{C}$ 、平均 19.2°C である。

2) 脳温の消長

脳温は低温曝露直前には $36.0^{\circ}\text{C}\sim 37.1^{\circ}\text{C}$ 、平均 36.5°C で腹温に比し平均 1.1°C 低いが、低温曝露直後には腹温に比し極めて急激に下降する。即ち低温曝露 10 分では既に $31.2^{\circ}\text{C}\sim 35.3^{\circ}\text{C}$ 、平均 30.5°C で 4.5°C 。1 時間では $25.1^{\circ}\text{C}\sim 30.6^{\circ}\text{C}$ 、平均 26.6°C で 5.3°C 。1 時間 30 分では $21.8^{\circ}\text{C}\sim 27.6^{\circ}\text{C}$ 、平均 23.4°C で同じく 5.3°C 。2 時間では $19.5^{\circ}\text{C}\sim 25.1$

°C, 平均 21.3°C で 4.4°C. 2 時間 30 分では 15.3°C~21.0°C, 平均 17.0°C で 5.8°C. 3 時間では 11.9°C~17.3°C, 平均 14.1°C で略; 6°C 腹温に比し低下してゐる.

3) 直温の消長

低温曝露直前の直温は 36.1°C~37.2°C, 平均 36.6°C で略; 脳温に近い. 脳温と同様低温曝露直後急激に低下し, 以後腹温脳温兩曲線の間にあつて, 之等と全く平行して漸進的に減少を示した. 即ち 30 分では 30.1°C~31.7°C, 平均 31.0°C で脳温に比し 0.5°C. 1 時間では 26.9°C~28.9°C, 平均 28.0°C で脳温に比し 1.4°C. 1 時間 30 分では 23.0°C~26.1°C, 平均 25.2°C で 1.8°C. 2 時間では 20.5°C~23.8°C, 平均 22.3°C で 1°C. 2 時間 30 分では 17.4°C~20.6°C, 平均 18.7°C で 1.7°C 夫々脳温に比し高温を示した. 3 時間では既に死亡したもの 2 例あるが 15.6°C~17.2°C, 平均 16.3°C で脳温に比し略; 2°C 高くなつてゐる. 死亡時直温も 13.7°C~19.2°C, 平均 15.7°C で脳温に比し 3°C 高く腹温に比し 3.5°C 低くなつてゐる.

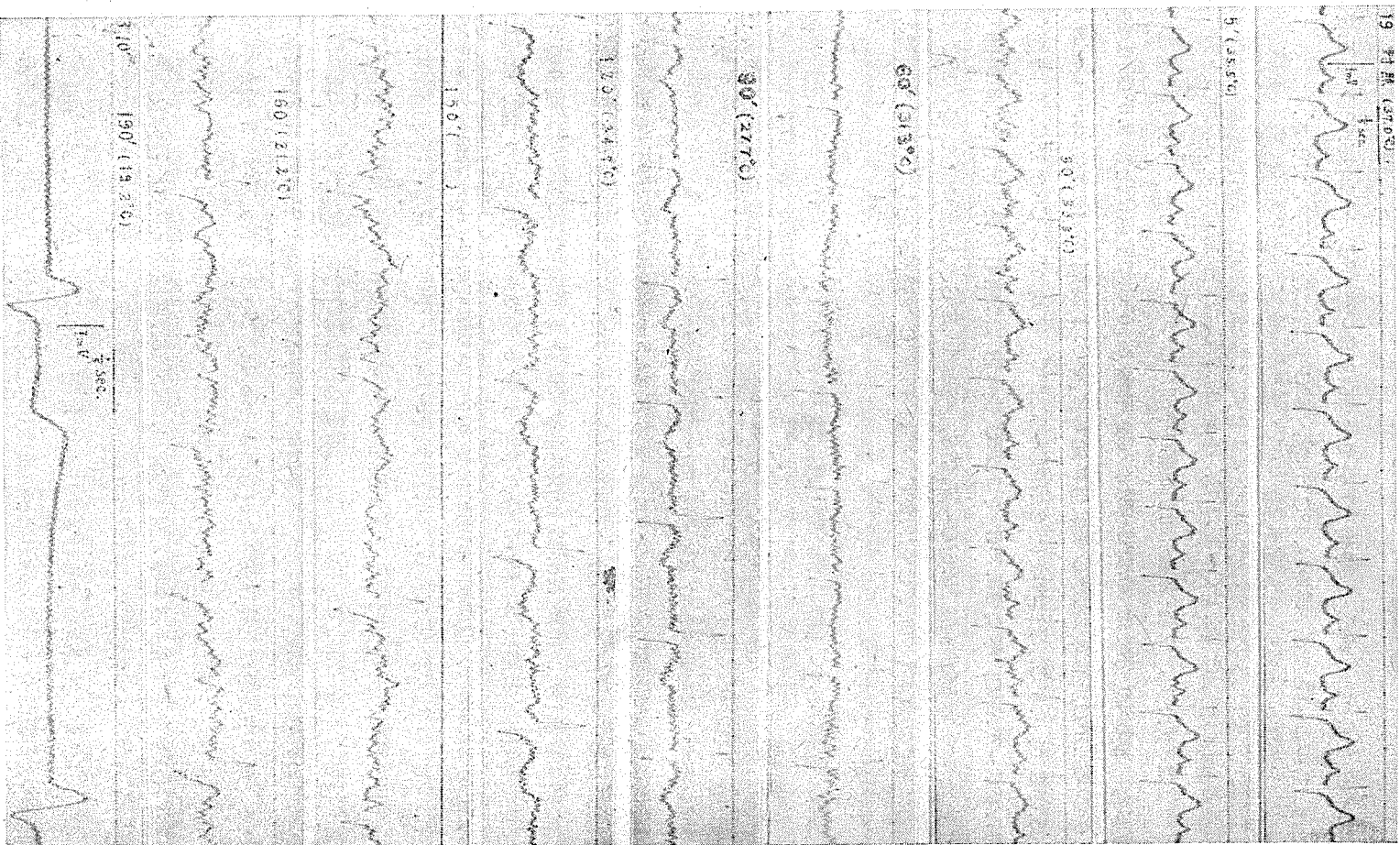
心電圖の所見について (第 2 圖, 第 3 圖, 第 10 表参照)

1) 心搏動數 \overline{RR}

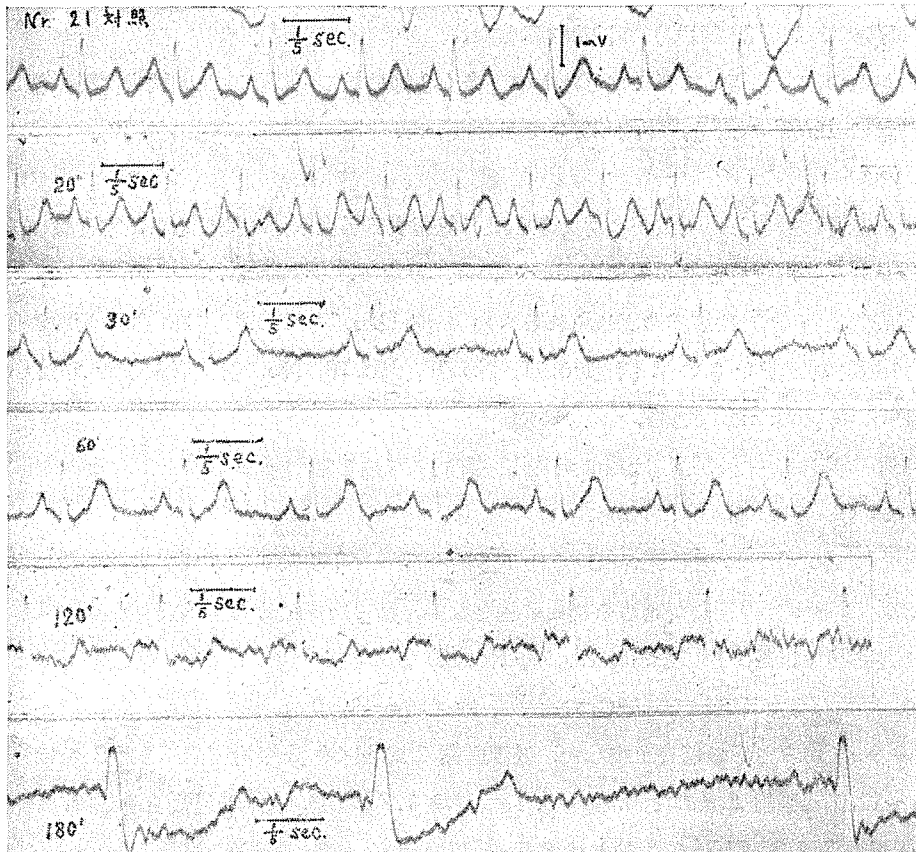
心搏動數は心電圖により求めた. 一般には \overline{PP} 間を以て表はすが, 本實驗では末期に P の消失不明を來すことを考慮して \overline{RR} 間を用ひて計算した.

先ず各例に就いて低温曝露直前の \overline{RR} を見ると 22.5 σ ~33.0 σ で全例平均 26.8 σ , これを心搏動數に見るに 267/分~182/分, 平均 227/分であつた. 低温曝露直後 No.21 を除き何れも短縮の傾向を示した. 殊に No.15 は例外的に 30 分も短縮を持続した故, 残りの 7 例について見ると短縮の最高は 20 秒~5 分, 平均 3 分 6 秒である. 此の期の \overline{RR} は 21.5 σ ~28.4 σ , 平均 24.3 σ で, 低温曝露直前に比し 2.5 σ の短縮を見た. 心搏動數にして 3~32, 平均 18 (7.93%) の増加を示してゐる. 其後 10 分~45 分, 平均 25 分で再び略; 曝露直前の値に復し, 其の後死に至るまで \overline{RR} の延長即ち心搏動數の漸進的減少を示した. 即ち前記のやうに低温曝露により一過性であるが腹温の上昇と心搏動數の増加を示してゐる. 此の腹温の上昇と心搏動數の増加の關係を見るに, 全 9 例中, 心搏動數の増加は No.21 を除いて何れも認められる. 此の中腹温の上昇を來さないものが No.11, No.15, No.19 の 3 例あつた.

即ち腹温上昇と心搏動數の増加を來した 5 例に就いて此の關係を求めると, 心搏動數の増加が腹温の上昇より先に始まるもの 2 例 (No.14, No.18), 腹温の上昇が心搏動數の増加より先に始まるもの 2 例 (No.17, No.20) で兩者同時に出現するもの No.16 であつた. 又腹温上昇は認められるが心搏動數の増加を示さぬもの 1 例 (No.21) があつた. 即ち以上のやうに低温曝露による腹温の一過性上昇開始と相前後して心搏動數は増加し始め, 腹温上昇の最高時即ち 48 秒に遅れること 2 分 18 秒で最高に達し, 其後腹温の恢復に遅れること 22 分 52 秒



第 2 圖 凍死過程の心電圖 (No.19)



第3圖 凍死過程の心電圖 (No.21)

で曝露直前の値に戻つてゐる。此の事實は寒冷刺激が腹温並に心臓へ各、異つた反應を現すためと考へられ極めて興味ある成績と云ふことが出来る。

低温曝露 30 分平均腹温 35.1°C では全 9 例中 7 例に於て $\overline{\text{RR}}$ は延長を示した。即ち $46.5\sigma \sim 23.2\sigma$, 全例平均 29.2σ で、心搏動數にして 129/分 \sim 259/分, 平均 213/分で 14 (6.2%) の減少を示した。低温曝露 1 時間平均腹温 31.9°C では $\overline{\text{RR}}$ は $38.0\sigma \sim 26.5\sigma$, 平均 31.7σ で心搏動數にして 156/分 \sim 227/分, 平均 192/分で 35 (15.4%) の減少を示した。低温曝露時間 1 時間 30 分平均腹温 28.7°C では No.19, No.21 に洞性不整脈が出現したので、残る 7 例について見ると $\overline{\text{RR}}$ は $53.0\sigma \sim 33.3\sigma$, 平均 40.2σ で心搏動數にして 113/分 \sim 181/分, 平均 152/分で 75 (33%) の減少を示した。

低温曝露 2 時間平均腹温 25.7°C では全 9 例中 7 例に洞性不整脈出現し、 $\overline{\text{RR}}$ は一般に規則性を失ひ心搏動數は區々で正確を期し得ないが大要は次の如くである。即ち $\overline{\text{RR}}$ は $29.3\sigma \sim 70.5\sigma$ で心搏動數にして 85/分 \sim 205/分, 平均 118/分で 109/分 (48%) の減少を示した。

低温曝露 2 時間 30 分平均腹温 22.8°C では此の関係は更に著しく、心搏動数は 55/分~96/分、平均 81/分 で 146/分 (64%) の減少を示した。

其の後此の期に引續いて死を來したものが多く心搏動数の不規則性並に減少は更に著しく、心搏動数は 12/分~54/分、平均 23/分で死を來した。

2) $\overline{\text{PQ}}$

此は静脈竇に發生した刺戟が心房より心室に傳達する房室傳達時間である。本實驗に於ける成績を見るに低温曝露直前の値は $5.5\sigma\sim 8.5\sigma$ 、平均 7.1σ である。

低温曝露直後 $\overline{\text{PQ}}$ は短縮の認められるもの 3 例 (No.14, No.19, No.20)、短縮が極めて軽度で判定の困難なもの 4 例 (No.11, No.15, No.16, No.17)、短縮を示さないもの 2 例 (No.18, No.21) である。

然し乍ら何れも一定時間後は死に至る迄一方的に延長を來すのが常である。此の時間は略 5 分~15 分、平均 23 分であつた。

低温曝露 30 分平均腹温 35.1°C では $5.5\sigma\sim 8.5\sigma$ 、平均 7.3σ で低温曝露直前に比し僅に 0.2σ (2.8%) の延長が認められたに過ぎない。即ち尙短縮せるもの 1 例 (No.11) 變化せざるもの 4 例 (No.14, No.15, No.16, No.18) で、残り 4 例に於て僅に延長が認められた。低温曝露 1 時間平均腹温 31.9°C では $\overline{\text{PQ}}$ は $6.4\sigma\sim 10.0\sigma$ 、平均 8.0σ で $0.5\sigma\sim 1.5\sigma$ 、平均 0.9σ (12.7%) の延長を來した。低温曝露 1 時間 30 分平均腹温 28.7°C では $\overline{\text{PQ}}$ は $7.0\sigma\sim 11.0\sigma$ 、平均 8.8σ で $0.7\sigma\sim 3.0\sigma$ 、平均 1.7σ (23.9%) の延長を示した。低温曝露 2 時間平均腹温 25.7°C では $\overline{\text{PQ}}$ は $8.5\sigma\sim 11\sigma$ 、平均 9.3σ で低温曝露直前に比し $2.0\sigma\sim 4.0\sigma$ 、平均 2.7σ (38%) の著しい延長が認められた。低温曝露 2 時間 30 分平均腹温 22.8°C では既に P 波は不明消失を來した爲 $\overline{\text{PQ}}$ の算出不能のもの 2 例 (No.15, No.17) あり、残り 7 例の $\overline{\text{PQ}}$ は $10.5\sigma\sim 14.0\sigma$ 、平均 12.6σ で $4.5\sigma\sim 7.0\sigma$ 、平均 5.5σ (77.5%) の更に著しい延長を來した。低温曝露 3 時間平均腹温 20.9°C では既に死亡したもの 2 例 (No.15, No.16) あり、P 波の不明なもの 2 例 (No.14, No.20)、寫眞の缺除したもの 1 例 (No.19) あり、残り 4 例に於ては $\overline{\text{PQ}}$ は $12\sigma\sim 15\sigma$ 、平均 13.3σ で低温曝露直前に比し 6.2σ (87.3%) と更に著しい延長が認められた。

3) $\overline{\text{QRS}}$

此れは心室中の興奮傳達時間に相當し初期動搖と云ふ人もある。本實驗に於ける低温曝露直前の $\overline{\text{QRS}}$ 間隔は $3.0\sigma\sim 5.0\sigma$ 、平均 3.9σ であつた。

低温曝露直後に於ける $\overline{\text{QRS}}$ 間隔の消長を見ると餘り明らかな減少を示さず一定時間後凍死に至る迄一方的に延長を來した。此の時間は 10 分~30 分、平均 14 分であつた。低温曝露 30 分では $\overline{\text{QRS}}$ は $3.2\sigma\sim 5.0\sigma$ 、平均 4.2σ で 0.3σ (7.7%) 延長を見た。低温曝露 1 時間では

$\sigma \sim 5.7\sigma$, 平均 4.5σ で 0.6σ (15.4%) の延長, 1 時間 30 分では $4.0\sigma \sim 6.0\sigma$, 平均 5.1σ で低温曝露直前に比し, 1.2σ (30.8%) 明らかな延長を示した. 更に低温曝露 2 時間では \overline{QRS} は $5.0\sigma \sim 8.0\sigma$, 平均 6.7σ で 2.8σ (71.8%) の明らかな延長を, 2 時間 30 分では $8\sigma \sim 13\sigma$, 平均 9.6σ で曝露直前に比し 5.7σ (146.1%) の延長を示した. 低温曝露 3 時間では既に死亡したもの 2 例寫眞の欠除したもの 1 例があり, 残り 6 例について見ると \overline{QRS} は $8.5\sigma \sim 14\sigma$, 平均 12.1σ (310.1%) で低温曝露直前の略: 3 倍の著しい延長を示してゐる.

4) \overline{QT}

\overline{QT} 間隔は一般に心室の興奮持続時間と解せられてゐる. 本實驗に於ける低温曝露直前の \overline{QT} は $14.0\sigma \sim 18.0\sigma$, 平均 15.6σ であつた. 低温曝露直後は全 9 例中 8 例に於て軽度ながら短縮が認められ, \overline{RR} の短縮を來さない No. 21 に於てのみ短縮は見られなかつた. 然し いづれも一定時間後低温曝露直前の値に戻り, 引續き死に至る迄一方的に延長を來した. 此の時間は 5 分~20 分, 平均 15 分であつた. 即ち \overline{RR} の消長と略: 一致する所見である. 低温曝露 30 分では \overline{QT} は $14.5\sigma \sim 18.5\sigma$, 平均 16.1σ で低温曝露直前に比し 0.5σ (3.2%) 延長, 1 時間では $15.5\sigma \sim 20.0\sigma$, 平均 17.2σ で 1.6σ (10.3%) の延長を來した. 低温曝露 1 時間 30 分以後は洞性不整脈が出現し \overline{QT} も區々であるが, その大要を示すと次のようである. 先ず 1 時間 30 分では $16.8\sigma \sim 23.0\sigma$, 平均 19.1σ で 3.5σ (22.4%) の延長を來し, 2 時間では $21.0\sigma \sim 28.0\sigma$, 平均 24.1σ で 8.5σ (54.5%) の著しい延長が認められた. 低温曝露 2 時間 30 分で \overline{QT} は更に區々で正確は期し難いが略: $26.0\sigma \sim 32.0\sigma$, 平均 29.8σ で 14.2σ (91.0%) の延長即ち低温曝露直前の略: 2 倍の延長を示してゐる. 低温曝露 3 時間では既に死亡したもの, T 波の不明, 消失を來したものがあり, 残り 5 例に就いて見ると \overline{QT} は $33.0\sigma \sim 42.0\sigma$, 平均 38.0σ で一層著しい延長を來した.

5) \overline{ST} , T 波

S の終りより T の始め迄の直線又は曲線の部分を中間部と呼ぶ人もあるが, 本實驗に於ては \overline{ST} と呼び其の形狀の變化のみを記載した. 此の \overline{ST} と T 波は極めて密接な關係を以て消長するので兩者を共に記述する.

先ず低温曝露直前の T 波の波高は $0.13\text{ mV} \sim 0.66\text{ mV}$, 平均 0.35 mV である. 低温曝露直後は \overline{ST} , T 波には大した變化はないが, 低温曝露 10 分~30 分で T 波の軽度の減少を示したものが 5 例 (No. 11, No. 15, No. 16, No. 17, No. 19) あつた. 残りの 4 例は 1 時間 30 分迄極めて僅かに増加の傾向を示すが, 其の後漸次明らかに減少するのが認められた. 低温曝露の 1 時間 30 分平均腹温 28.7°C では \overline{ST} は No. 14, No. 17 はやゝ下降の傾向を示し No. 11 には稍: 下降が認められた. T 波の波高は著しく減少し $0.04\text{ mV} \sim 0.77\text{ mV}$, 平均 0.22 mV で低温曝露直前に比し, 0.13 mV の減少を示した. 殊に No. 16, No. 17, No. 19

には平低化が認められた。低温曝露 2 時間平均腹温 25.7°C では $\overline{\text{ST}}$ は稍、下降が 4 例、下降が 4 例認められた。此の形は Korth の所謂盆状型と肥大型の中間型と看做すべき形状で R の下降脚と $\overline{\text{ST}}$ とは鋭角を示すものが多くみられた。この爲に T 波は種々の所見を示し No. 11, No. 17, No. 20 は明に平低化し No. 15, No. 16, No. 21 は二相性となり No. 19 は逆轉を示した。残る No. 14, No. 18 は波高の縮少を示した。低温曝露 2 時間 30 分、平均腹温 22.8°C では $\overline{\text{ST}}$ は No. 17 だけが稍、上昇を示す外は何れも下降を示した。其の形は前述の様であるが、No. 21 には Korth の所謂盆状下降が認められた。T 波の所見は更に區々で No. 11 は痕跡、No. 14 は平低化、他は何れも逆轉或ひは二相の所見を示してゐる。低温曝露 3 時間平均腹温 20.9°C では既に死亡したものが 2 例ある。No. 17 だけは依然として $\overline{\text{ST}}$ の上昇が認められ他はすべて著明な下降を示した。此の期に於ては No. 21 のみならず No. 20 にも所謂盆状下降が認められた。T 波に就いて見ると No. 11 は逆轉し No. 14 は不明となり、他の全例は前記同様逆轉或は二相の所見を示した。

6) R 波

R 波高の變化は心臓の位置並に呼吸運動等により常に大きな影響を受けるものである。殊に本實驗の様に家兎を用ひた場合は動物を固定しておいても實驗中に暴れるために波高に變化を來すことがあるのは周知のことである。従つて記載に當つては此の點に留意し、3 呼吸間の平均値を示したものである。

本實驗に於て低温曝露直前の R 波高は $0.89\text{mV}\sim 1.92\text{mV}$ 、平均 1.32mV である。

低温曝露直後より 5 分以内に R 波高は何れも軽度ながら増加の傾向が認められ、以後死に至る迄漸進的に明らかな増加が認められる。

低温曝露 30 分では R 波高は $0.89\text{mV}\sim 2.12\text{mV}$ 、平均 1.50mV で低温曝露直前の値に比し 0.18mV (13.6%) の増加を示した。低温曝露 1 時間では $1.10\text{mV}\sim 2.17\text{mV}$ 、平均 1.63mV で 0.31mV (23.5%) の増加を示した。此の頃即ち 1 時間から 1 時間 30 分の間で凍死経過中の最大値を示した 3 例 (No. 19, No. 20, No. 21) が認められた。低温曝露 1 時間 30 分では $1.10\text{mV}\sim 2.33\text{mV}$ 、平均 1.68mV で前時と大差はない。低温曝露 2 時間では $1.07\text{mV}\sim 2.50\text{mV}$ 、平均 1.77mV で凍死経過中の平均値の最大を示してゐる。然し No. 17, No. 18 は未だ最大値に達せず、前記 No. 19, No. 21 は既に最大値を過ぎて減少を示してゐる。此の時期より R 波の頂上のやゝ扁平化が認められる (No. 18 を除き全例)。低温曝露 2 時間 30 分では R 波高は $0.94\text{mV}\sim 2.4\text{mV}$ 、平均 1.46mV で低温曝露直前に比し 0.14mV (10.6%) の増加を示してゐる。然し乍ら前 2 時間の R 波高に比し 0.3mV の減少を示してゐる。此の時期には R 波の頂上は益々明らかに扁平となり QRS 群の型は軽度ながら變形を來したものが多し。低温曝露 3 時間では R 波高は $0.53\text{mV}\sim 2.33\text{mV}$ 、平均 1.51mV で、尙低温

曝露直前に比し 1.9mV の増加を示してゐるが、前 2 時間の波高に比し 0.26mV の減少を示してゐる。且 QRS 群に著明な變化が見られた。

7) P 波

心房の興奮を表はすものが P 波である。本實驗即ち家兎の第四誘導に於て低温曝露直前の P 波高は 0.16mV~0.46mV, 平均 0.31mV で比較的尖頂のものが多い。低温曝露直後波高には餘り大きな變化は見られなかつた。即ち 5 例 (No. 14, No. 15, No. 18, No. 20, No. 21) に於ては、10 分以内に軽度ながら増加が見られた。例外的 No. 14, No. 21 に於ては略、1 時間 30 分増加が持續された。他の例に於ては殆んど増加は見られない。何れの例に於ても體温の降下に伴つて漸次波高は減少し、平低痕跡或は消失して死に至つた。低温曝露 30 分では軽度乍ら未だ P 波高の増加を持續するもの 3 例 (No. 14, No. 20, No. 21) あり、0.24mV~0.50mV, 平均 0.40mV で低温曝露直前に比し 0.06mV の増加の傾向を示した。反對に減少を示したもの 3 例 (No. 11, No. 17, No. 19) あり、0.17mV~0.33mV, 平均 0.27mV で 0.05mV の減少の傾向を示した。残り 3 例は未だ變化を示さなかつた。低温曝露 1 時間では前記 P 波高の増加を持續する 3 例は未だ減少を示さない。他の 5 例は減少し 1 例は未だ變化を示さない。低温曝露 1 時間 30 分では前記 No. 14, No. 21 に於て尙増加が認められた。他は何れも明らかに減少を示した。即ち低温曝露直前に比し 0.03mV~0.13mV, 平均 0.09mV の減少を示してゐる。低温曝露 2 時間では P 波高は全例に於て減少を來し、0.05mV~0.36mV, 平均 0.14mV で低温曝露直前に比し略、半分に減少した。尙 No. 21 では P 波の逆轉が認められた。低温曝露 2 時間 30 分では P 波の不明、又は消失を來したもの 2 例 (No. 15, No. 17) あり、逆轉したもの 1 例 (No. 14), 分裂したもの 1 例 (No. 11) あり、残りは何れも平低或ひは痕跡的存在であつた。此の期に引續いて死亡したものは 2 例 (No. 15, No. 16) である。低温曝露 3 時間では No. 11 は依然分裂を示し、其の他は消失或ひは不明、或は痕跡を留めたに過ぎない。

8) S 波

本實驗に於て低温曝露直前の S 波高は 0.13mV~0.88mV, 平均 0.37mV である。低温曝露直後 S 波高には餘り大きな變化は見られなかつた。低温曝露 30 分では未だ變化を示さないものが 2 例 (No. 11, No. 14) で減少を示したものが 1 例 (No. 17) であつた。他の 6 例は軽度ながら増加を示した。即ち 0.13mV~0.88mV, 平均 0.40mV で低温曝露直前に比し 0.03mV の増加の傾向を示した。低温曝露 1 時間では前記減少を示した No. 17 は曝露前の値に復し、他の全例は増加を示した。即ち 0.21mV~0.94mV, 平均 0.46mV で 0.09mV の増加を示してゐる。低温曝露 1 時間 30 分では 0.21mV~0.94mV, 平均 0.48mV で殆んど前期に等しいが、此の時期には全 9 例中 4 例に \overline{ST} の軽度の下降が出現してゐる。低温曝露 2

時間では 0.21 mV~1.00 mV, 平均 0.52 mV で低温曝露直前に比し 0.15 mV の明らかな増加を示した。此の期に於て R 波高平均値は最高値に達し以後減少を示すが, S 波高は之と異り死に近づくに従つて増加の所見を示すものが多い。即ち低温曝露 2 時間 30 分では 0.33 mV~1.20 mV, 平均 0.64 mV で低温曝露直前に比し略: 2 倍になつた。低温曝露 3 時間では死亡したもの, 寫眞の欠除したものを除き 6 例に就いて見ると, S 波高は 0.17 mV~1.30 mV, 平均 0.68 mV で更に増加を示してゐる。かくて S 波高は心搏數の停止に近づくに従ひ低温曝露直前の略: 3 倍に増加するものが多く認められた。

9) 不整脈

最後の凍死過程に於て常に出現する心電圖の變化に不整脈がある。出現時間は 1 時間 30 分~2 時間 15 分, 平均 1 時間 53 分, 腹温 23.4°C~29.6°C, 平均 26.5°C である。此の期には心電圖の所見は比較的輕微で, 唯僅に \overline{RR} の不規則性が認められるに過ぎない。之は呼吸との關係は認め難くその頻度も少く, 又 \overline{RR} 間の不規則性も輕度である。且 \overline{RQ} , \overline{QRS} , \overline{QT} の延長も比較的少く, P, \overline{QRS} , T 等各波の連繫は整然としてゐる。即ち之は洞性不整脈と看做すべき所見である。此の洞性不整脈は出現の初期には 10 秒毎に 1 個, 稀に 2 個で其の頻度は極めて僅である。低温曝露 2 時間 15 分以後に於ては全例に此の所見が認められ, 且頻度は 80%~100% になつてゐる。尙特に注意を惹くことは此の洞性不整脈に前驅して T 波の平低化, \overline{ST} の極く輕度の下降の所見が認められる。之に引續いて更に明らかな \overline{ST} の下降, T 波の逆轉, 或は二相, \overline{ST} の盆狀下降, T 波の消失, P 波の分裂逆轉或は消失, R 波の扁平等重篤な心電圖の變化が附隨することである。低温曝露 2 時間 30 分, 平均腹温 22.8°C, 腦温 17°C では不整脈は殆んど連續出現し心搏數の算出も正確を期し難く, 著明な不整徐脈が續くが No. 17 では一時心室性期外收縮が認められた。此の期に引續き心室自動の型で死亡したもの 1 例 (No. 15), 洞性不整脈の型で死亡したもの 1 例 (No. 16) があつた。其の他の各例では不整徐脈は一層顯著になつてくるが最後に No. 11, No. 19, No. 21 は心室自動の型で 4 例は洞性不整脈の型で心搏數の停止を來した。

總括並に考按

以上のやうに略: -40°C の低温環境に置いた家兔の凍死過程の各期に於ける腹温, 直温, 並に腦温を觀察すると同時に, 詳細に撮影した心電圖の成績を總合すると次のやうである。

體温は熱電對を用ひて測定し特に外界の温度を避ける様に工夫した。

先づ腹温について見ると, 腹温並に腦温は低温曝露の極く初期に, 一過性の極めて僅の上昇が見られるがその後は第 1 圖に示すやうに, 腹温では何等特徴を示さず略: 直線的に下降し略: 19.2°C, 3 時間 6 分で死亡した。此の初期に於ける温度の上昇は緒方⁽⁵⁾ の報告に一致

するもので氏は人に於て、伊藤⁽⁶⁾は家兎に於て此の事實を報告してゐる。

腦温は腹温とはかなり様子が異り低温曝露の直後に急激に低下し、10分以後は腹温に比し略、 5°C の温度差で殆んど腹温と平行して低下し、略、 13°C で死に至つた。即ち腦温は低温曝露の初期から腹温に比し略、 5°C の低温を保持して終始したことは特に注目すべき所見である。

直温については今日まで大多數は「アルコール」温度計を以つて實驗を行つてゐるのでと熱電對との關係を追及せんとして試したものである。實驗方法に記載したやうに、使用した温度計は直径0.7cm長さ30cmで略、 $1/4$ 、即ち8cmを挿入して直温を測定した。即ち第1圖に示す様に低温曝露直後より明らかに低下し、略、腦温の線に接近し腹温よりは常に低い温度を示した。此のことは極度の低温環境では温度計の露出部が冷却されるために測定温度に誤差を生じ易いことを示すもので、凍死の實驗を行ふ場合には大いに注意を要する點であると考えられる。

先ず -40°C の低温室に背位に固定した家兎を極めて靜かに且手早く誘導すると、第一に起る變化、即ち寒冷による所謂生體反應として全9例中6例に、一過性の腹温上昇を來した。この上昇は略、30秒より初まり48秒で最高に達した。この時上昇温度は 0.2°C であつた。これが略、2分8秒で低温曝露直前の値に戻つてゐる。其の後體温は前述の如く漸進的に低下を示した。

これと同時に心電圖に於ては低温曝露20秒から9例中8例に於て \overline{RR} の短縮、即ち心搏動數の増加が認められた。それが略、3分6秒で、低温曝露直前の値に戻つてゐる。腹温の一過性上昇と \overline{RR} の短縮との關係をみると温度の上昇は極めて輕度且短時間であつたが、心搏動數の増加はこれより可成り長い間認められた。そして心搏動數の増加を示しながら温度の上昇しないもの3例(No.11, No.15, No.19)、心搏動數の増加なく温度の上昇したもの1例(No.21)で温度の上昇と共に心搏動數の増加したものは残る5例である。この5例について温度の上昇と心搏動數の増加の關係を見ると心搏動數の増加におくれて温度上昇を來したものの2例、これとは全く反對のもの2例、兩者同時に出現したもの1例で出現時期に關しては一定の關係は求められなかつた。

\overline{PQ} 、 \overline{QT} との關係は略、 \overline{RR} のそれと同じやうであつた。即ち \overline{PQ} は極めて僅かながら短縮の傾向を示すものが多く、 \overline{QT} は1例を除き輕度ながら減少を示し、15分で低温曝露直前の値に戻つた。

以上のやうに生體反應は何れの場合も比較的早く低温曝露直前の値に戻つてゐる。且最も遅いのは \overline{RR} でこれも略、2~3分に戻つてゐる。

以後腹温が略、 28.7°C 、即ち低温曝露1時間30分に至る間心搏動數は30分で213/分、

1 時間で 192/分, 1 時間 30 分で略; 152/分 (2 例に於て洞性不整脈出現) で各; 曝露前の値に比し 6.2%, 15.4%, 33% と明らかに減少を示した。

之に對應して \overline{PQ} に於ては 30 分で 7.3σ , 1 時間で 8σ , 1 時間 30 分で 8.8σ と各々 2.8%, 12.7%, 23.9% の延長を來した。 \overline{QRS} も 30 分で 4.2σ , 1 時間で 4.5σ , 1 時間 30 分で 5.1σ と各々 7.7%, 15.4%, 30.8% の延長を來したが心電圖には餘りはつきりした病的所見は出現しなかつた。僅に P 波高, T 波高の變化が認められたに過ぎない。即ち P 波に於ては低温曝露 30 分に於ては平均 0.06mV の増加を示したものの 3 例, 0.05mV の減少を示したものの 3 例で残る 3 例は未だ變化が認められなかつた。低温曝露 1 時間に於ては減少したものの 5 例であつた。1 時間 30 分に於ては殆んど何れも明らかに減少し平均 0.25mV で 0.06mV の減少を示した。

T 波に於ては低温曝露 30 分で軽度ながら減少したものの 5 例で略; 0.1mV の減少を示した。残る 4 例は略; 0.07mV の増加を示した。1 時間に於ては前記減少した 5 例は更に減少し, 増加を示せる 4 例は前記 30 分のそれと同値を示した。1 時間 30 分に於ては T 波は著しく減少, 或は平低化を來したものの 6 例あり, 低温曝露直前の値に比し尙軽度ながら増加してゐるもの 3 例が見られた。

此の寒冷刺戟による P 波, T 波の變化に就いては既に諸家の報告がある。即ち Meyer-Schrette⁽⁷⁾ は海水浴により P 波の減少と T 波の不定を認め Wilson u. Finch⁽⁸⁾ は 4.0°C ~ 6.0°C の氷水を飲ませて T_2 上昇, T_3 陰性化を認めてゐる。村田⁽⁹⁾ は -3°C ~ -5°C の冷蔵庫を用ひて家兎の心電圖を追及し PV, TV の減少を報告してゐる。

1 時間 30 分, 腹温略; 28.7°C , 直温略; 25.2°C に至つて初めて心電圖に認むべき變化が出現した。即ち \overline{ST} は軽度の下降を來した。T 波の逆轉は未だ認められなかつたが P 波高, T 波高は共に明らかに減少の傾向を示した。又 \overline{RR} , 即ち心搏動数は 152/分で 33% の減少を示した。此れに對應して \overline{PQ} , \overline{QT} , \overline{QRS} の延長も明らかに認められた。

此の期に引續き洞性不整脈が出現した。即ち略; 1 時間 53 分 ($1^{\circ}30'$ ~ $2^{\circ}15'$), 腹温にして略; 26.5°C (23.4°C ~ 29.6°C) であつた。其の頻度は 10 秒間に 1 箇稀に 2 箇を示す極めて僅かなものであつた。然しながら詳細に追及すると軽度ながら \overline{ST} , T の變化等, 病的所見がこれに前驅して刺戟生成障碍の出現を示してゐる。

2 時間, 腹温略; 25.7°C , 直温略; 22.3°C に於ては \overline{ST} は更に下降しその形は Korth の所謂盆狀型と肥大型の中間型を示してゐる。従つて T 波は種々の型を示した。即ち著明に波高の減少を來したものの 2 例, 更に減少し平低化したものの 3 例, 二相性 3 例, 逆轉したものの 1 例である。P 波も此の期に於ては全例とも更にその波高を減少し 0.07mV ~ 0.33mV 平均 0.17mV で低温曝露直前の半に達した。 \overline{RR} をみるに全例に於て洞性不整脈出現し心搏動數

は全く區々であつたが何れも減少著しく略、118/分を算した。 \overline{PQ} , \overline{QT} , \overline{QRS} の延長は益、著しく夫々低温曝露直前の略、1.5 倍に達してゐる。

低温曝露 2 時間 30 分、腹温略、22.8°C、直温略、18.7°C に於て、 \overline{ST} は上昇した 1 例を除いて他は何れも下降を來し、その 1 例に於ては Korth の所謂盆狀型が認められた。T 波は此の期に於て更に區々な所見を示し平低化、或は消失したもの、或は逆轉したもの、二相性のもの等दै波高の減少だけに留まるものはなかつた。此の期に於ては P 波の變化も著しく、既に消失したもの、逆轉したもの、分裂したものと各々一例あり、他は皆痕跡的存在であつた。 \overline{RR} 、即ち心搏動數を見ると洞性不整脈は更に明らかになり 1 例に於て心室性期外收縮が見られた。心搏動數は區々であるが著明に減少し僅に 81/分を算するに過ぎない。之に對應して \overline{PQ} , \overline{QT} , \overline{QRS} の延長も極めて著しく \overline{QRS} 群の變形もやゝ明らかとなり所謂心筋障時時の所見が認められた。此の期に引續いて 3 時間に至る間に 2 例の死亡があつた。

低温曝露 3 時間、腹温略、20.9°C、直温略、16.3°C、腦温略、14.1°C に於ては依然 \overline{ST} の上昇を繼續する 1 例あり、他は皆著明な下降を示し、特に盆狀下降は 1 例増加出現した。T 波に就いては前に消失してゐた 1 例は逆轉し、其の他は前記同様逆轉、或は二相性であつた。P 波は僅に痕跡をとゞめるもの、痕跡的存在で分裂するもの、或は消失不明のもの等其變化は益々著明であつた。 \overline{RR} をみると心搏動數は益々減少し全く洞性不整脈、或は心室自動連續し心筋障時の所見は益々明らかになつた。死亡への移行は洞性不整脈からのもの 5 例あり、心室自動で死亡したもの 4 例であつた。何れの場合も呼吸並に腦波は心搏動停止に先んじて消失した。寫眞の撮影は心搏動數略、20/分 で中止したが心搏動數完全停止迄には尙 10 分~17 分平均 14 分を要した。

以上のやうな心電圖の所見から凍死過程を考察すると先ず低温曝露直後に腹温、腦温の一過性上昇と心搏動數の増加が認められた。且此の時期に於ては同僚田中⁽¹⁰⁾ の成績によれば腦波は急激に且著しくその電壓を減じ所謂 α 波は消失し 6 Herz/秒、前後の所謂 δ 波が相當の連續度を以て出現する。此の事實は寒冷刺戟による生體反應と看做すべきもので略、3 分で終結する。

寒冷刺戟と心搏動數の關係に就いては多數の報告がある。何れも寒冷刺戟によつて心搏動數の減少することを報告してゐる。即ち Andreas Hachenberg⁽¹¹⁾、和田⁽¹²⁾ は冷水を體表に適用し或は胃に注入して寒冷刺戟の初めには心搏動數の増加を認めてゐる。Hachenberg は此の初めの心搏動數の増加は迷走神經の緊張性の低下によるもので、直温略、35°C 以下では心搏動數は減少すると報告してゐる。尙同氏は迷走神經を切斷しても心搏動數に變化を認めないことから此の心搏動數の減少の原因は主として迷走神經の興奮性によるものではなく、心臟の刺戟生成部位に對する寒冷刺戟の直接の影響であらうと云つてゐる。

其の後低温曝露 45分 ~90 分, 腹温略: $33^{\circ}\text{C}\sim 29^{\circ}\text{C}$, 脳温略: $28^{\circ}\text{C}\sim 24^{\circ}\text{C}$ に於ては同僚田中の成績によれば, 脳波は著しくその電圧を減じ僅に基線の動揺として認められるに過ぎない。

然るに心臓に於ては低温曝露の 1 時間 30 分に至つて初めて $\overline{\text{ST}}$, T の軽度の下降變形等, 軽度ながら心臓の機能障害を想はせる所見の出現する迄は單に體温の低下に附隨して $\overline{\text{RR}}$ の延長が認められ且つ之に對應して $\overline{\text{PQ}}$, $\overline{\text{QT}}$, $\overline{\text{QRS}}$ 等の延長が認められたに過ぎなかつた。

低温曝露 1 時間 30 分, 腹温略: 28.7°C , 脳温略: 23.4°C , 直温略: 25.2°C に於て初めて所謂中間部に, 軽度ながら病的變化が出現し, 之に引續いて軽度の洞性不整脈が認められた。此の事實から腹温 $29^{\circ}\text{C}\sim 28^{\circ}\text{C}$ は心臓の機能不全出現の一線を劃するものと解すべきだと信じる。

其の後洞性不整脈の頻度の増加と共に心臓機能不全の所見は著しく増強し, 特に 2 時間 30 分, 腹温 22.8°C , 脳温 17°C , 直温 18.7°C に至つては之等の所見は極めて増強し, P 波, T 波は逆轉, 或は二相化, 分裂, 平低, 消失が認められ $\overline{\text{QRS}}$ 群の變形, 並に $\overline{\text{PQ}}$, $\overline{\text{QT}}$, $\overline{\text{QRS}}$ 間隔の延長も著しく遂に心室性期外收縮の出現も認められた。即ち刺戟生成障害の外に刺戟傳導障害等の重篤な所見が増加し遂に心搏動數も急激に減少し, 洞性不整脈, 或は心室自動の所見で死に移行した。

之を要するに心臓の所見は, 1 時間 30 分を境にして心臓の機能不全即ち中間部の變化, 刺戟生成並に刺戟傳導障害等を示すが, 未だ何れも軽度である。特に重篤な所見は凍死の極めて末期に現れる。即ち低温曝露 2 時間 30 分, 腹温略: 23°C , 脳温 17°C , 直温にして 19°C 前後で脳波では電圧の低い不規則な波が突然 $14\sim 16\text{Herz}$ の所謂 α 波類似波に移行する時期である。此の時期より出現した重篤な所見は急激に増強して遂に動物は死に移行するものである。

Winternitz⁽¹³⁾ は家兎に就いて凍死を観察し, その全過程を區分して直温 34°C 附近を興奮期とし, $31^{\circ}\text{C}\sim 29^{\circ}\text{C}$ 以下を所謂寒冷麻痺期と唱へてゐる。

-40°C の低温環境下に於ける凍死過程を心臓機能より通覽すると Winternitz のそれとは大なる差異を示し, 低温曝露直後より略: 30 分迄, 即ち腹温 35°C 迄を寒冷刺戟による生體反應期とも解すべきである。

それより 1 時間 30 分, 腹温 29°C 迄は心搏動數の一方的減少の外に心臓機能障害を想はせる所見を示さないので心臓障害の現れる前の時期, 即ち前驅期とでも云へよう。

1 時間 30 分からは軽度乍ら所謂中間部 $\overline{\text{ST}}$, T の病的所見並に刺戟生成障害が出現するので心臓障害出現期と云ひ, 2 時間 ~2 時間 30 分以後は心臓の障害は明らかに且つ重篤な所見を示すので心臓障害重篤期とも云へよう。動物はその後直に死に移行する。

次に上述の凍死に於ける心電圖の所見と所謂窒息並びに酸素缺乏を主とする低壓に於ける心電圖の所見を比較して見よう。

Koch⁽¹⁴⁾は酸素缺乏の影響を3期に分類した。即ち迷走神経の緊張の低下を來す時期を第一期とし、興奮期を第二期、麻痺期を第三期とし、各期に於ける心電圖の變化を述べてゐる。即ち第一期に於ては頻脈とP波の増大を認め、Borgard, Optiz u. Tilmann⁽¹⁵⁾等も之に同意してゐる。然し Binet-Strumza-Ordonez⁽¹⁶⁾等は減少を認めてゐる。RV, SV, TVの變化も區々で先人の意見は一定して居ない様に思はれる。 \overline{PQ} , \overline{QRS} は頻脈に一致して短縮することは Borgard-Green-Gilbert, Opitz u. Tilmann, Resik 等多數の人々が述べてゐる。

第二期、即ち迷走神経興奮期に至つて徐脈となり PV, TV は減少するが強度の酸素缺乏に於ては此の時期に於ても尙増大が認められると云うてゐる (Opitz u. Tilmann)。 \overline{PQ} , \overline{QRS} は徐脈と共に延長するが、これは心筋に對する酸素缺乏の直接作用であると Resik は云つてゐる。Opitz u. Tilmann は此の期に於ても尙短縮を示すものゝあることを認めてゐる。 \overline{ST} , T の變化は第二期には少く第三期、即ち迷走神経麻痺期に多いと云はれてゐる。即ち \overline{ST} の下降、弧狀下降或は上昇、T波の逆轉或は二相等の變化は Dietrich-Schwiegk⁽¹⁷⁾ Dunis-Korth 等多數の者によつて認められてゐる。同時に此の期に於ては PV は著しく減少し、刺戟生成障壁並に刺戟傳導障壁を來し、心室性期外收縮、或は房室の分離、遮斷等の出現を認めてゐる。

一方窒息に於ても之と類似の變化が認められ G. Motta-Catania⁽¹⁸⁾は急速な絞扼による窒息死に於て前痙攣期、痙攣期及び麻痺期に區分し徐脈は前痙攣期より麻痺期に至る迄繼續する。刺戟生成並に刺戟傳導障壁は前痙攣期には極めて少く、痙攣期に於ては僅に出現する程度であるが麻痺期には常に出現する。且心臓血管血流障壁は麻痺期にのみ出現すると報告してゐる。かかる變化は炭酸瓦斯の吸引や失血の時にも認められる所見である。

以上心電圖の所見について低酸素血症に於ける低壓並に窒息の成績と凍死の成績とを比較考慮してみると性格的にも本質的にも極めてよく類似してゐるのがわかる。即ち初期の生體反應はとにかくとして、其の他の變化は E. Koch 氏の云ふ迷走神経興奮期に一致するものである。即ち1時間30分迄の前驅期には徐脈は漸次明らかとなり、これに一致して刺戟傳導時間の延長が認められた。此の外には \overline{ST} , T 等の變化は全く見られない。然し呼吸運動を見ると略、1時間近く迄は明に心電圖に重疊して認められる。この所見並に肉眼的に觀察した呼吸數によつても、此の時期迄は呼吸運動は可成り旺盛で正常のそれを遙に凌駕してゐるのがわかる。1時間を過ぎる頃から最早や心電圖には呼吸の重疊は認められず、又肉眼的にも表在性となり漸次明確を缺くやうになる。従つて之等の關係は遺憾ながら判然とする事が出来なかつたが、此の時期に於ては酸素缺乏症は餘り重大な役割を果してゐない様に思はれる。

1 時間 30 分を過ぎる頃から \overline{ST} , T の變化, 或は更に刺戟生成, 或は刺戟傳導異常が軽度ながら發現を來した。

此の時期を過ぎ 2 時間~2 時間 30 分以後, 即ち重篤期に至つて之等の變化は極めて高度に出現した。この \overline{ST} , T の變化は前述のやうに, 低壓の場合にも窒息死の場合にも, 更に貧血, 炭酸ガス中毒等, 種々の場合に出現する變化で, 之は心臓血管血流障礙によるものであると云ふことは現今疑ふ餘地のないことで必ずしも, 酸素缺乏のみに特徴のあるものとは云ひ難い。然し乍ら本實驗に於ては此の時期には呼吸運動は著しく淺薄且表在性で既に呼吸自體は明らかに減退してゐる。同時に體溫の低下は特に著しく既に 24°C 前後に達してゐる。従つて此の體溫低下による酸化「ヘモグロビン」の解離度並に低酸素血症が問題になるであらうが要するに凍死に於ける \overline{ST} , T 等心電圖の所見は低壓並に窒息のそれと極めてよく類似してゐた。

尙腦波との關係を簡単に述べて見よう。

腦波に於ける變化は心臓の變化と全くその趣を異にしてゐる。低温曝露直後所謂生體反應として, 腦波は著しくその振幅を減少し α 波の消失を來すことは前述の如くである。之は略; 3 分で恢復の傾向を示すが, 其の後體溫の降下と共に腦波は再び其の振幅を減少し α 波の出現は認められない。腦溫が略; 27°C , 即ち低温曝露 1 時間前後に於ては前述の如く腦波の性格は低温曝露前のそれと全く趣を異にし徐波の波形は其の尖塔形を失ひ頂上は著しく圓味を帯び其の形は極めて不規則となる。且その周波數は測定極めて困難で僅に基線の動搖として認められるに過ぎない。此の點は特に注目すべき所見であつた。其の後振幅は多少減少を示し益々直線に近づくが, 低温曝露 2 時間~2 時間 30 分, 腦溫 19°C 前後に至つて再び α 類似波が可成りの頻度で, 連續出現する所見が認められた。即ち腦波に於ける所見は低温曝露略; 1 時間; 腦溫 27°C 前後に於て大脳皮質に極めて大なる變調を來したものである。

最後に以上得られた心電圖の所見より凍死に於ける死因としての考察を行つて見よう。

Dieberg は凍死の解剖に當り心臓の充血擴張の所見を認め過充血による心臓の麻痺を凍死の原因とし, 又 Gaunter 及び Zahn 等は洞結節の寒冷麻痺と唱へ Chorwat は迷走神經の寒冷麻痺を凍死の原因と看做してゐるが之等は何れも凍死全過程に亘つて追及を行つたものではないので原因論としての科學的根據は極めて薄弱であると云へよう。

本實驗に於ては前述のやうに先づ 30 分以内に生體反應とも云ふべき心搏動數の増加と體溫の一過性上昇が認められた。之より 1 時間 30 分迄はたゞ心搏動數の減少と, 之に一致した刺戟傳導時間の延長が見られただけで心電圖の所見にはあまり變化は來さない。

此の時間を過ぎて 2 時間~2 時間 30 分, 腹溫 24°C 前後になると初めて心電圖にも重篤な所見を示す。即ち極めて著明な徐脈と, 刺戟生成並に刺戟傳導障礙の外更に心臓血管血流障礙と看做すべき \overline{ST} の下降, T 波の變形, 消失等の最も重篤な所見を示した。即ち凍死に於て

は此の時期に於て初めて心臓に大きな變化を來したのであるが凍死の原因として心臓機能を論ずる場合に問題になる所の此の時期は凍死の極く末期に當り既に腦波並に呼吸が消失した後である。即ち先人諸氏の意見と異り凍死に於ては心臓機能障害は極めて末期に現れるもので、従つて凍死の原因に關しては第二義的役割を演じてゐるものと看做するのが妥當と思はれる。

結 論

以上の實驗から次の結論を得た。

家兎を背位に固定して靜かに零下 40°C の低温室に入れると、其の直後に腹温、腦温は極めて軽度であるが、一過性に上昇が認められる。其の後は何等の特徴も示さなくて略、直線的に死に至るまで漸次低下した。此の中最も高いのは腹温で、腦温は最も低く腹温より略、4°C 低く、直温は寧ろ腦温に接近し、此の三者は略、平行して消長した。致死時間は平均 3 時間 6 分で、此の時の腹温は平均 19.2°C であつた。

此の全経過を心臓機能の消長に就いて心電圖の所見を見る。先ず心搏動數は體温の一過性の上昇に對應して、低温曝露直後軽度ながら増加を示した。其の後減少し、30 分では 6.2%、1 時間では 15.4%、1 時間 30 分では 33 % と漸次減少の一途を示した。 \overline{PQ} 、 \overline{QT} 、 \overline{QRS} は略、 \overline{RR} と對應して消長した。又 P 波、T 波には特定の變化は認められなかつた。即ち低温曝露直後可成り長期に亘つて \overline{RR} の延長を除いては何等認むべき變化はない。

1 時間 30 分 (腹温 28.9°C) 頃になつて初めて僅かに \overline{ST} の軽度の下降を示すものが認められる。又 T 波の平低化を示すものも出現した。平均 1 時間 53 分 (腹温 26.5°C) に於て軽度ではあるが洞性不整脈が現れた。

2 時間 (腹温 25.7°C) 頃から \overline{ST} の下降、及び P 波の平低化が明らかとなり T 波の逆轉、二相も出現する。

2 時間 30 分 (腹温 22.8°C) 頃から之等の所見は急激に増強し P 波、T 波の消失並びに心室性期外收縮の所見も現れる。洞性不整脈は愈、高度になり心搏動數の如きは 1/2 以下になる。即ち高度の諸種の重篤な變化が現れ、そのまゝ洞性不整脈、或は心室自動の形で死に移行した。

此のやうに心臓の變化を凍死の全経過に就いて考へて見ると腦波の變化等に比較して其の出現は可成り遅く 1 時間 30 分で漸く \overline{ST} の軽度の下降が見られたに過ぎない。特に高度の變化は呼吸運動の著しく衰へた凍死の末期に至つて初めて明らかになつた。之等の事から凍死に於ける心臓機能の役割は少くとも第二義的のものと解される。

稿を終るに臨み、終始御懇篤な御指導と御鞭達並びに御校閲を賜つた中村教授に深謝し同時に御深篤な御忠言を下さつた根井、吉本兩助教授に感謝いたします。

實驗月日 22/III 凍死家兔番號 No.11 第 1 表 性 ♂
 低室溫 -38°C~-34°C 體重 2.7kg

撮影時刻	毎分呼吸數	(°C) 腹溫	(°C) 直溫	(°C) 腦溫	(毎分) 脈數	(σ) RR	(σ) PQ	(mV) PV	(mV) RV	(σ) QRS	(mV) SV	(σ) QT	ST	(mV) TV	不整脈
曝露直前	52	37.5	36.4	36.2	260	23.11	5.5	0.33	1.36	4.5	0.13	14.0		0.23	
20''		37.0		36.4	261	23.00	〃	〃	1.44	〃	〃	〃		〃	
1'		36.8		36.4	268	22.66	〃	〃	〃	4.4	〃	〃		〃	
2'		37.0		35.6	267	22.50	〃	〃	1.43	〃	0.10	〃		〃	
3'		37.0		35.2	270	22.20	〃	〃	1.50	4.3	0.13	13.5		〃	
5'	40	37.3	33.7	34.4	270	21.70	5.4	〃	1.53	〃	0.10	〃		〃	
10'	40	36.9		33.4	274	21.90	5.5	〃	1.63	4.4	0.13	14.0		〃	
20'	40	36.3	31.2	31.6	270	22.20	5.4	〃	1.67	〃	〃	〃		〃	
30'	52	35.6	31.0	30.0	259	23.20	〃	0.30	〃	〃	〃	14.5		頂上扁平 0.20	
40'	48深	35.2		29.1	254	23.60	5.5	〃	1.70	4.8	0.20	〃		〃	
1 h	44深	33.7		26.4	227	26.50	6.4	〃	2.14	〃	0.33	15.5		0.13	
1h 30'	44	30.6		22.1	169	35.6	8.0	〃	2.33	5.5	0.40	18.0	下降	〃	
2 h	44淺	28.4		18.9	135	44.8	8.5	0.20	頂上ヤヤ 扁平2.40	7.0	〃	22.0	〃	平低 0.10	S.A.
2h 15'		27.8		17.5	75	71.0	9.0	平低化 0.10	頂上扁平 2.27	8.3	0.26	24.0	〃	平低化 0.07	〃
2h 20'	72淺	27.6		16.4	91	66.0	10.5	平低 分裂	頂上扁平 1.35	8.5	0.13	26.0	ヤヤ下降	痕跡	〃
3 h	60	24.0		13.0	73	82.0	12.5	平低 分裂	〃	〃	0.17	33.0	下降	ヤヤ逆轉	〃
3h 5'	C.S.														
3h 15'		23.0		10.6	52	115.0	13.0	平低	0.73	9.0	〃	34.0	下降	〃	S.A.
3h 20'		21.2			21	262.0	-	消失	0.40	13.0	〃	38.0	下降	逆轉	K.A.

S.A. (洞性不整脈) K.E.A. (心室性期外收縮) K.A. (心室自動) C.S. (チェンスト・クス氏呼吸)ヲ示ス。以下同。

第 2 表

實驗月日 8/IV

凍死家兔番號 No.14

低室溫 $-36^{\circ}\text{C}\sim-35^{\circ}\text{C}$

體重 2.2 kg

性 ♂

撮影時刻	呼吸數 (毎分)	腹温 ($^{\circ}\text{C}$)	直温 ($^{\circ}\text{C}$)	脈數 (毎分)	RR (σ)	PQ (σ)	PV (mV)	RV (mV)	QRS (σ)	SV (mV)	QT (σ)	ST	TV (mV)	不整脈
曝露直前	36	37.5	36.4	207	29.0	7.0	0.33	1.5	4.5	0.88	16.5		0.66	
20'		"		210	28.5	6.5	"	"	"	"	"		"	
1'		"		216	27.7	"	"	"	"	"	16.0		"	
2'		37.6		214	28.0	"	0.44	1.6	"	"	"		"	
5'	"	37.4	33.7	217	27.0	6.6	"	1.7	"	"	"		"	
10'	32	37.0		"	"	"	"	1.8	"	"	16.5		"	
20'	28	36.0		204	29.4	"	"	1.9	"	"	"		0.77	
30'	32	35.4	31.0	201	29.9	7.0	"	"	5.0	"	16.8		"	
1 h	"	33.0		194	31.0	7.5	"	"	5.7	0.94	17.5		"	
1h 30'	"	29.1	28.4	181	33.3	8.0	0.39	2.2	6.0	"	19.0	ヤヤ下降	"	
1h 45'		27.8		143	42.0	"	"	"	7.0	1.00	20.0	"	0.66	S.A.
2 h	18	26.2		91	66.0	9.0	0.33	頂上ヤヤ 扁平 2.5	8.0	"	24.0	"	0.56	"
2h 15'		24.5	23.0	72	83.5	"	"	2.45	"	"	29.0	"	0.45	"
2h 30'	20	23.4		73	82.5	12.5	0.22	2.40	"	1.20	"	"	平低化	"
2h 45'		22.1		36	168.0	"	平低逆轉	2.20	9.0	1.11	37.0	下降	二相	"
2h 55'	C.S.	21.0		32	230.0	"	平低 逆轉 分裂	"	10.0	"	28.0	"	二相逆轉	"
3 h		20.8		25	242.0	不明	不明	"	13.0	"			不明	" ?
3h 5'		20.4		20	300.0	"	"	"	14.0	"		"	二相	" ?

凍死に関する實驗的研究 特に心臓機能の役割について

第 3 表

實驗月日 15/IV

家兔番號 No. 15.

低室溫 -40°C~-37°C

體重 2.85 kg

性 ♀

撮影時間	呼吸數 (每分)	腹 溫 (°C)	直 溫 (°C)	腦 溫 (°C)	脈 數 (每分)	RR (σ)	PQ (σ)	PV (mV)	RV (mV)	QRS (σ)	SV (mV)	QT (σ)	ST	TV (mV)	不整脈
曝露直前	35	37.7	36.9	36.4	182	33.0	8.0	0.32	1.25	5.0	0.36	18.0		0.57	
20 "		37.6		35.9	184	32.5	"	"	"	"	"	"		"	
1 '				35.8	174	34.9	"	"	1.29	"	"	"		0.59	
2 '				35.2											
5 '	36	35.6	33.8	31.6	184	32.5	7.8	0.34	"	"	0.41	17.5		0.57	
10 '	40	35.0	32.1	31.4	205	29.5	7.6	"	"	"	"	"		"	
20 '	"	33.7		30.4	218	27.5	7.5	"	"	"	0.43	18.0		0.50	
30 '	36	32.8	30.1	29.5	207	29.0	8.0	0.32	1.31	"	"	18.5		0.45	
45 '	"深	31.0		26.9	177	33.8	8.5	"	1.37	5.5	0.41	19.0		0.41	
1 h	"深	29.8	26.9	25.2	175	34.3	"	"	1.39	"	0.45	20.0		0.27	
1h 15'		28.7		24.7	136	44.0	10.0	"	1.41	6.0	0.55	21.0		"	
1h 30'		26.6	23.9	22.4	113	53.0	11.0	0.24	1.37	"	0.50	23.0		0.25	
1h 45'	40淺	25.0		20.5	95	63.0	"	0.18	1.63	"	"	27.0	ヤヤ下降	0.13	
2 h	30	23.4	20.5	19.2	85	70.5	"	"	頂上ヤヤ 扁平1.73	7.0	0.66	28.0	"	平低二相	S.A.
2h 20'	28	22.4		17.9	75	80.0	12.0	平 低	2.18	12.0	0.68	31.0	"	二 相	"
2h 30'	C.S.	21.1	17.6	16.1	55	109.0	不 明	不 明	頂上扁平 1.78	13.0	0.64	"	"	逆 轉 陰陽混在	" ?
2h 40'		20.5		15.8	29	210.0	12.0	逆 轉	1.82	14.0	0.73	39.0	下 降	二 相	S.A.
2h 50'		19.0	14.6	14.6	54	109.0	不 明	不 明	1.82	"	"	40.0	"	二 相	" ?

第 4 表

實驗月日 3/V

家兎番號 No. 16

低室温 -38°C~-34.5°C

體重 2.9kg

性 ♀

撮影時間	呼吸數 (毎分)	腹温 (°C)	直温 (°C)	腦温 (°C)	脈數 (毎分)	RR (σ)	PQ (σ)	PV (mV)	RV (mV)	QRS (σ)	SV (mV)	QT (σ)	ST	TV (mV)	不整脈
曝露直前	56	38.1	37.2	36.4	218	27.5	7.0	0.33	1.67	3.0	0.22	15.5		0.33	
20 "		38.4		36.1	235	25.5	〃	〃	1.56	〃	〃	〃		〃	
1 '		38.2		35.9	241	24.9	6.8	〃	〃	〃	〃	15.0		〃	
2 '		38.4		35.2	234	25.6	〃	〃	1.67	〃	〃	〃		〃	
5 '	40	38.1	34.0	33.8	250	24.0	〃	〃	1.78	2.8	〃	〃		〃	
10 '	52	37.8	33.3	32.5	242	24.8	6.5	〃	2.12	〃	〃	15.5		0.28	
30 '	50深	35.8	31.7	29.2	231	26.0	7.0	〃	〃	3.3	0.28	16.0		〃	
45 '	44深	34.3	30.2	27.2	217	27.6	7.6	〃	〃	〃	〃	16.5		0.22	
1 h	48	30.4	27.8	25.1	196	30.6	8.0	0.22	2.17	3.5	〃	〃		0.11	
1h 15'		29.6	27.3	24.1	173	34.6	〃	〃	〃	4.0	〃	17.5		〃	
1h 30'	44	28.6	25.6	21.9	147	41.0	9.0	〃	2.22	〃	〃	19.0		平 低	
1h 45'	40	26.7	23.6	20.1	135	45.6	〃	0.33	頂上ヤヤ 扁平2.34	〃	〃	20.0	ヤヤ下降	二 相	
2 h	40	24.6	21.5	19.0	108	55.5	11.0	〃	〃	5.0	0.33	23.0	〃	〃	S.A.
2h 15'		22.3		17.2	95	63.5	不 明	不 明	2.22	7.0	0.44	不 明	〃	不 明	S.A.?
2h 30'	C.S.	20.6		15.3	91	66.0	14.0	痕 跡	分 裂 1.30	8.0	0.55	30.0	下 降	痕 跡 二 相	S.A.
2h 40'	頻數 算數不能	20.0		14.2	78	77.0	〃	逆轉ア 〃	分 裂 〃	12.0	〃	34.0	〃	〃	S.A.
2h 45'		19.9	19.2	13.3	12	496	—	消 失	1.56	15.0	0.66	36.0	〃	二 相	K.A.

凍死に関する実験的研究 特に心臓機能の役割について

第 5 表
 實驗日 4/V 家兔番號 No.17. 低室溫 -38°C~-34°C 體重 2.4 kg 性 ♂

撮影時間	呼吸數 (毎分)	腹温 (°C)	直温 (°C)	腦温 (°C)	脈數 (毎分)	RR (σ)	PQ (σ)	PV (mV)	RV (mV)	QRS (σ)	SV (mV)	QT (σ)	ST	TV (mV)	不整脈
曝露直前	48	37.4	36.3	36.0	267	22.5	7.0	0.42	1.92	3.1	0.21	14.5		0.24	
20 "		"		36.1	273	22.0	"	"	"	"	"	14.0		"	
1'	28	37.3		35.9	279	21.5	"	"	"	"	"	14.5		"	
2'		37.2		35.7	"	"	6.8	0.38	1.95	"	0.23	14.0		"	
5'		37.2		35.4	273	22.0	6.5	0.42	2.04	"	0.25	"		"	
10'	"	37.2	33.1	34.9	265	22.6	7.0	"	1.92	3.2	"	14.5		0.17	
20'	36	36.6	32.0	34.1	267	22.5	7.5	"	1.83	"	0.21	14.5		0.13	
30'	52深	36.0		32.8	250	24.0	"	0.33	"	"	0.17	15.0		"	
45'		32.6	31.6	30.8	235	25.5	"	0.38	1.50	3.5	0.13	16.5		平低 0.08	
1h	40深	29.8	28.9	28.5	210	29.7	8.0	0.29	1.92	4.0	0.21	"		痕跡	
1h 15'		29.0	27.0	26.8	176	34.1	8.5	0.25	2.00	"	"	17.0		"	
1h 30'	36	28.3	25.9	24.5	152	39.5	9.0	0.21	"	"	"	18.0	ヤヤ下降	"	
1h 45'		27.0	25.0	23.2	124	48.5	"	0.17	2.25	5.0	"	22.0	ヤヤ下降	"	S. A.
2h	"	26.3	23.0	20.8	106	56.5	"	平低	"	7.0	"	24.0	下降	"	"
2h 10'	32淺	25.0	22.8	19.0	93	64.5	不明	不明	"	"	"	27.0	"	二相	S. A. ?
2h 20'		23.8		18.2	79	76.0	10.0	痕跡	2.33	8.0	0.25	30.0	0線一致	逆轉	S. A.
2h 30'	52淺	23.3		18.4	72	83.5	-	消失	頂上扁平 分裂1.66	12.0	0.33	31.0	ヤヤ上昇	二相	K.E.S.
2h 45'	頻數 算數不能	22.2	19.5	16.8	61	98.5	11.0	平低	頂上扁平 1.92	"	0.38	36.0	上昇	二相 ±0.33	S. A.
3h		21.8			18	330	12.0	"	2.33	13.0	0.42	42.0	"	二相 ±0.33	S. A.
3h 10'		20.0	14.3	12.9	12	500	不明	不明	1.66	14.0	0.33	不明	0線一致	消失	不明

第 6 表
 實驗月日 8/V 家兔番號 No.18. 低室溫 -38°C~-34°C 體重 2.7 kg 性 ♀

撮影時間	呼吸數 (毎分)	腹温 (°C)	直温 (°C)	腦温 (°C)	脈數 (毎分)	RR (σ)	PQ (σ)	PV (mV)	RV (mV)	RS (σ)	SV (mV)	QT (σ)	ST	TV (mV)	不整脈
曝露直前	40	38.1	37.2	37.1	208	28.8	8.5	0.16	1.0	4.0	0.34	15.5		0.16	
20''		38.0		36.9	211	28.4	〃	〃	〃	〃	〃	〃		〃	
1'	36	〃		36.8	〃	28.4	〃	〃	〃	〃	〃	〃		〃	
2'		38.2		〃	210	28.6	〃	〃	〃	〃	0.40	15.0		〃	
5'	40	37.2	33.8	35.8	209	28.7	〃	〃	1.05	〃	〃	〃		〃	
10'	36	36.9	33.5	35.3	〃	〃	〃	0.18	1.15	〃	〃	15.5		0.18	
20'	40深	35.8	32.0	34.5	208	28.8	〃	〃	1.21	〃	0.45	16.0		〃	
30'	44深	35.0	30.5	33.5	〃	〃	〃	0.16	〃	4.5	0.47	〃		〃	
45'	〃深	33.8	30.0	31.8	201	29.9	10.0	〃	1.32	〃	0.53	16.5		〃	
1h	〃	32.5	28.2	30.6	198	30.3	〃	0.13	〃	〃	0.50	17.0		〃	
1h 15	〃	31.4		29.6	179	33.6	〃	0.11	〃	〃	〃	18.0		〃	
1h 30	〃	30.2	25.8	27.6	154	39.0	〃	〃	〃	5.0	〃	〃		〃	
1h 45	〃	27.8		26.3	124	48.6	〃	〃	〃	6.5	0.48	20.0		〃	
2 h	48淺	25.5	22.3	24.6	111	54.0	11.0	〃	〃	〃	〃	23.0	ヤ 上	0.16	
2h 15		23.9	22.0	23.0	98	61.5	11.5	平 低	〃	7.0	〃	24.0	ヤ 下	〃	S. A.
2h 30		21.8	17.4	21.0	75	80.0	13.0	痕 跡	〃	8.0	〃	32.0	〃	±0.05 二 相	〃
2h 45	頻數 算數不能	20.2		19.3	〃	80.0	14.0	〃	1.63	〃	0.42	36.0	下 降	〃	〃
3 h	C.S.	19.3	16.0	16.2	47	128.0	15.0	〃	1.74	11.0	0.37	40.0	〃	±0.81 二 相	〃
3h 15'		17.6	14.3	12.6	16	344.0	16.0	〃	1.05	13.0	1.00	64.0	〃	±0.37 二 相	〃

凍死に関する實驗的研究 特に心臓機能の役割について

第 7 表

實驗月日 11/V

家兔番號 No. 19.

低室溫 $-38.5^{\circ}\text{C} \sim -36^{\circ}\text{C}$

體重 2.7 kg

性 ♀

撮影時間	呼吸數 (毎分)	腹温 ($^{\circ}\text{C}$)	直温 ($^{\circ}\text{C}$)	腦温 ($^{\circ}\text{C}$)	脈數 (毎分)	RR (σ)	PQ (σ)	PV (mV)	RV (mV)	QRS (σ)	SV (mV)	QT (σ)	ST	QV (mV)	不整脈
曝露直前	48	37.0	36.1	37.0	218	27.5	7.0	0.2	0.89	4.0	0.63	16.0		0.40	
20 "	40	36.6		36.8	225	26.7	〃	〃	0.94	〃	〃	〃		〃	
1 '	〃	〃		35.3	220	27.3	6.5	〃	1.04	〃	0.67	〃		〃	
2 '	〃	36.1		34.6	233	25.75	〃	〃	0.97	〃	0.63	〃		〃	
5 '	52	35.5	34.1	32.9	250	24.0	6.4	〃	0.94	〃	0.67	15.5		0.33	
10 '	44	〃	33.5	31.2	245	24.5	7.1	〃	0.87	4.2	0.63	〃		〃	
20 '	40	34.2	32.3	29.8	221	27.0	7.2	〃	0.83	〃	〃	16.0		0.20	
30 '	32深	33.8	30.4	29.0	204	29.4	〃	0.17	0.89	〃	0.67	16.5		〃	
45 '	〃	33.0	29.7	28.5	185	32.5	8.0	〃	1.07	4.5	0.70	17.0		〃	
1 h	30深	31.3	28.0	27.0	155	38.0	〃	0.07	1.10	〃	〃	18.0		〃	
1h 15'	〃	29.9	26.8	26.2	145	41.5	〃	〃	〃	5.0	0.67	19.5		0.13	
1h 30'	34	27.7	24.8	24.7	129	46.5	〃	〃	〃	〃	0.70	20.0		0.07 平 低	S.A.
1h 45'	〃	26.4	24.0	23.5	107	56.0	8.5	〃	頂上チャ 扁平1.07	6.5	0.73	23.0		〃	〃
2 h	40淺	24.7	21.7	21.5	95	63.5	9.5	〃	〃	7.0	0.80	26.0	チャ下降	逆轉 -0.15	〃
2h 30'	160淺	〃	19.9	16.8	85	70.5	12.0	分裂平低	頂上扁平 0.94	9.0	0.94	30.0	〃	逆轉 -0.15	S.A.
2h 40'	C.S.	21.2		15.5	79	76.0	不明	不明	頂上扁平 0.82	12.0	1.07	34.0	0線一致 下降アリ	逆轉 -0.20	S.A.?
3h 10'		19.2	16.2	12.6	33	180	消失	消失	頂上扁平 0.60	14.5	1.13	53.0	下降	二相 ± 0.20	K.A.

實驗月日 13/V

家兎番號 No.20

第 8 表
低室溫 -36°C~-34°C

體重 2.7 kg

性 ♀

撮影時間	呼吸數 (毎分)	腹 溫 (°C)	直 溫 (°C)	脈 數 (毎分)	RR (σ)	PQ (σ)	PV (mV)	RV (mV)	QRS (σ)	SV (mV)	QT (σ)	ST	TV (mV)	不整脈
曝露直前	48	36.9	36.1	245	24.5	8.0	0.24	0.95	3.3	0.32	16.0		0.13	
20 "		37.3		257	23.4	"	"	"	3.0	"	"		"	
1 '	44	36.7		254	23.6	7.5	"	"	"	0.34	"		"	
2 '		37.2		244	24.6	"	"	"	"	0.32	15.5		"	
5 '	56	"	34.2	255	23.5	"	0.26	1.00	"	"	"		"	
10 '	40	37.0	33.0	252	23.8	"	0.24	1.05	3.3	"	16.0		0.16	
20 '	"	36.3	32.0	245	24.5	8.0	"	"	3.5	0.37	16.5		"	
30 '	44	35.8	31.4	227	26.4	8.2	"	1.15	"	"	"		0.18	
45 '	36深	34.5	29.6	197	30.5	8.5	"	1.18	"	0.42	17.0		2	
1 h	40	33.2	28.9	191	31.5	8.7	"	1.21	3.7	"	"		"	
1h 15'	44	31.3	27.0	174	34.5	9.0	0.21	"	4.2	"	17.5		"	
1h 30'	36	30.2	26.1	150	40.0	"	0.16	1.11	5.2	"	20.0		2	
1h 45'	"	28.4	24.6	130	46.5	"	"	頂上扁平 "	6.0	0.37	23.0	やや下降		
2 h	"	27.1	23.8	126	48.0	10.0	0.13	頂上扁平 "	7.0	0.42	26.0	"	0.08 平 低	
2h 15'	"	25.8	21.5	124	48.5	"	"	頂上扁平 1.05	8.0	0.48	28.0	下 降	痕 跡	S.A.
2h 30'	48淺	24.4	20.6	96	62.5	14.0	平 低 0.05	頂上著明 扁平"	10.0	"	30.0	"	逆 轉 -0.32	S.A.
2h 45'	C.S.	22.3	17.9	86	67.5	不 明	不 明	頂上著明 扁平"	13.0	0.63	33.0	盆 狀 下 降	逆 轉 -0.37	S.A.?
3 h	頻數 算數不能	20.9	17.2	80	75.0	"	"	頂上著明 扁平"	14.0	0.68	35.0	"	逆 轉 -0.42	"
3h 5'	止	20.5		61	98.5	"	"	分 裂 1.00	16.0	0.89	42.0	下 降	二 相 ±0.48	"
3h 10'		20.2	15.8	27	226	18.0	痕 跡	1.00	18.0	1.05	48.0	"	二 相 ±0.21	S.A.

凍死に關する實驗的研究 特に心臓機能の役割について

第 9 表

實驗月日 20/V

凍死家兔番號 No. 21

低室溫 $-41^{\circ}\text{C}\sim-40^{\circ}\text{C}$

體重 2.85 kg

性 ♂

撮影時刻	呼吸數 (毎分)	腹 温 ($^{\circ}\text{C}$)	直 温 ($^{\circ}\text{C}$)	腦 温 ($^{\circ}\text{C}$)	脈 數 (毎分)	RR (σ)	PC (σ)	PV (mV)	RV (mV)	QRS (σ)	SV (mV)	QT (σ)	ST	TV (mV)	不整脈
曝露直前	55	38.1	37.1	36.2	240	25.0	6.3	0.46	1.4	4.1	0.2	14.5		0.46	
20 "		38.2		36.0	227	26.4	"	"	"	"	"	"		"	
5 '	52	37.8	33.0	33.0	225	26.7	"	0.55	1.41	"	"	"		"	
10 '		37.2		31.4	217	27.6	6.5	0.50	"	4.2	"	15.0		0.41	
30 '	44深	35.3	31.0	29.2	129	46.5	"	"	"	4.5	0.23	15.5		0.54	
1 h	40	33.2	28.9	25.3	179	33.5	7.0	"	1.50	4.6	0.27	16.5		"	
1h 30'	46	29.6	25.8	21.8	226	26.6	"	0.46	"	4.9	0.40	16.8	ヤヤ下降	0.27	S.A.
1h 45'		27.9		20.5	204	28.4	7.5	"	// 頂上 ヤヤ扁平	5.1	"	18.0	下降	± 0.18 二相	"
2 h'	"	25.7	22.5	19.7	205	29.3	9.0	逆 轉 -0.20	"	5.5	"	21.0	"	± 0.18 二相	"
2h 15'		23.9		18.4	117	51.5	10.0	0.13	頂上ヤヤ 扁平1.30	8.5	0.70	24.0	盆狀下降	± 0.12 二相 逆轉セルアリ	"
2h 30'	55淺	22.4	18.2	16.1	92	65.5	12.0	"	"	10.0	1.00	29.0	"	± 0.41 二相	"
2h 40'		21.5		15.1	62	97.0	"	痕 跡	"	12.0	1.30	34.0	下降	± 0.46 二相	"
2h 45'	C.S.	20.7		14.0	61	98.5	"	"	1.20	13.0	"	37.0	盆狀下降	± 0.46 二相	"
2h 58'	止														"
3 h		18.8	15.6		52	115	13.5	"	頂上扁平 "	"	"	40.0	"	± 0.54 二相	"
3h 15'		14.6	13.7	11.0	51	400	消 失	消 失	頂上扁平 1.10	20.0	2.20	41.0	"	± 1.3 二相	"

第 10 表

(+) (-) は低温曝露直前に對する増減を示す

時間 °C	低温曝露直前	上昇開始時刻	最高増加時刻	最高増加温度 及 脈 數	増加持續時間	30'	1 h	1h 30'	2 h	2h 30'	3 h
(平均) 腹温	37.6 (36.9~38.1)	30'' (10''~1.30'')	48'' (20''~1.40'')	(+)0.2C (0.1~0.4)	2' 8'' (20''~ 3')	35.1(-2.5) (32.8~36.0)	31.9(-5.7) (29.8~33.7)	28.7(-18.9) (26.6~30.2)	25.7(-11.9) (23.4~28.3)	22.8 (-14.8) (20.6~ 26.5)	20.9 (-16.7) (13.5~ 19.3)
腦温	36.5 (36.0~37.1)					30.5(-6.0) (29.0~33.5)	26.6(-9.9) (25.1~30.6)	23.4(-13.1) (21.8~27.6)	21.3(-15.2) (15.3~21.0)	17.0 (-19.5) (15.3~ 21.0)	14.1 (-22.6) (11.9~ 17.3)
直温	36.6 (36.1~37.2)					31.0(-5.6) (30.1~31.7)	28.0(-8.6) (26.9~28.9)	25.2(-11.4) (23.0~26.1)	22.3(-14.3) (20.5~23.8)	18.7 (-17.9) (17.4~ 20.6)	16.3 (-20.3) (15.6~ 17.2)
脈數 (毎分 平均)	227 (267~182)	20''	3' 6'' (20''~ 5')	(+)18 (7.9%) (3~32)	25' (10'~45')	(-)14 (6.2%)	(-)35 (15.4%)	(-)75 (33%)	(-)109 (48%)	(-)146 (64%)	
PQ (σ)	7.1 (5.5~8.5)	23' (5'~45')				(+)0.2 (2.8%)	(+)0.9 (12.7%)	(+)1.7 (23.9%)	(+)2.7 (38.0%)	(+)5.5 (77.5%)	(+)6.2 (87.3%)
RS (σ)	3.9 (3.0~5.0)	14' (10'~30')				(+)0.3 (7.7%)	(+)0.6 (15.4%)	(+)1.2 (30.8%)	(+)2.8 (71.8%)	(+)5.7 (146.1%)	(+)12.1 (310.3%)
QT (σ)	15.6 (14.0~18.0)	15' (5'~20')				(+)0.5 (3.2%)	(+)1.6 (10.3%)	(+)3.5 (22.4%)	(+)8.5 (54.5%)	(+)14.2 (91.0%)	
RV (mV)	1.32 (0.89~1.92)	2' 37'' (20''~ 5')				(+)0.18 (13.6%)	(+)0.31 (23.5%)	(+)0.36 (27.3%)	(+)0.45 (34.1%)	(+)0.14 (106%)	

時間	變化出現平均時刻	變化出現平均腹温	時間	1h 30'(出現率)	2h (%)	2h 30'(%)	3h (%)
ST(下降上昇)	2h 19'	23.9 °C	%	11%	44%	100%	100%
T(逆轉二相 痕跡消失)	2h 13'	24.6 °C	%	11%	44%	88%	100%
P(平低消失)	2h 19'	24.3 °C	%	22%	44%	77%	100%
不整脈	1h 53'	26.5 °C	%	22%	77%	100%	

凍死に関する實驗的研究 時に心臓機能の役割について

文 獻

- (1) Horvath, A. 1876 Zur Abkühlung der Warmbluter. Arch. J. Physiol., 12, 278.
- (2) Dieberg, C. V. 1883 Beitrag zur Lehre von Tode durch Erfriren. Viertelj. f. ger. Med., 38, 1.
- (3) Winterstein, H. 1917 Über Wiederlebung bei Herzstillstand. M. m. W., 153.
- (4) 久保忠夫 1927 寒冷作用の生活體に及ぼす影響に就いての實驗的研究 (7) 寒冷作用による Anoxämie に就て. 北海道醫誌, 5, 173.
- (5) 緒方維弘 1942 寒冷環境に於ける人體體溫調節. 滿洲醫誌, 37, 647.
- (6) 伊藤紀克, 山本周助, 渡邊正二 1944 低温の生體に及ぼす影響に就ての實驗的研究 (其の 55) (所謂體溫の初發上昇と初發下降に就て). 北海道醫誌, 22, 603.
- (7) Meyer-Schrette, L. 1933 Elektrokardiographische Untersuchungen nach kalten Seebädern. Z. f. Kreislaufforsch., 25, 481.
- (8) Wilson, F.M. and R. Finch 1923 The effect of drinking icedwater upon the form of the T. deflection of the electrocardiogram. Heart, 10, 275.
- (9) 村田明 1929 體溫の變化と心臓機能の研究. 第3報 低氣温による體溫の變化と電氣心働圖との關係に就て. 日本循環器病學, 5, 347.
- (10) 田中正之 1948 凍死に關する實驗的研究. 特に凍死過程に於ける腦波に就て. 低温科學, 3.
- (11) Hachenberg, A. 1922 Über die Wirkung der Abkühlung des Warmblüters auf die Herzschlagzahl. Pflüger's Arch. f. Physiol., 194, 308.
- (12) Wada, M. 1935 Der Einfluss der Kälteapplikation auf die Pulsfrequenz von Hunden mit ausgeschalteten extrakardialen Herznerven. Tohoku. J. exp. Med., 26, 546.
- (13) Winternitz, R. 1894 Vergleichende Versuche über Abkühlung und Firnissung., 33, 286.
- (14) Koch, K. und D. Albers 1940 Über die Beurteilung elektro-kardiographischer Veränderungen, unter Sauerstoffmangel bzw. im Unterdruck. Z. f. Kreislaufforsch., 32, 617.
- (15) Borgard, W. 1936 Ergebnisse elektrokardiographischer Untersuchungen bei Erniedrigung des Atmosphärischen Druckes. Arbeitsphysiol., 9, 308.
- (16) Binet, L., M.V. Strumza und J.H. Ordonez. 1938 Coeur et anoxie (Herz und Sauerstoffmangel)(Ref.) Z.f. Kreislaufforsch, 30, 841.
- (17) Dietrich, S. und H. Schwiegk 1933 Angina pectoris und Anoxie des Herzmuskels. Z.f. Klin. Med., 125, 195.
- (18) Motta-Catania, G. 1939 Das EKG. in den verschiedenen Asphyxieformen. I. Das EKG. bei schnellster Erstickung durch direkten vollständigen Verschluss der Atemwege, II. Das EKG. bei schnellster Erstickung durch Erdrosselung. (Ref.) Z.f. Kreislaufforsch, 31, 24, 278.

Sadami MORITA : Experimental Studies on the Death from Cold,
Especially on the Heart Activity.

Résumé

We took exact long recording of electrocardiogram and measured the abdominal temperature by a special thermojunction to study the relationship between the course of death from cold and the cardiac activity. We got the following results.

I. Stage (The changes just after the exposure in the cold atmosphere). The abdominal temperature increases transiently in 10''~40'' (30'' in average) after the exposure and reached to the maximum value (increase : 0.2°C) in 48'' average, then regains the normal state in 2' 8'', and later it decreases gradually. The heart beats increase transiently after 20'', in 3' 57'' reach to the maximum value (increase : 18c/m in average); in 25' regain the original state and later decrease gradually till the moment of death from cold.

II. Stage (till 1h 30'). The abdominal temperature becomes 35.1°C in average in 30 minutes, 31.9°C in 1h, 28.7°C in 1h 30', and their amounts of decrease are 2.5°C, 5.7°C, 8.9°C, respectively comparing with the normal conditions. There are not any remarkable changes in ECG., but the bradycardia.

III. Stage. In 1h 30', the dropping ST appears. The decreases of PV and TV are also recognized. In 1h 53' in average (abdominal temperature : 26.5°C), the sinus arrhythmia is noticed. Yet at first, its occurrence is not frequent, but gradually increases.

IV. Stage. In 2h, the heart beats decrease to 48% and the drop of ST becomes clear. In addition, remarkable phenomena are recognized such as the flattening, inversion and ceasing of PT waves or the deformation of QRS.

In 2h 30', the changes become severe, and later the heart beats cease with the sinus arrhythmia or the automatism of the heart ventricles.

The time of the process is 3h 6' in average and the abdominal temperature is 19.2°C at the moment of death.

After all, the remarkable variations of ECG under the process of death from cold appear after 2h.

The heart activity as a function of the course of death from cold has but a secondary importance to the fact.