



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	凍死に関する実験的研究 : 特に凍死過程の脳波について
Author(s)	田中, 正之; TANAKA, Masayuki
Citation	低温科学, 3, 263-286
Issue Date	1950-12-15
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17439
Type	departmental bulletin paper
File Information	3_p263-286.pdf



凍死に関する實驗的研究

特に凍死過程の腦波に就いて*

田 中 正 之

(低溫科學研究所 醫學部門)

(昭和 22 年 10 月受理)

緒 言

凍死に関する研究には古來多數の業績があるがその原因に就いては 1) 赤血球の破壊に依るとなす説 2) 心臟麻痺説 3) グリコゲン消滅説 4) 中毒説 5) 窒息死説 6) 腦中樞神經麻痺説 7) 全身機能衰頹を原因とする折衷説等があつて未だ諸家の意見は一致してゐない¹⁾。就中現今比較的有力視されている腦中樞神經麻痺説に就いて考察すると古く Ziegler (1886) が凍死は寒冷のために腦中樞神經がその興奮性を減退することによる全般的麻痺であると述べたのに始まり其後 Giese²⁾ (1901) は凍死家兎を剖檢して凍死に特有の病理的變化のないことを確め Ziegler の説に賛同した。Winternitz³⁾ (1894) は家兎について凍死の過程を興奮期と麻痺期とに分けその一般症狀より凍死は先づ腦中樞神經が寒冷のため麻痺し、次で腦髓が冷却されるに及び生命維持に不可缺の中樞が麻痺せられ遂に死に至るものであると説いた。Tiegerstedt⁴⁾ (1923) も寒冷作用が高度に達すれば生命維持に不可缺の腦中樞の麻痺を來すと言ひ、腦髓の諸機能が殘存するものは、體溫の下降が著しくとも恢復の可能性が多いと述べてゐる。Schade⁵⁾ (1926) も凍死には特有の病理學的變化を認めずその死因は生命維持に不可缺の中樞神經の障礙によるものであるとし、體溫恢復後に於ても中樞神經の障礙を殘すことがあると言ふ。久保⁶⁾ (大正 15 年) は凍死は先づ運動、知覺の中樞が麻痺し次で呼吸中樞が麻痺して死にいたるものであると述べ、但野⁷⁾ (昭和 8 年) は家兎の頭部を 50~60°C に加温しつゝ冷水中で凍死させ凍死時間の著しく延長するを認めた。

即ちこれらの報告はすべて凍死現象の症狀觀察を論據として腦中樞神經麻痺説を支持してゐるものであつてこの説も未だ具體的證左に乏しく假説の域を脱したものは言ひがたい。

近時腦の機能をあらはすものとして腦波の研究が廣く行はれるやうになつた今日に於ては、凍死過程に於ける腦中樞神經の問題に關しては先づ腦波の消長を追求することが必要であると思はれる。そしてこれが凍死に如何なる役割をなすかと言ふことは興味のある問題である。

* 北海道大學低溫科學研究所業績 第 71 號。中村弘教授指導。
本論文の要旨は第 22 回北海道醫學會大會 (昭 21) で發表した。

分迄は 10 秒毎に, 10 分迄は 1 分毎に以後は 5 分毎に行つた。

2. 腹温及直温

脳温の測定と同時に腹温を又 15~30 分毎に直温を測定して参考にした。即ち腹温は脳温の場合と同様銅コンスタンタン熱電對を用ひて中央上腹腔の温度を測定し直温は嚴密に補正を施したアルコール温度計を直腸内に略 8cm 挿入して測定した。

IV. 低温室への曝露

背位に固定した家兎に前記のやうに電極及び熱電對を装着し完全に接地絶縁した金網の籠に收容した。これを軌道を利用して低温室の二重窓の内外の扉を迅速に開閉して靜かに且速かに -40°C の低温室へ導き入れた。このやうにして 6~10 秒で家兎を完全に低温に曝露することが出来た。

V. 脳波の分析

脳波の分析に就いては諸家の見解區々でその方法は一定してゐない。人脳波の場合は α 波が多數出現するので脳波の變動の目安として主に α 波が利用されてゐる。しかし家兎の脳波は極めて複雑不規則なもので α 波の如きは種々の周波數の徐波に僅かに混入して出現する程度であるからその分析に際しては人脳波のやうに單に α 波の周期或は振幅の變動のみを以てしては十分なものとは言ひがたい。そこで本實驗では一定時間中出现する α 波の他にすべての徐波の周波數及振幅を個々について計測し徐波を周波數により分類してその頻度を求め又全徐波についての平均振幅を算出してこれらの時間的變動を觀察しその波形をも考慮して成績を整理することにした。

α 波についてはその頻度, 連續度 (持續時間), 平均周波數及平均振幅 (最大最小をも附記) を掲げた。なほ β 波については既に述べたやうに α 波並に β 波に重點を置き増幅器の感度を 2.5~15Hz の範圍に特に高めた關係もあり判定の困難な場合が多いので本實驗では觸れないこととした。

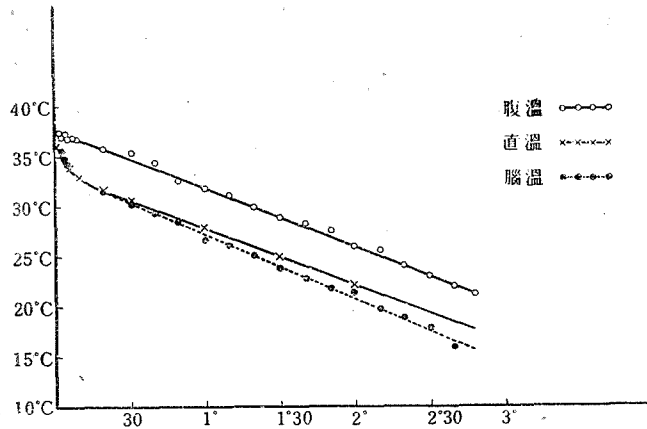
實 驗 成 績

第 1 例 (No. 17 白 ♂ 2.4kg)

曝露前 (脳温 36.0°C 腹温 37.4°C 直温 36.3°C)

α 波は 10 秒間に 2 群出現したがその波形はどれも不規則で徐波に重疊するものが多く人間の場合のやうな紡錘形はみられなかつた。その 1 群は圖に示した。連續度 3.0 秒周波數 13.5 Hz 振幅 70~240 μV (平均 150 μV) のもので他のものは夫々 3.1 秒, 13.1 Hz, 50~370 μV (平均 140 μV) であつた。徐波は一般に頂點が尖鋭で α 波の重疊するものもあり又その波形はかなり複雑である。周波數についてみると 6~3 Hz のものが不規則に交錯して出現し

たがその頻度は 6Hz 及 5Hz が過半数で略；同数に見られ以下 4Hz, 3Hz の順であつた。



第 2 圖 第 1 例 體温降下曲線 (No.17)

振幅は 10 秒間に出現するすべての徐波についてみると 110~360 μ V (平均 230 μ V) で各徐波の周波数と振幅との間には特別な関連性を認め得なかつた。

曝露直後 (脳温 36.0°C, 腹温 37.3°C)

低温曝露の直後振幅は圖に示すやうに著しく減少を來した。α 波は全く現はれない。これと同時に 7Hz 前後の徐波が略；1.7 秒にわたり連続して出現したが其後連続性を失ひ 7~14 Hz の徐波が略；同じ割合で不規則に出現した。これらすべての徐波の振幅は 40~120 μ V (平均 80 μ V) で曝露前のその略；1/3 に減少した。

1 分後 (脳温 35.9°C, 腹温 37.3°C)

α 波は依然認められない。徐波は曝露直後に引續き多數出現したがその頂點の鈍化が明かに認められた。これらの中 5Hz が過半数で最も多くこれに次いで 6Hz 及 4Hz が略；同數出現した。振幅は 50~120 μ V (平均 85 μ V) で多少恢復したものの、やうであつた。

3 分後 (脳温 35.4°C, 腹温 37.2°C)

此の間に至つて振幅は著しく恢復し α 波とみなされるものが略；1 秒續いて出現した。しかしこれは周波数略；12Hz, 振幅 80~240 μ V (平均 160 μ V) で連續度も短く波形も著しく不規則であり曝露前の α 波に比しその性格にかなりの差異が認められた。徐波も一般に不規則であるがその頂點は再び尖鋭となり曝露前に類するやうな所見を示した。

周波数に就いてみると 7Hz が最も多く全徐波の略；1/3 を占め 6Hz がこれに次ぎ 5Hz, 4Hz は更にこれより少かつた。これらの振幅は 75~310 μ V (平均 160 μ V) で曝露前のそれには未だ及ばないが直後の二倍に恢復した。

5 分後 (脳温 34.9°C, 腹温 37.2°C, 直温 34.2°C)

此の期に於て振幅は再び明らかに減少を來し α 波も認められなくなつた。徐波は更に不規則な波形を示し、その頂點は再び尖銳性を失つて鈍化する傾向がみられた。その出現頻度は 6Hz, 5Hz が略、同數でこれらが全徐波の 2/3 を占め次で 4Hz, 7Hz の順に少くなつた。振幅は 40~130 μ V (平均 85 μ V) に減少し、1 分後と同じ値を示した。

10 分後 (腦温 34.1°C, 腹温 37.2°C, 直温 33.1°C)

波形は 5 分後と略、同様に頂點の鈍化した徐波が不規則に出現するのがみられた。周波數は 5Hz が略、半數で最も多く 6Hz がこれに次ぎ以下 4Hz, 7Hz の順であつた。振幅は 50~140 μ V (平均 85 μ V) で 5 分後と同じであつた。

20 分後 (腦温 32.8°C, 腹温 36.6°C, 直温 32.1°C)

此の期でも波形は殆んど變らないが徐波の頂點は更に鈍化したもののやうであつた。徐波は 4Hz が過半數で他に 6Hz, 5Hz が少數みられたのみであつた。振幅は 45~100 μ V (平均 75 μ V) で軽度の減少を來した。

30 分後 (腦温 30.8°C, 腹温 36.0°C, 直温 31.2°C)

振幅の減少はかなり著明であつた。徐波は依然として 4Hz が過半數であるがこの期ではこれに次いで 3Hz が出現し他に少數の 5Hz が見られた。振幅は 40~85 μ V (平均 55 μ V) に減少した。

45 分後 (腦温 28.5°C, 腹温 31.6°C, 直温 28.9°C)

此の期から腦波の性格に著しい變化が現れ始めた。即ち振幅は更に著しく減少して徐波の周期性は僅かに痕跡的存在を示すのみとなつた。腦波はたゞ振幅の小さい不規則波の連続に過ぎず全く基線の動搖にも等しい所見を示し、曝露後 45 分で早くもその正常の性格を失つたものと看做されるに至つた。腦波は既にこのやうな状態であるにも拘らず、呼吸は著しく促進して呼吸數は曝露前の約 2 倍になり電心圖には心搏動數の軽度の減少を來した以外には何等本質的の變化を認めなかつたことは特に注目すべきである。

60 分後 (腦温 26.8°C, 腹温 29.8°C, 直温 27.4°C)

振幅は軽度であるが更に減少を來したもののやうで全體として腦波は 45 分後に比し判然と基線の動搖として認められ更に直線に近いものとなつた。即ち腦波の性格は引續き全く失はれたものと看做された。

75 分後 (腦温 24.5°C, 腹温 29.0°C, 直温 25.8°C)

腦波は更に直線に近づき基線の動搖もなほ明かに認められた。即ち腦波は 45 分後よりこの期になるまで略、同様の所見を呈した。

90 分後 (腦温 23.2°C, 腹温 28.3°C, 直温 24.8°C)

この期に至つて漸く基線の動搖も少くなり腦波は殆ど停止するかに見えたが電心圖には未だ

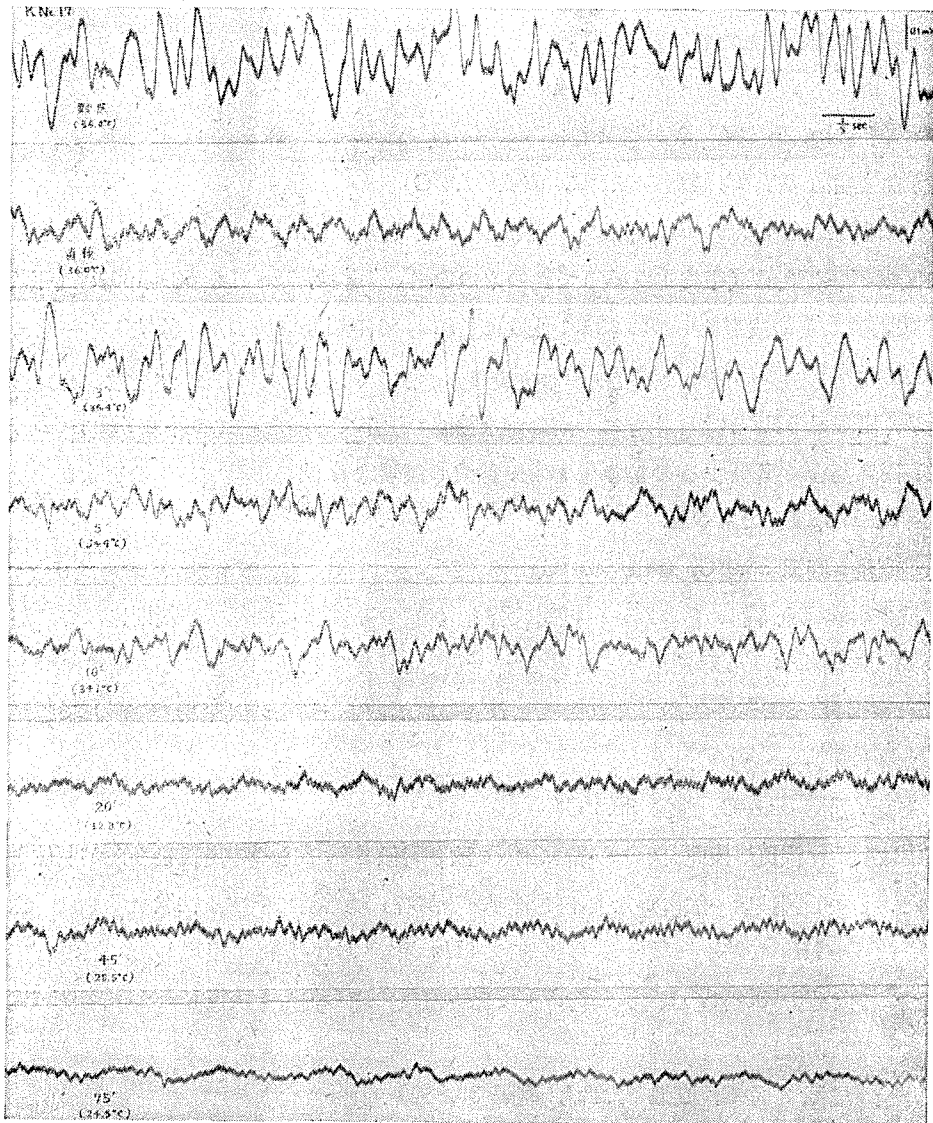
強調すべき變化を來さなかつた。

120 分後 (腦温 19.0°C, 腹温 26.0°C, 直温 21.4°C)

腦波は 90 分後と同様殆ど直線状であつた。

140 分後 (腦温 17.4°C, 腹温 23.8°C, 直温 19.2°C)

此の期に於ては突如振幅増大し腦波が再び出現した。即ち徐波ともみられる振幅のかなり大きい波が極めて不規則に出現するのが認められた。しかしこれらは何等周期性を示さずその判



第3圖 第1例 凍死過程に於ける腦波 (No.17)

定は困難であつたが強いて徐波と看做せば 4~2Hz, 50~180 μ V (平均 100 μ V) のものであつた。

150 分後 (脳温 16.8°C, 腹温 23.3°C, 直温 18.2°C)

振幅は再び減少して前記の徐波様のものは僅かに痕跡的存在として認められ脳波は再び不規則な基線の動揺を示すにすぎないものとなつた。

180 分後 (脳温 14.2°C, 腹温 21.8°C, 直温 15.2°C)

脳波は完全に消失した。

190 分後 (脳温 13.2°C, 腹温 20.9°C, 直温 14.4°C)

心搏動の停止を來した。

第 2 例 (No. 18 褐 ♀ 2.7kg)

曝露前 (脳温 37.1°C, 腹温 38.1°C, 直温 37.2°C)

α 波は判然としないが 10 秒間に 2 群みられた。その 1 群は連続度 1.3 秒, 周波数 12.3 Hz, 振幅 70~230 μ V (平均 120 μ V) で他のものは夫々 1.0 秒, 12.9Hz, 50~160 μ V (平均 100 μ V) である。その波形はいづれも多少徐波に重疊して不規則であつた。徐波も亦一般にかなり不規則であるがその頂點は軽度ながら尖鋭なものが多い。この中 4Hz が全數の略: $\frac{1}{3}$ で最も多く出現し 5Hz が之に次ぎこの両者が全徐波の過半であつた。この外に 7Hz, 6Hz, 3Hz が略: 同じ割合で出現するのがみられた。徐波の振幅は α 波の重疊するものを除き 90~290 μ V (平均 170 μ V) であつた。

曝露直後 (脳温 36.9°C, 腹温 38.0°C)

α 波の出現は全く認められない。振幅は著しく減少し波形は極めて不規則になつたが直後 7Hz 前後の徐波が 1.4 秒連続して出現した。其後波形及び周期性は更に不規則になつたが、7Hz 及び 6Hz が比較的多數みられた。これらの振幅は 55~75 μ V (平均 60 μ V) で曝露前のその略: $\frac{1}{3}$ に減少した。

2 分後 (脳温 35.8°C, 腹温 38.2°C)

振幅は明かに恢復の傾向を示し一部には α 波と看做されるものの出現をみたが判然としなかつた。しかし脳波は一般にかなり不規則であるが略: 曝露前に類する性状を示した。徐波の大部分は 7~5Hz で略: 同數にみられ他に 4Hz 及び 3Hz が僅か出現した。振幅はすべての徐波につき 70~300 μ V (平均 150 μ V) で曝露直後に比し著しく恢復したが曝露前にはなほ及ばなかつた。

5 分後 (脳温 33.5°C, 腹温 37.2°C, 直温 33.8°C)

脳波は依然として不規則であるが振幅はこの期より再び減少しはじめた。徐波は 5Hz が半數よりは少いが比較的多數みられこれに次いで 7Hz, 6Hz, 4Hz が略: 同じ割合で出現した。

これらの振幅は $60\sim 200\mu\text{V}$ (平均 $130\mu\text{V}$) で軽度の減少を來した。

10 分後 (脳温 32.8°C , 腹温 36.9°C , 直温 33.5°C)

振幅は軽度であるが更に減少した。徐波の頂點はこの期より稍鈍化し且つ多少安定して出現するものの如くであつた。その約半数は 5Hz で 6Hz が之に次ぎ他に 4Hz が極めて少数みられた。振幅は $60\sim 170\mu\text{V}$ (平均 $115\mu\text{V}$) に減少した。

20 分後 (脳温 31.3°C , 腹温 35.8°C , 直温 32.0°C)

所見は 10 分後に比し大差を認めないが振幅は軽度の減少を來し徐波の頂點も更に鈍化するものの如くであつた。徐波は依然として 5Hz が最も多く次いで 4Hz , 6Hz , 3Hz の順に少くなつた。振幅は $50\sim 120\mu\text{V}$ (平均 $85\mu\text{V}$) であつた。

30 分後 (脳温 30.2°C , 腹温 35.0°C , 直温 31.2°C)

徐波は更に振幅の減少を來すと共にその不規則性を増し各徐波の周波数の計測はかなり困難を伴つた。しかし強いて測定すれば 5Hz , 4Hz が半数よりやゝ多く残りは 7Hz , 6Hz 及び少数の 3Hz であつた。振幅は $50\sim 110\mu\text{V}$ (平均 $80\mu\text{V}$) に減少した。

45 分後 (脳温 29.0°C , 腹温 33.8°C , 直温 30.0°C)

所見は 30 分後と略同様に依然として振幅の漸減と不規則性の増加が認められた。

60 分後 (脳温 27.7°C , 腹温 32.5°C , 直温 28.2°C)

徐波の振幅は更に著しく減少しその周期も不規則且つ不明瞭となり各徐波の判別は殆ど不可能となつた。即ち脳波はたゞ不規則な基線の動揺を示すにすぎずこの期に於いては正常の脳波の性格を全く失つたものと看做された。然るに電心圖には心搏動数の軽度の減少がみられたのみであつた。これは特に注目すべき所見である。

90 分後 (脳温 24.9°C , 腹温 29.7°C , 直温 26.1°C)

120 分後 (脳温 22.0°C , 腹温 25.5°C , 直温 23.6°C)

60 分後と同様の所見が引續き認められた。

150 分後 (脳温 18.8°C , 腹温 21.5°C , 直温 20.6°C)

突如脳波の再現がみられた。即ち略 17Hz , $130\mu\text{V}$ の α 波様の速波が不規則ではあるが殆ど間斷なく連續して出現した。その上更に 7Hz 前後の徐波がこれに混入重疊して極めて複雑な波形を示した。

165 分後 (脳温 16.3°C , 腹温 20.2°C , 直温 18.6°C)

前記の複雑な波形はこの期に於いて明かに單純化された。即ち α 波様の速波はその連續性を減じて $0.3\sim 0.5$ 秒連續する群を形成しこれが 10 秒間に 6 群認められた。各群いづれも 14Hz 前後略 $200\mu\text{V}$ のもので 150 分後のものに比し周波数の異動が認められた。

180 分後 (脳温 15.2°C , 腹温 18.3°C , 直温 17.2°C)

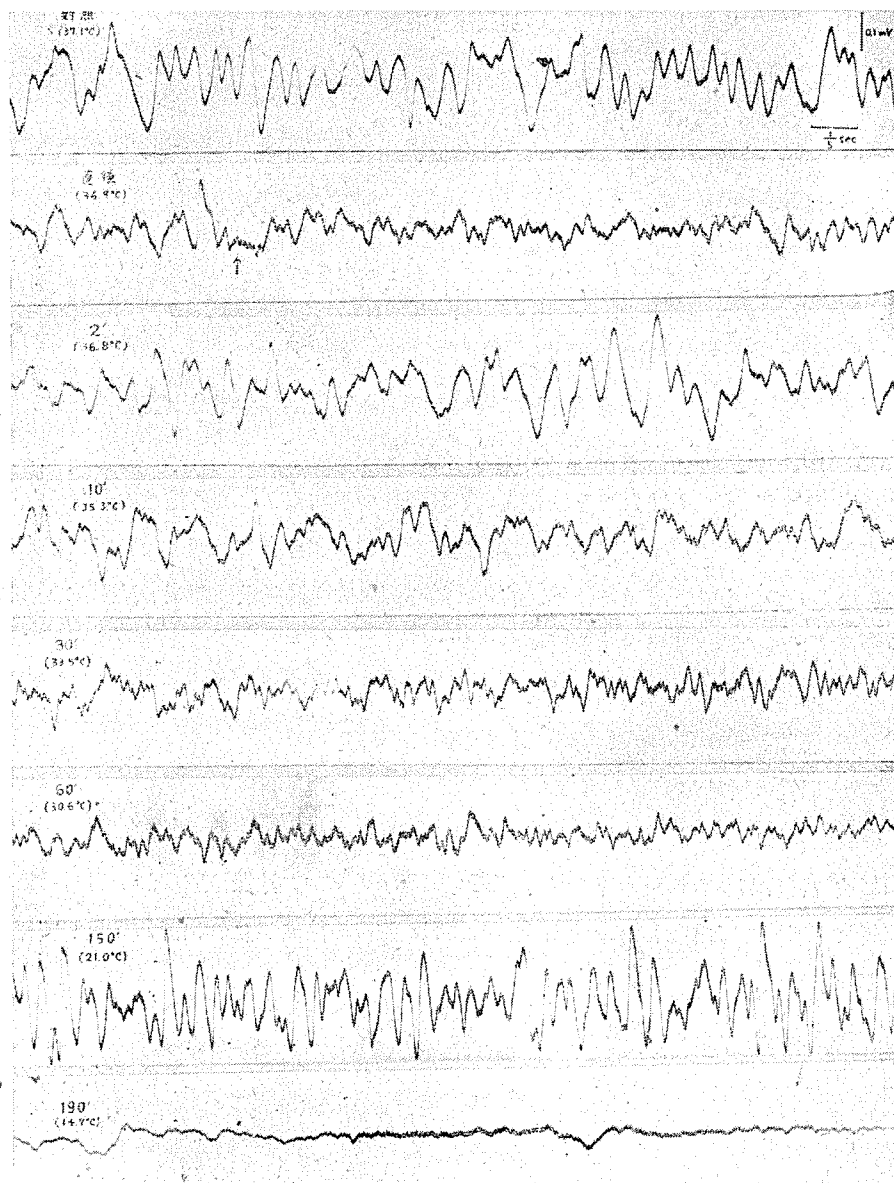
速波の群は全く認められなくなりこれに代つて Cheyne-Stokes 氏呼吸と同時に大きな動揺が現れこれらの間に 7Hz 前後の不規則な徐波が多少混入するのが認められた。

185 分後 (脳温 14.4°C, 腹温 17.5°C, 直温 16.8°C)

脳波は全く消失した。

195 分後 (脳温 12.9°C, 腹温 17.0°C, 直温 16.3°C)

心搏動の停止を來した。



第 4 圖 凍死過程に於ける脳波 (No.18)

第3例 (No. 11 白 ♂ 2.7kg)

曝露前 (腦溫 36.2°C, 腹溫 37.5°C, 直溫 36.4°C)

腦波は一般に頂點の尖鋭な波形のものが多くが α 波は數回の描記によつても遂に認められなかつた。徐波の略、半數は 2Hz のものでこれらの中には 4Hz, 3Hz が不規則に交錯して出現した。振幅は 10 秒間にみられたすべての徐波について 200~510 μ V (平均 355 μ V) であつた。

曝露直後 (腦溫 36.4°C, 腹溫 37.0°C)

振幅は直後著しく減少すると共に 5Hz 前後の徐波が 1.5 秒連続して出現した。 α 波は無論みとめられない。其後波形は崩れて判然としないが 6Hz 前後のものが最も多數に現れるやうになつた。全徐波の振幅は 60~240 μ V (平均 110 μ V) で曝露前のその略、 $\frac{1}{3}$ に減少した。

1 分後 (腦溫 36.4°C, 腹溫 36.8°C)

波形は殆ど變らず徐波は 5Hz が略、半數で最も多く残りは 6Hz, 4Hz で略、同じ割合で出現した。その連続性は多少認められた。振幅は 65~180 μ V (平均 110 μ V) で直後と同様であつた。

3 分後 (腦溫 35.2°C, 腹溫 37.0°C)

全般的にみて振幅はかなり恢復した。即ちすべての徐波の振幅は 100~350 μ V (平均 190 μ V) で未だ曝露前のそれには及ばないが正常復歸への傾向が明かに認められた。徐波はかなり複雑な形のもののみられたが 2Hz, 3Hz の大きな徐波に 4Hz, 5Hz の小さなものが重疊し極めて不規則なものが多い。その頻度についてみると殆ど大部分が 2Hz, 3Hz 及び 4Hz でこれらが略、同じ割合で出現した。一部には α 波とみられるやうな所見が認められたが大きな徐波に重疊して波形はかなり不規則で判然としないものであつた。全體として此の期の腦波は曝露前のそれに類似する性格を示した。

5 分後 (腦溫 34.4°C, 腹溫 37.3°C, 直溫 34.7°C)

振幅は再び明かに減少を來した。3 分後にみられた α 波様のものは全くその痕跡さへも認められない。徐波は頂點の稍、鈍化した不安定な 5Hz のものが全數の略、 $\frac{1}{3}$ でこれに次いで 4Hz, 6Hz が比較的多數出現した。振幅は 50~170 μ V (平均 100 μ V) に減少した。

10 分後 (腦溫 33.4°C, 腹溫 36.9°C, 直溫 33.8°C)

徐波の振幅は 55~140 μ V (平均 100 μ V) で 5 分後と同様であるがこの期ではかなり連続し且つ安定して出現した。その大部分は 5Hz 前後のもので δ 波とみなされるものであつた。

20 分後 (腦溫 31.6°C, 腹溫 36.3°C, 直溫 32.2°C)

δ 波と看做されるものは引續いてその出現がみられたが周期は多少延長して 5Hz, 4Hz が略: 同數出現した. 振幅は 50~130 μ V (平均 90 μ V) であつた.

30 分後 (腦温 30.0°C, 腹温 35.0°C, 直温 31.0°C)

この期では δ 波の性格は更に明かとなり極めて多數の 4Hz が少數の 3Hz と共にかなり連續固定して出現した. その振幅は 40~110 μ V (平均 75 μ V) に減少した.

45 分後 (腦温 28.7°C, 腹温 34.4°C, 直温 29.7°C)

振幅の減少は更に著しく 35~100 μ V (平均 60 μ V) で曝露前の略: $\frac{1}{5}$ となつた. 徐波は連續性を失つたばかりでなくその出現頻度も減少し 4Hz が多少殘存して見られた外には 3Hz, 5Hz が極めて僅かに認められたにすぎない. 即ちこの期では腦波の不規則性はかなり著しく 10~30 分後のものに比し性格の相違が判然と認められた.

60 分後 (腦温 26.4°C, 腹温 33.7°C, 直温 28.3°C)

振幅は更に著しく減少し徐波も判然と認め難くなり, 二, 三のものを除いては殆ど測定困難である. 全體として腦波は單なる不規則な基線の動搖にすぎずその正常の性格はまさに失はれようとする所見を示した.

90 分後 (腦温 22.1°C, 腹温 30.6°C, 直温 25.7°C)

120 分後 (腦温 18.9°C, 腹温 28.4°C, 直温 22.5°C)

腦波の所見は殆ど同様であるが振幅は軽度ながら減少し腦波は更に直線に近づくのみであつた.

130 分後 (腦温 18.1°C, 腹温 27.7°C, 直温 21.5°C)

此の期に於いて振幅は突如として増大し腦波の再出現がみられた. これを仔細に觀察すると不規則な 3~5Hz の徐波に略: 15Hz, 200 μ V 前後の所謂 α 波と看做される速波が重疊して間斷なく出現しかなり複雑な所見を示した. 即ちこの期における腦波の再現は極めて著しいものでこの所見は其後なほ暫く繼續してみられた.

150 分後 (腦温 16.4°C, 腹温 27.6°C, 直温 19.4°C)

この期に至つて前記の複雑な所見は明かに單純化された. 即ち 12~13Hz, 300 μ V 前後の波と見做されるものが 10 秒間に 5 群規則的に出現した. 凍死の末期に於いてこのやうな典型的の紡錘形を示す α 波の出現をみたことは特記すべき所見である.

165 分後 (腦温 14.5°C, 腹温 24.9°C, 直温 18.0°C)

振幅は再び減少しはじめ α 波の形は崩れて極めて不規則になり再現した α 波には多少周波數の異動が認められた.

180 分後 (腦温 13.7°C, 腹温 24.0°C, 直温 16.5°C)

振幅は更に急激に減少して再び基線の動搖を示すのみとなり腦波は何等認むべき性格を示さ

ず漸次消失に移行した。

腦波の完全な停止は 185 分後 (腦温 13.0°C, 23.2°C, 腹温 23.2°C, 直温 16.0°C) で 200 分後 (腦温 10.4°C, 腹温 21.0°C, 直温 14.5°C) に至つて心搏動の停止が認められた。

第 4 例 (No. 15 褐♀ 2.85 kg)

曝露前 (腦温 36.4°C, 腹温 37.7°C, 直温 36.9°C)

腦波は一般に頂點の尖つた波形で 10 秒間に 0.8 秒連続する 10.8 Hz, 120~250 μ V (平均 180 μ V) の α 波の 1 群が出現した。徐波は 5 Hz, 6 Hz のものが比較的多い。これに次いで 4 Hz, 7 Hz が略; 同じ割合にみられ, これらが不規則に交錯して出現した。振幅は 80~260 μ V (平均 190 μ V) であつた。

曝露直後 (腦温 36.0°C, 腹温 37.6°C)

α 波は全く認められない。直後振幅の減少と共に 5~4 Hz の徐波が 1.6 秒連続してかなり規則的に出現した。其後波形は稍; 不規則になつたが 6~3 Hz のものが多數つづいて現れた。

これらは 4 Hz が略; 半數で最も多く 5 Hz がこれに次ぎこの両者が殆ど大部分で他に 6 Hz, 3 Hz が極めて少數みとめられたのみであつた。振幅は 90~220 μ V (平均 130 μ V) でその減少度は他の例に比し軽度であつた。

1 分後 (腦温 35.8°C, 腹温 37.3°C)

α 波は依然として出現しない。波形も直後のそれに類似するが徐波は連続且つ固定して出現するものが多い。その中 5 Hz が全數の略; $\frac{1}{3}$ で, 4 Hz, 6 Hz がこれに次ぎ其他 3 Hz, 7 Hz が極めて僅か散在して現れた。振幅は 70~250 μ V (平均 130 μ V) で直後と同様であつた。

5 分後 (腦温 31.6°C, 腹温 35.6°C, 直温 33.3°C)

徐波は 4 Hz が最も多く全數の略; $\frac{1}{3}$ を占め 5 Hz, 3 Hz, 2 Hz がこれに次ぎ他に 6 Hz が僅か混入して出現した。振幅は 110~340 μ V (平均 180 μ V) でこの時期には明らかに振幅の恢復が認められた。しかし α 波は依然認められなかつた。

10 分後 (腦温 31.4°C, 腹温 35.0°C, 直温 32.1°C)

波形は殆ど變らない。徐波も 5 分後と同様 4 Hz が最も多く全數の半ばにみられ 5 Hz, 3 Hz がこれに次いで出現した。振幅は 70~170 μ V (平均 110 μ V) でこの時期から再び明らかに振幅の減少が認められた。

30 分後 (腦温 29.5°C, 腹温 32.8°C, 直温 30.1°C)

振幅は更に著しく減少すると共に多少不規則性を加へ徐波は一, 二を除きその判定は極めて困難となつた。

45 分後 (腦温 26.9°C, 腹温 31.0°C, 直温 28.2°C)

此の期に於ては振幅の減少は更に著明で徐波と見做されるものもなく脳波は殆ど直線に近いものになりたゞ所々に基線の動揺が認められるにすぎない状態を示した。脳波は全くその正常の性格を失つたものと認められた。

60 分後 (脳温 25.2°C, 腹温 29.8°C, 直温 26.5°C)

90 分後 (脳温 22.4°C, 腹温 26.6°C, 直温 23.6°C)

105 分後 (脳温 20.5°C, 腹温 25.0°C, 直温 21.9°C)

振幅は更に直線に近づくもののやうであるが全體として脳波は 45 分後と殆ど同様の性状を示した。

120 分後 (脳温 19.2°C, 腹温 23.4°C, 直温 20.5°C)

脳波は突如として不規則であるが略、19Hz, 240 μ V の α 波様の速波が間断なく連続して出現し 4~5Hz の徐波に重疊するものもあつてかなり複雑な波形を示した。

140 分後 (脳温 17.9°C, 腹温 22.4°C, 直温 18.6°C)

不規則不定形であるが 4~5Hz のものが多いがかなり多數連続して出現しこの間に判然としないが α 波様の波形のものが散在性に出現した。振幅は 120~210 μ V (平均 140 μ V) である。

150 分後 (脳温 16.1°C, 腹温 21.1°C, 直温 17.0°C)

脳波は更に不規則となり徐波の周波数の判定は困難を來した。振幅は更に小さくなり 50~140 μ V (平均 110 μ V) に減少した。

160 分後 (脳温 15.8°C, 腹温 20.5°C, 直温 16.6°C)

脳波は突如として消失した。

170 分後 (脳温 14.6°C, 腹温 19.6°C, 直温 16.2°C)

心搏動の停止を來した。

第 5 例 (No. 19 褐 ♀ 2.7kg)

曝露前 (脳温 37.0°C, 腹温 37.0°C, 直温 36.1°C)

α 波は 10 秒間に 2 群認められた。その 1 群は連続度 1.2 秒、周波数 13.0Hz, 振幅 50~150 μ V (平均 100 μ V) でかなり規則的な波形を示すが他のものは夫々 0.5 秒, 13.0Hz, 40~130 μ V (平均 75 μ V) で 2Hz の徐波に重疊して居り波形はかなり不規則であつた。徐波についてみると 4Hz のものが最も多く全徐波の $\frac{1}{3}$ を占め他に 7~2Hz のものが略、同じ割合で不規則に出現した。その波形は一般に頂點の尖つたものであつた。振幅は 75~200 μ V (平均 160 μ V) であつた。

曝露直後 (脳温 36.8°C, 腹温 36.0°C)

α 波は全く認められない。直後 7~6Hz の徐波が約 2 秒連続して出現したが其後徐波は 5

Hz が全數の略、半ばにみられ他は 6Hz, 7Hz でこれらが不規則に混入して出現した。振幅は 70~100 μ V (平均 90 μ V) で曝露前のその略、 $\frac{1}{2}$ に減少した。

2 分後 (腦温 34.6°C, 腹温 36.1°C)

振幅は稍、恢復の傾向が認められるがあまり明らかではない。徐波は 5Hz が全數の $\frac{1}{3}$ 以上で 4Hz がこれに次ぎ 6Hz, 7Hz は直後よりも更に少い。これらの徐波は頂點がやや鈍化し連続性が多少認められた。振幅は 80~130 μ V (平均 110 μ V) で軽度の恢復をみた。

5 分後 (腦温 32.9°C, 腹温 35.5°C, 直温 34.1°C)

振幅はこの期より再び減少しはじめた。徐波は 7Hz, 6Hz が多くなり、これらが全數の過半を占めこの間に 5Hz, 4Hz が散在性に混入してゐる。波形は頂點の稍、鈍化したものが多く又多少不規則性を増加したもののやうであつた。振幅は 60~110 μ V (平均 80 μ V) に減少した。

10 分後 (腦温 31.2°C, 腹温 35.5°C, 直温 33.5°C)

腦波の不規則性は更に増加するものの如くであつた。徐波は 6Hz, 5Hz が多くみられるやうになりこれらが過半數で 4Hz がこれに次いで出現した。振幅は 50~110 μ V (平均 70 μ V) で軽度の減少を來した。

20 分後 (腦温 29.8°C, 腹温 34.2°C, 直温 32.3°C)

腦波の不規則性は明らかにその度を増し振幅も更に減少した。従つてこの期では徐波も極めて不規則となつたが、6Hz, 5Hz が略、同じ割合で出現するのが認められた。振幅は 40~90 μ V (平均 60 μ V) に減少した。

30 分後 (腦温 29.0°C, 腹温 33.8°C, 直温 31.5°C)

振幅の減少は 20 分後に比し明らかではないが腦波はかなり規則性を恢復して 4Hz, 3Hz の徐波が多數連続且つ固定して出現し δ 波の性格が明らかに認められた。振幅は 40~80 μ V (平均 55 μ V) であつた。

60 分後 (腦温 27.0°C, 腹温 31.3°C, 直温 28.2°C)

振幅は更に明らかに減少し腦波の周期性は殆ど認められずたゞ不規則な基線の動搖を示すにすぎない。即ち腦波は著しく直線に近いものになりその性格は全く失はれたものと看做されるに至つた。

90 分後 (腦温 24.7°C, 腹温 27.7°C, 直温 24.6°C)

120 分後 (腦温 21.5°C, 腹温 24.7°C, 直温 22.5°C) に於いても繼續して認められた。

145 分後 (腦温 17.4°C, 腹温 22.1°C, 直温 19.9°C)

此の期に至つて突如腦波の再出現を來し不規則であるが α 波とみなされる略、16Hz, 130 μ V 前後のものが間斷なく連續して出現した。

165 分後 (脳温 15.2°C, 腹温 21.0°C, 直温 17.8°C)

脳波は全く消失した.

175 分後 (脳温 14.9°C, 腹温 20.6°C, 直温 16.9°C)

心搏動の停止を來した.

第 6 例 (No. 21 白 ♂ 2.85kg)

曝露前 (脳温 36.2°C, 腹温 38.1°C, 直温 37.1°C)

α 波は徐波に重疊して多少不規則であるが, 0.6 秒連続する 12.5Hz, 55~230 μ V (平均 120 μ V) の 1 群が出現した. 徐波は 2~4Hz のものが略, 同じ割合で不規則に出現した. 波形は一般に頂點が尖鋭でこれらの振幅は 120~420 μ V (平均 310 μ V) であつた.

曝露直後 (脳温 36.0°C, 腹温 38.2°C)

α 波は全くみとめられない. 徐波は頂點が鈍化してその尖鋭性を全く失つてゐるが, 3Hz, 2Hz のものが極めて多數みられ, これらの間に少數の 4Hz, 5Hz が混入して出現した. 振幅は 40~220 μ V (平均 140 μ V) で曝露前の略, $\frac{1}{2}$ に減少した.

5 分後 (脳温 33.0°C, 腹温 37.8°C, 直温 33.0°C)

α 波は依然として出現しない. 波形は直後と略, 同様に徐波も 3Hz, 2Hz が比較的多數みられこの外 4Hz が直後より多少増加して出現した. 振幅は 70~240 μ V (平均 140 μ V) で直後のそれに比し増減を來さなかつた.

10 分後 (脳温 31.4°C, 腹温 37.2°C, 直温 32.4°C)

徐波の振幅は 50~210 μ V (平均 90 μ V) に減少したが一般に波形は 5 分後に類似し徐波の周波数の関係も略, 同様であつた.

30 分後 (脳温 29.2°C, 腹温 35.3°C, 直温 31.0°C)

振幅は著しく減少し波形はかなり不規則性を増加した. 徐波は殆ど大部分が 3Hz, 4Hz で相半ばして出現し他に極めて少數の 5Hz, 6Hz が散見されたのみであつた. 振幅は 30~120 μ V (平均 60 μ V) で曝露前の $\frac{1}{5}$ に減少した.

60 分後 (脳温 25.3°C, 腹温 33.2°C, 直温 28.0°C)

脳波の性格は 30 分後に比し大差を認めない. 振幅も 30~110 μ V (平均 60 μ V) で殆ど同じであつた.

90 分後 (脳温 21.8°C, 腹温 29.6°C, 直温 25.0°C)

脳波は更に著しく不規則性を増し振幅も 20~65 μ V (平均 35 μ V) で 60 分後の略, $\frac{1}{2}$ に減少し徐波の判別は全く不可能で脳波は基線の動搖にすぎない所見を示した.

105 分後 (脳温 20.5°C, 腹温 27.9°C, 直温 23.5°C)

120 分後 (腦温 19.7°C, 腹温 25.7°C, 直温 22.5°C)

所見は全く同様であるが、振幅は更に軽度ながら減少するものの如くであつた。

135 分後 (腦温 18.4°C, 腹温 23.9°C, 直温 20.0°C)

振幅の増大は著しくないが突如腦波の再現がみとめられた。即ち 6~7Hz, 50 μ V 前後の徐波とみなされるものが多數現れこれに重疊して 14~15Hz, 30 μ V 前後の α 波様のものが僅か認められた。

150 分後 (腦温 16.1°C, 腹温 22.4°C, 直温 18.0°C)

此の期では腦波の再現はかなり著しくなり振幅も多少更に増大を來した。即ち 4~5Hz, 60 μ V 前後の徐波に略: 15Hz, 40 μ V 前後の α 波様のものが重疊し 135 分後よりも更に頻度を増して出現するのがみられた。

165 分後 (腦温 14.0°C, 腹温 20.7°C, 直温 16.5°C)

α 波様の速波は全くみとめられなくなり、頂點の稍: 尖鋭な 4~7Hz, 50 μ V 前後の徐波が不規則に交錯して出現した。

175 分後 (腦温 12.9°C, 腹温 19.3°C, 直温 15.4°C)

此の期に至つて腦波は全く消失を來した。

195 分後 (腦温 11.5°C, 腹温 17.2°C, 直温 13.7°C)

心搏動の停止をみた。

總括並に考按

1875 年 Caton¹⁰⁾ が大脳皮質に電位差の變動があることを動物實驗により初めて明かにして以來此の方面の研究は諸家により相次いで行はれた。今日では腦波は大脳皮質における働作電流を表はしその消長は大脳機能と密接な關係を有することは議論のないところであつて現今各種の病的状態に於ける大脳機能を闡明するものとして廣く應用されてゐる所以である。

Berger¹¹⁾ は人間の腦波に振幅のかなり大きい約 10Hz のものと振幅の小さい 17~50Hz のものを見出し夫々 α 波, β 波と命名した。この名稱は多數の人によつて採用されてゐるものである。 α 波は意識と關係があり精神的安靜状態にみられ β 波は精神的安靜時には α 波に重疊し精神的活動時には單獨で現れるものとされてゐる。又 Walter¹²⁾ は腦腫瘍患者の腫瘍に近接する皮質からかなり安定且つ連続して現れる 2~3Hz のものを見出しこれを δ 波と稱した。 δ 波は該部の機能障礙と關係があるといはれ一般に病的波とみなされてゐるものである。動物においても腦波の研究は各種類について行はれてゐるが諸家の業績は必ずしも一致してゐない。これは麻酔の有無, 誘導方法, 其他種々の條件が異なるに依るものであらう。特に家兎は環境の變化や些細の音響に對しても極めて敏感である故か腦波も一般に不安定なものが

多いやうである。しかし所謂 α 波と看做される速波とこれよりも周波数の低い徐波とが主にみられることは異論のないところである。

私の実験に於ては特にこれらの波の増幅に適するやうな性能をもつ増幅器を設計使用した。

Adrian¹³⁾ は家兎には通常 α 波は見られず或る特定の条件即ち Dial 麻酔の下に痛覺刺戟を與へるか或は直接腦を電氣的に刺戟するかによつてはじめて 10Hz のものが現れるといふ。Adrian は誘導部位に言及してゐないが正常状態に於いても部位によつては多少周波数は異なるが人間の α 波に相當するものがみられることは前に述べた通りである。私は実験方法に詳しく述べたやうに無麻酔家兎の線狀領から誘導したが所謂 α 波は 11Hz (No. 5), 12.5Hz (No. 18, No. 21), 13Hz (No. 17, No. 19) のものが得られた。

Kornmüller¹⁴⁾ は線狀領からは α 波は認めなかつたが之に隣接する Area peristriata から 13~14Hz のものを見出し、伊藤、喜多村¹⁵⁾ は線狀領から振幅の大きい 10~14Hz のものを見出した。これは私の成績と略一致するものである。 α 波の出現頻度は大體、10 秒間に 1 群 (No. 15, No. 21) 乃至 2 群 (No. 17, No. 18, No. 19) であつた。しかし數回の撮影によつても遂にみとめられないもの (No. 11) もあつた。2 群の出現をみたものは殆ど同じ周波数を示した。連續度は徐波に重疊するものは短く 0.5 秒 (No. 19) 或は 0.6 秒 (No. 21) にすぎないがさうでないものは 1~3 秒で全例の平均は 1.7 秒であつた。振幅は 80~210 μ V (平均 130 μ V) で伊藤、懸田¹⁶⁾ の 80~140 μ V より稍大であつた。 α 波の波形は多少規則的な 1 群 (No. 19) がみられた外はどれも不規則で人間の場合とはかなりの差異があつた。時には人間にみられるやうな極めて典型的な紡錘形を示すものが凍死の末期に認められた例 (No. 11) もあつた。

徐波については Marinesco, Sager, Kreindler¹⁷⁾ は線狀領に 2~6Hz, Bartley and Bishop¹⁸⁾ は後頭葉 (視覺領域) に 5Hz, Kornmüller は線狀領に 2Hz, Area peristriata に 5Hz のものを見出した。私の成績では 2~4Hz が多數出現するもの (No. 11, No. 21), 4~5Hz が多數出現するもの (No. 18, No. 19), 5~6Hz が多數出現するもの (No. 15, No. 17) 等があり電極の位置を綿密に一定にしても家兎により各、特定の周波数のものが多數固定して現れる傾向がみとめられた。しかしその變動範圍は 2~6Hz で諸家の成績に略一致するものであつた。これらすべての徐波の振幅は 160~320 μ V (平均 230 μ V) で α 波のその 2 倍に近いものであつた。波形は一般に頂點が尖鋭でかなり複雑なものが多かつた。

體温は腦温、腹温のほかに参考として直温を測定したが家兎は室温でも緊縛して種々操作を施してゐる間に軽度であるが體温の下降を來すので對照としてはすべて低温曝露直前のものを採ることにした。それらの測定値は腦温 37.1~36.0°C (平均 36.5°C), 腹温 38.1~37.0°C (平均 37.6°C) 直温 37.2~36.1°C (平均 36.7°C) で腦温はもつとも低く腹温に比しかなり

の差がみとめられたが、直温との差は極めて僅かであつた。

凍死の實驗にさいしては無麻酔の家兎を -40°C の低温に曝露せしめて死に至るまで腦波の消長を追うると共に腦温、腹温及び直温を測定し次の成績を得た。

I. 體温特に腦温の消長

低温曝露の直後 腦温は一過性であるが $0.1\sim 0.3^{\circ}\text{C}$ の上昇が6例中3例にみられた。即ち No. 11 は 10 秒後 0.1°C 、20 秒後 0.2°C 、30 秒後 0.3°C の上昇を來し 50 秒後より漸次下降し 1 分 20 秒で曝露前の温度に復歸した。No. 17 は 20 秒後 0.1°C の上昇を來し 30 秒後復歸した。No. 18 は 10 秒後 0.2°C 下降したが、40 秒後 0.3°C の上昇を來し 1 分後より漸次下降した。この一過性の體温上昇は緒方¹⁹⁾ により人間に見出され「初發上昇」と唱へられたがこのやうな現象は又動物にも存在すると言はれてゐる。この所謂「初發上昇」は寒冷刺激に對する生體の反應と解すべきもので腹温に就いても同様の所見が認められた。腦温及び直温は曝露後 10 分まで稍、急激な下降を示した。しかし其後は何れも圖に見られるやうに何等著しい特徴を示さず略、直線状にしかも各温殆ど平行して死に至るまで下降の一途を示した。其間腦温は腹温よりも $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ 、直温 (アルコール温度計による) よりも $0.5\sim 1.5^{\circ}\text{C}$ いづれも低く終始したことは特に注目すべき所見である。

II. 腦波の消長

凍死の各期にみられた諸所見により便宜上 3 期に大別して述べることにする。

第 1 期 (曝露直後より 30 分後まで)

曝露直後振幅の著しい減少が全例に認められた。即ち直後の振幅は $60\sim 140\mu\text{V}$ (平均 $100\mu\text{V}$) で曝露前の略、 $\frac{1}{3}$ に減少したもの (No. 11, No. 17, No. 18) と略、 $\frac{1}{2}$ に減少したもの (No. 15, No. 19, No. 21) とがあつた。3 分後振幅は恢復して $110\sim 190\mu\text{V}$ (平均 $150\mu\text{V}$) となり正常復歸への傾向を示したが、5 分後より再び漸次減少し 30 分後は $55\sim 95\mu\text{V}$ (平均 $76\mu\text{V}$) でその減少度はかなり著明であつた。 α 波は曝露直後において全例が消失したが 3 分後振幅の恢復するに伴ひ、連續度は短いながらも明らかにその出現の認められたもの (No. 11, No. 17) があつた。又振幅は小さいがかなりの連續度で出現したもの (No. 18) もあつた。しかしこの時期に再び出現した α 波は一般に曝露前のものに比し著しく變形したものであつた。即ち 3 分後では略、曝露前に類似した性格を示すものが多かつたが α 波は 5 分以後は全く出現しなかつた。

徐波は曝露直後振幅の減少と共に $7\sim 6\text{Hz}$ のものが $1.3\sim 1.7$ 秒連續して出現するのが全例にみられた。其後徐波は漸次頂點の鈍化を來し振幅の漸減に伴ひ周期も延長して、周波数の低いものが多數現れる傾向を示した。即ち全例を通じてみると一般に曝露直後 $7\sim 6\text{Hz}$ のものが 10 分後には $6\sim 5\text{Hz}$ 、20 分後には $5\sim 4\text{Hz}$ 、30 分後には $4\sim 3\text{Hz}$ のものが多い傾向が認めら

れた。又かなり連続性のある 5~3Hz の安定した徐波即ち所謂 δ 波とみなされるものは早いものでは既に 1 分後 (No. 15) 或は 2 分後 (No. 19) にみられたものもあつたがその定型的なものでは 10~30 分後 (No. 11), 30 分後 (No. 19) に出現した。

先づ本実験に於ける曝露直後の振幅の著減及び α 波の消失について考へてみよう。

脳を人工的に冷却すると脳温の低下に伴ひ脳波は抑制され遂に消失に至ることは既に中村、田中⁸⁾の実験によつて明かである。しかし曝露直後における脳温の低下は 0~0.3°C (平均 0.1°C) で極めて僅かであり又 3 分後脳波には恢復の傾向がみられたことから曝露直後におけるこれらの所見は同時にみられた脳温及び腹温の一過性の上昇と同様寒冷刺激に對する生體の反應とみなすべきであると思ふ。

次に注目されることは徐波は振幅の減少と共に漸次周期の延長を來し略 30 分後には δ 波の性格が明らかに認められたことである。このことは低温曝露後 30 分で早くも大脳機能の障礙が現れることを示すものと考へてよいであらう。

第 2 期 (45 分後より 90 分後まで)

此の期では前期に引つづき振幅は更に減少し、徐波も周波数の少いものが現れるやうになつた。従つて一般に或る時期を劃して脳波は單なる基線の動搖を示すのみとなりその正常の性格は全く失はれ徐波の判別も困難になる。この時期は No. 15 (脳温 26.9°C), No. 17 (脳温 28.5°C) では 45 分, No. 11 (脳温 26.4°C), No. 18 (脳温 30.6°C), No. 19 (脳温 27.0°C) では 60 分, No. 21 (脳温 21.8°C) では例外的に 90 分であつた。No. 21 を除きその平均は 54 分 (脳温 27.3°C, 腹温 31.6°C) で凍死の全経過 188 分のかかなり早期であつた。脳波は其後も引つづき更に軽度であるが漸次振幅の減少を來すものの如くでまもなく第 3 期に移行した。

脳波が 54 分で正常の性格を失ふといふことは凍死過程に於いては大脳皮質における機能が比較的早期に極めて高度の障礙を來すことを意味するものである。大脳皮質には運動、感覺、連合等の諸中樞が存在する。これらの機能を綜合した働作電流を表はすものといふ脳波の性質から凍死にさいし脳波の正常の性格がかなり早期に失はれたことは極めて重大な意義を有するものである。

古く 1894 年 Winternitz⁹⁾ は家兎を徐々に凍死せしめその全過程における一般症狀を極めて詳細に報告してゐる。これは凍死に關する業績としては既に古典的のものにぞくするが今日なほ腦中樞神經麻痺説を支持する根據となつてゐる。しかし現今の進歩した知見から考へると未だ十分なものではないことはいふまでもない。本実験を敢へて行つた理由の 1 である。

茲において特に Winternitz の業績に敬意を表して本実験における脳波の所見と Winternitz の一般症狀とを比較してみたいと思ふ。

Winternitz の用ひた凍死の方法は氷による全身冷却で我々の完備した低温装置に較べると

極めて幼稚なものである。しかし私の實驗では四肢を緊縛固定する必要があり、更に低温室の溫度を一定に保つために頻繁な出入をさねねばならず、ために症狀を詳細に觀察することが出来なかつた。従つて條件も夫々異なることは一應考慮されねばならないが先づ兩者の直溫を對比してその溫度における腦波の所見と症狀とを比較してみよう。

Winternitz は凍死の全経過を興奮期と麻痺期とに分け更に麻痺期を直溫 34~31°C, 31~29°C, 29~26°C, 26~22°C, 22~19°C の 5 期に分けて症狀を記載した。

腦波の性格喪失は例外 (No. 21) を除き直溫 28.9~28.2°C (平均 28.5°C), 腦溫 27.7~26.4°C (平均 27.3°C), 経過時間 45~60 分 (平均 54 分) でこれは Winternitz の直溫 29~26°C の期に相當するものと見做される。Winternitz はこの期に於いて前期にみられた寒冷麻痺症狀即ち嗜眠状態、意識的感覚の消失、瞳孔の中等度散大、對光反應の消失等のほかに更に歩行の蹣跚、無力状態、共同機能の障碍等が随伴すると述べてゐる。本實驗では前述の理由で Winternitz の諸所見はすべて確認出来なかつたことは遺憾である。しかし腦波の性格が失はれた時には家兎は極めて安靜で朦朧状態に在るものの如くかなり強い刺戟に對しても殆ど反應せず瞳孔は既に中等度以上に散大し對光反應も著しく遲鈍若くは殆ど認められなかつた。只呼吸は淺く表在性で呼吸數にも多少増減があつたがかなり規則的であつた。即ち Winternitz の記載に類似する所見もかなり多くみとめられた。言ふまでもなく感覺、運動、連合等の生活に必要な諸中樞が大脳皮質に存在することは異論のないところである。従つて Winternitz の直溫 29~26°C の期に腦波が性格の喪失を來したといふ事實は前記諸所見の科學的證左とみなされるべきで、凍死の病理に關して新しい觀點より特に大脳皮質の機能衰頹を主徴とする腦中樞神經麻痺説に更に有力な根據を與へる一新知見を加へたものと言へよう。

次に此の期における體溫の下降が腦波の性格喪失に對してどの程度に影響を及ぼしてゐるか 2, 3 考察を加へてみることにする。

久保は凍死にさいして血液の色調が鮮紅色を呈するのは血溫の低下による酸化ヘモクロビンの解離度の減少によるものとなし、こゝに凍死の病理を求めようとした。又 Simpson and Derbyshire²⁰⁾ は兩側頸動脈を結紮して腦貧血を起させた猫では 20 秒後運動領の腦波は消失し、結紮を除くと 30 秒後再現するのをみた。Bremer²¹⁾ も猫で頸動脈の壓迫或は迷走神經の刺戟によつて皮質の不完全貧血を起させると腦波は抑制されるといふ。しかし、最近 (1938) Asenjo²²⁾ は家兎及び猫の兩側頸動脈を結紮し、運動領の腦波に現れる變化を追究したがその結果は全く前者に相反するもので、家兎では 80 秒後においても何等みるべき變化を來さず猫の場合でもたゞ一過性に振幅の減少がみられたのみであつたと報じてゐる。

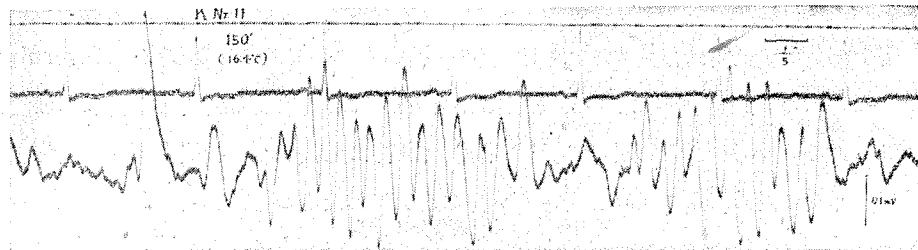
又他方低酸素血症の腦波についてみると九里²³⁾ は低壓における家兎腦波の消長を死に至るまで記録したが α 波は死の直前即ち略 11 Km 高度まで明らかに認められ特に末期 (略、

10km 高度)では出現頻度著しく増加し δ 波も 7~12km 高度に亘つて出現をみたといふ。即ち低壓の場合は脳波は殆ど最後までその周期性がみとめられた。

これら脳貧血、低酸素血症における成績は脳波の性格喪失又はその消失が極めて高度の酸素缺乏にさいして出現することを示すものである。然るに本実験でみられた脳波の性格喪失はかなり早期に於いてであり、此の時期には電心圖には未だ何等本質的の變化は認められず、呼吸もかなり規則的であつた。この事は凍死過程における脳波の性格喪失の時期では血温低下による酸化ヘモクロビンの解離度減少の影響はあまり大きなものではないといふことができる。この點については今後の研究によつて明らかにされるべきである。

第 3 期 (120 分後)

此の期においては突如として全例に脳波の再現がみられた。これには α 波に極めて類似の波形のもの (No.11, No.15, No.18, No.21) とさうでないもの (No.17, No.19) とがあつた。先づ前者についてみると No.15 では 120 分に 19Hz, 240 μ V のものが不規則であるがかなり連続して出現した。No.11 では 130 分で 15Hz, 200 μ V のものが連続出現したが 150 分では 12~13Hz, 300 μ V となり極めて定型的な紡錘形を示して規則的に出現した(第 5 圖)。これは更に 180 分に至つて多少不規則であるが 15Hz, 150 μ V のものとしてみとめら



第 5 圖 凍死末期に出現する α 波類似波

れた。No.18 は 150 分で 17Hz, 130 μ V のものが連続出現したが、165 分では 14Hz, 200 μ V のものとなり間歇的に出現した。No.21 は振幅の増大は極めて軽度で 135 分で 14~15 Hz, 30 μ V のものが 7~6Hz, 50 μ V の徐波に重疊して出現した。これは更に 150 分で 15 Hz, 40 μ V のものとしてみとめられた。これらの場合時間によつて α 波の周波數に多少の異動がみられたことは興味あることである。後者についてみると No.17 では 140 分で 4~2 Hz, 略 100 μ V のものが見られ No.19 では 145 分で 7Hz, 90 μ V のものが何れも不規則に間歇的に出現した。

即ち以上の如く 120~150 分 (平均 137 分) 後即ち凍死過程の末期においてその性格は正常に比しかなりの差異を示すが突如として脳波の再出現をみた。

此の時期は既に心臓機能障害重篤期に相當し電心圖には心搏動數の著減、不整脈の外に P

波の消失, T 波の 2 相化及び逆轉, ST の下降, 或は期外收縮等高度の障碍がみとめられた。

此の期は腦温, 時間共に Winternitz の直温 22~19°C の期に相當し, 昏睡状態は増悪して時々發作的に痙攣運動をなすのみで遂に呼吸の停止次いで心搏動の停止をみると記載されてゐる。即ち大脳の機能も既に消失したと思はれる重篤な末期に腦波の再現がみられたことは注目すべき事實である。

腦波の再現について考へてみると原²⁴⁾ は人體瀕死時呼吸停止の後に突然振幅の大きい波が 1~3 分間現れ其後漸次振幅減少し 5 分内外で全く消失したと言ひ又同氏は家兎に於いて低壓負荷, 亞硝酸ソーダ投與, 及び急性瀉血等による低酸素血症に於いて瀕死の状態に至れば同様腦波の再現を來すことからこれは主として高度の低酸素血症に因るものであらうと述べてゐる。この場合再現したものは略: 150 Hz の紡錘波で氏はこれを β 波の活動するものとみなしてゐるが, 私の場合は既に記したやうに連續する α 波様のも或は不規則な徐波が現れ前者は 15 Hz 前後のものが多くかなりの相違がみとめられた。

兎も角死に瀕して腦波の再現を來すことがあるのは事實であるが, その發現の意義については今後の研究に俟つべきであると思ふ。

この再現した腦波は其後まもなく再び消失を來した。即ち短いものでは 5 分, 長いものでは 50 分, 平均 16 分持續したが再び突如として振幅の減少を來し, 暫く基線の不規則な動搖を示したが, まもなく 100~185 分 (平均 175 分) に至つて腦波の完全な消失を來した。

呼吸は末期に至つていづれも淺い表在性で且つ頻數となつたが, その停止は前述の理由で遺憾ながら全例についてはその限界を明確にすることは出来なかつた。

要するに凍死における腦波の消長を一般症狀と對比して觀察すると比較的早期に寒冷麻痺による大脳の機能障碍を來すことは明らかである。しかもこの時期には呼吸及び心臓機能にはみるべき變化を來さず, 腦波の停止即ち大脳機能の消失後にも心臓にはなほ搏動がみとめられることから凍死は少くとも大脳皮質の諸中樞及び呼吸中樞の麻痺が第一義的の役割をなすもので腦中樞神經麻痺説に有力な根據を與へるに足るものと信ずる。

結 論

以上の成績を綜合して次の結論を得た。

家兎を背位に固定し靜かに且速かに -40°C の低温に曝露するとその直後には腦温は極めて軽度であるが一過性に上昇するのが認められた。其の下降は略: 10 分後迄は稍: 急であるが其後は何等著しい特徴を示さず, 略: 直線狀に死に至るまで下降した。即ち生存時間は平均 188 分で致死體温は腦温 12.9°C , 腹温 19.4°C , 直温 15.6°C であつた。腦温は最も低く終始し腹温との差は $4\sim 5^{\circ}\text{C}$ であるが直温との差は極めて僅かでこれらは略: 平行して下降した。

次に脳波の消長を凍死の全過程についてみると低温曝露の直後 α 波は消失し振幅は著しく減少すると共に 7~6Hz の徐波が短時間出現した。3 分後振幅は稍、恢復し α 波の再び現れるものもあり正常復帰への傾向がみとめられた。5 分以後振幅は再び漸次減少し波形は不規則になるが 10~30 分後において屢、定型的な δ 波が出現した。45~90 分後 (平均 60 分後; 脳温平均 26.9°C) では振幅は極めて小さく殆ど基線の動揺を示すのみとなり、茲に正常の脳波の性格は全く失はれるに至つた。この所見と一般症状とを對比考察してみるとこの時期においては家兎は極めて安静で身體を動かすこともなく深い嗜眠状態にあるものの如くで強い刺激に對しても覺醒しなかつた。これは大脳機能の著しい障碍を物語るもので且つ電心圖にはこの時期に未だ何等本質的の變化をみとめなかつた事は特に注目すべき事と言へよう。

この状態は其後暫く繼續するが凍死過程の末期即ち平均 137 分後 (脳温平均 18.2°C) において突如脳波の再現を來し曝露前に比し多少周波数の多い 15Hz 前後の α 波様のものが過半数にみられた。勿論電心圖にはこの期にかなり重篤な諸變化がみとめられた。其後脳波は再びその性格を失ひ平均 175 分後 (脳温平均 14.3°C) に完全に消失した。心搏動は脳波消失後もなほみとめられたが平均 188 分後 (脳温平均 12.9°C) 停止するに至つた。

以上脳波の消長から考へて脳温の低下による脳中樞の機能不全がかなり早期に且つ明らかに出現する所見をみとめた。これが凍死の病理に關してかなり重要な役割を演じてゐるといふ事實を明らかにすることができた。

終に臨み御懇篤な御指導御校閲を賜はつた中村教授に衷心感謝すると共に種々御助言を下されし根井、吉本兩助教授に厚く御禮を申上ぐ。

猶本實驗の一部は文部省科學研究費によるものである。

文 獻

- 1) 中村 弘 1943 凍死の病理 日本醫事新報 1064, 397.
- 2) Giese, E. 1901 Experimentelle Untersuchung über Erfrierung. Viertelj. f. ger. Med., 22, 235.
- 3) Winternitz, R. 1894 Vergleichende Versuche über Abkühlung und Firnissung. Arch. Exp. Path. u. Pharm., 33, 286.
- 4) Tiegerstedt, R. 1923 Lehrb. d. Physiol. d. Menschen, 138.
- 5) Schade, 1926 Handb. d. normal u. path. Physiol. (Bethe), 7, 421.
- 6) 久保忠夫 1927 實驗的體溫異常降下について, 北海道醫誌, 4, 551, 559.
- 7) 但野定馬 1933 冷水浴凍死に對する頭腦部加温の影響に就て, 國民衛生 10, 1525.
- 8) 中村弘, 田中正之 1943 凍死に関する實驗的研究, 特に頭部冷却の腦波心臓機能及び呼吸運動に對する影響に就いて 日本病理學會誌 33, 212.
- 9) 森田貞美 1948 凍死に関する實驗的研究, 特に心臓機能の役割に就て 低溫科學, 3, 284.
- 10) Caton, R. 1875 The Electric currents of the brain. Brit. med. J., 2, 278.
- 11) Berger, H. 1936 Über das Elektroenkephalogramm des Menschen. II. Z. f. Psychol. u. Neurol., 45, 150.
- 12) Walter W.G. and M.A. Camb. 1936 The location of cerebral tumours by electroencephalography. Lancet, 231, 305.
- 13) Adrian, E.D. 1937 Cortical facilitation with electric stimuli. J. Physiol., 89, 1.
- 14) Kornmüller A. E. 1937 Die bioelektrischen Erscheinungen der Hirnrindfelder. Leipzig, Georg Thieme.
- 15) 伊藤儀助, 喜多村潔 1939 2,3 哺乳動物大脳動作電流の比較研究 Tohoku J. exp. Med., 37, 106.
- 16) Ito, G. und K. Kaketa 1937 Zur Frage der Lokalisation des Grosshirnaktionstromes Tohoku J. exp. Med., 30, 546.
- 17) Marinesco, G., O. Sager et A. Kreindler 1938 Études électroencéphalographiques. L'électroencéphalogramme du lapin non narcotisé ni curarisé. Bull. Acad. Méd. Paris, 119, 360.
- 18) Bartley, S.H. & G.H. Bishop 1933 The cortical response to stimulation of the optic nerve in the rabbit. Am. J. Physiol., 103, 159.
- 19) 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.
- 20) Simpson H. N. and A. J. Derbyshire 1934 Electrical activity of the motor cortex during cerebral anemia. Am. J. Physiol., 109, 99.
- 21) Bremer, F. 1935 Quelques propriétés de L'activité électrique du cortex cérébral "isole." C.r. Soc. Biol., 118, 1241.
- 22) Asenjo, A. 1938 Lokalisierte bioelektrische Ableitungen von der Hirnrinde bei experimentellen Störungen des Blutkreislaufs des Gehirns. I. Abklemmung der Corotis communis. Zbl. f. Neurochirurgie. 3, 198.
- 23) 九里正一 低壓環境に於ける腦波の實驗的研究 低溫科學, 掲載豫定.
- 24) 原 英通 1943 低酸素血状態に於ける大脳電流に関する研究 海軍軍醫誌, 32, 442.

Masayuki TANAKA : Experimental Studies on the Death from Cold ;
Especially on the Brain Waves.

Résumé

The unanaesthetized rabbits were frozen to death in the still air of 40°C below zero. We took the Electroencephalograph and measured the brain temperature by a special thermojunction, and got the following results.

The amplitude of EEG decreases to $1/2 \sim 1/3$ of the normal condition just after the exposure, and then the 6~7 c/s slow waves appear continuously for 2~3 seconds and the α -waves are not recognized.

About 3 minutes later, the amplitude of EEG is regained a little and the waveforms are close to the original conditions. But within 5 minutes the amplitude decreases again and so-called δ -waves (5~4 c/s) appear comparatively frequently.

After 10~20 minutes, the amplitude of slow waves decreases more and more and the unstability of the electroencephalograms increases more and more. Later the earliest ones (Brain temperature: 28.5°C) lose their amplitude in 45 minutes, and later ones (Brain temperature: 24.7°C) in 90 minutes, and most of all in 60 minutes. At the same time the measurements of the slow waves become very difficult. Occasionally the waveforms only show the fluctuations of the potential niveau. At that moment, the characteristics of brain waves cannot be discerned.

This is a particularly remarkable fact, because in such a state, the unconsciousness and the impediment of motoricity etc. are noticed relatively early and this would give evidence of the lack of cerebral activity.

This condition is continuous for a little while, but after about 135 minutes (brain temperature: 19°C), the amplitude of brain waves suddenly increases. And more or less 15 c/s waves which resemble the so-called α -waves appear continuously and later on, the amplitude decreases quickly till it ceases.

The time of the process is 179 minutes in average (B.T. 14°C in average). The respiration ceases 10 minutes earlier.

After all, in the case of death from cold we take the impediments of brain activity for the main cause of the fact.