



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	凍死過程における脳血流に関する実験的研究 : 特に頸動脈流と脳波及び心電図との関係
Author(s)	小島, 澄; KOJIMA, Kiyoshi
Citation	低温科学, 8, 133-152
Issue Date	1951-12-30
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/17512
Type	departmental bulletin paper
File Information	8_p133-152.pdf



Kiyoshi KOJIMA 1951 Experimental Studies on the Blood-Flow of Brain during the Course of Dying from Cold. Especially on the Relationship among the Blood-Flow of Carotid Artery, Electroencephalogram and Electrocardiogram. *Low Temperature Science* 8. (With English résumé p.152)

凍死過程に於ける脳血流に関する実験的研究* 特に頸動脈血流と脳波及心電圖との關係に就て

小 島 澄

(低温科学研究所醫學部門 醫學部第一外科学教室)

(昭和25年12月受理)

緒 言

恒温動物が寒冷に遭遇する時は必ず先ず諸機能の順応によつて体温の放失を防ぎ、体温が異常に下降しない様に努める。然しながら奪熱作用が強い時には此等諸機能の順応にも拘らず体温は漸次下降して遂には諸機能の失調状態を来し、死に至るものである。この凍死の機序については昔から色々の説が唱えられているが今その主なものをあげると、

1) 赤血球破壊を原因とする説, 2) 心臓麻痺説, 3) 窒息死説, 4) 迷走神経中枢麻痺説, 5) 熱饑餓を原因とする説, 6) 脳神経中枢麻痺説, 7) 全身機能衰頹を原因とする説等である。

その中最近比較的有力視されている脳神経中枢麻痺説は古く Ziegler に依つて唱えられ、その後 Giese, Winternitz, Schade 等がこれに賛成した。最近に至つて、中村、田中は脳温の低下に伴つて大脳機能は著しく障害されると云い、田中、森田は亦家兔の凍死に於て、脳波、心電図、脳温及び腹温を追究し、脳温が腹温より $4^{\circ}\text{C}\sim 5^{\circ}\text{C}$ 低く終始し且つ脳波の著しい変化が凍死過程の可なり早期に出現するのに反し、心電図の病的所見は凍死の末期に至つて始めて認められることから脳神経中枢麻痺説を支持した。

従来凍死の病理解剖学的所見では Marchand,⁸⁾ Ogston,⁹⁾ 竹内,¹⁰⁾ 久保,¹¹⁾ 大脇,¹²⁾ 渡辺等が報告している様に内臓諸臓器の強度の鬱血、静脈系特に大静脈における充血拡張が主体をなして、他には殆んど認むべき変化がないと云はれている。この様な血液の異常分布が凍死過程のどの様な時期から出現するものであろうか？ 又この様な血液の異常分布と心臓機能との關係、更に凍死に重要な役割をなすと考えられる大脳機能との關係を検討することは凍死の病理を明らかにする上に極めて重要な且つ興味ある問題であると思われる。然るに未だそれ等の關係について追究の歩を進めたものを見ないので私は新しい角度から凍死の病理の検討を企て Rein の所謂“Thermo-Stromuhr”を用いて、凍死過程の血液の変化、特に頸

* 北海道大学低温科学研究所業績 第133号

動脈血液の変化を測定すると共にそれと並行して、脳波及び心電図を撮影し、これ等の相互関係を明らかにしようとした。

実験材料及び実験成績

実験材料は3.6kg~2.4kgの成熟した健康家兎を用い、背位に固定して、 -40°C の無風状態の低温室に入れ、体温が漸次下降して、最後に凍死する迄の経過中の脳温及び直腸温を測定し、これに並行して、右側頸動脈の血流量(速度)、脳波及び心電図を「オツシログラフ」に撮影した。頭部の固定には金属製の固定器を用い、頭部の位置の移動、又はその動搖が血流量の測定に影響を及ぼすことを顧慮して出来るだけ安定した状態に固定した。

1) 脳波の撮影

UZ 6C6 (3段), UY 38 (1段) よりなる抵抗容量結合4段増幅器を用い、これに電磁型「3-エレメント・オツシログラフ」でH型振動子を動作させた。

脳波の誘導は一極を後頭部線状領に刺入し、他極は前頭部前中心領に相当する部位で左眼窠の辺縁中央から内方0.4cmの部位に刺入して行つた。電極には市販の画鋏を応用し、頭蓋骨を通して、尖端が硬脳膜に達する程度に刺入した。

2) 心電図の撮影

UZ 77 (2段), UY 38 (1段) よりなる抵抗容量結合3段増幅器を用い、これに電磁型「オツシログラフ」でH型振動子を動作させた。電極は直径1cmの円形銀板を用い、食塩を加えた糊で心尖部に貼りつけて、誘導した。他極には前頭部前中心領に刺入した脳波用の一極を共通電極として使用した。

3) 体温の測定

i) 脳温の測定

Gouge No. 36 の銅「コンスタンタン」よりなる熱電対を用いた。その尖端を銀臘にて溶接し、導線は夫々完全に絶縁した。熱電対は頭蓋骨を通して、脳に刺入するに便なる様、注射針を利用した長さ1cmの鞘に納め、尖端が僅に鞘外に突出する様に固定した。冷接点は充分に防温装置を施した直径11cm、深さ32cmの「ジュワ」瓶の内に水と氷を混合せしめた所謂 0°C 恒温槽を用いた。熱電対導線の他端は反照型檢流計(臨界制動抵抗, 13Ω , 電圧感度 $1.0 \times 10^{-7}\text{V}$, 電流感度 $4.1 \times 10^{-9}\text{A}$)に連結し、檢流計の振れに依つて、温度測定を行つた。

温度測定の実施に際して、測定部位には右前頭部で脳波の前頭部電極の対称の点を選定し、予め画鋏で頭蓋骨に小孔をあけ、それに熱電対を挿入し、更に実験が -40°C の低温中で行われた爲に外気温による熱電対への影響をさける目的で、その導線を約6cm皮下に導入した。(外気温の影響に対する顧慮については田中⁵⁾・森田⁷⁾の論文参照)

ii) 直腸温の測定

「アルコール」温度計を用い、外気温の影響を顧慮して、直腸内に約8cm挿入して測定し

た。

4) 血流量の測定

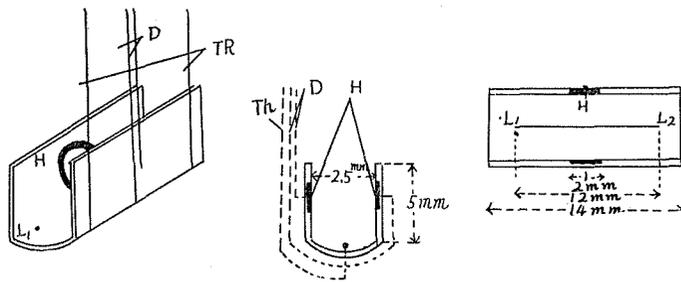
この測定には Rein の所謂 “Thermo-Stromuhr” を用いた。この装置は血管を開くことなく、血流量（速度）を測定する目的で創案された装置で、その原理は血管内の血液が一点で一定の強さの高周波電流に依つて、一定の熱量が与えられる時は高周波電界を中心として流入側と流出側の血液に温度差を生じ、而もこの温度差は流速の変化に応じて変化する。即ち流速の大きな時は温度差は小さく、流速の小さな時は反対に温度差は大となる。従つてかゝる温度を差働熱電対を介して、検流計により測定する時は流速の大きな時は検流計の「振れ」は小となり、流速の小さな時は反対に検流計の「振れ」は大となる。故に “Thermo-Stromuhr” を血管に装着し差働熱電対を介しての検流計の「振れ」によつて逆に血流速度（量）を測定し得る。

i) Thermo-Stromuhr の作製

Rein は「ベークライト」で “Thermo-Stromuhr” を作製して居るが私の実験の場合は Rein が使用した高周波電流より短い波長の略々 10cm の短波を使用した爲に「ベークライト」では絶縁性悪く、全く使用に耐えなかつたので「ポリスチロール」を用いて、“Thermo-Stromuhr” を作製した。

即ち第一図に示す様に、高さ5mm、巾2.5mm、長さ14mmの桶状の鞘を作り、その両側壁

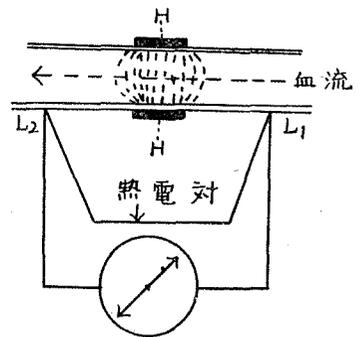
に直径2mmの円形鋼板を正確に相対するように埋没し、この鋼板に導線を「ハンダ」付けし、一侧の導線はそのまゝ上方に壁内に埋没して導き、他側の導線は鞘底の外側に沿つて反対側に導き、前者と同一壁に埋没して上方に導いた。この場合導線は可及的離れる様にした。



第 1 図 H・高周波電極 Th・熱電対導線 L₁ L₂・熱電対接点 D・高周波導線

没して上方に導いた。この場合導線は可及的離れる様にした。

鞘底の内側面には Gouge No. 36 の銅「コンスタンタン」よりなる熱電対を鞘底内面の長軸に沿つて装置し、熱電対接点は第 1 図に示す様な位置におかれた。熱電対の導線は夫々高周波導線と同一壁内に埋没して、鞘外に導いた。Toermo-Stromuhr” が血管に装着される時高周波電極熱電対接点は第 2 図に示す様な位置をしめる。



第 2 図 H・高周波電極 L₁ L₂・熱電対接点

血液加温の目的に使用した高周波発振器の真空管は「ヂ

アテルミ」用三極管で、Hartley 回路のものを使用した。

発振器から“Thermo-Stromuhr”までの導線の長さは3.27mで、この導線は測定中固定して、間隔位置の変化による高周波損失の変動を防止し、測定器の安定を計つた。以上の装置を用いて、測定する際には高周波電界を中心として、流入側と流出側の血流には温度差を生ずるべきで、従つてかゝる温度差に依り差働熱電対を介して検流計に導かれると流速の変化に伴つて検流計の「振れ」の変動を生ずる。

検流計は理研製、電圧感度 $10 \times 10^{-7}V$ 、電流感度 $4.1 \times 10^{-9}A$ 、臨界制動抵抗 13Ω 、周期5秒のものを使用し、回路抵抗は臨界減衰状態になる様に調節され、速に温度差の変動に従う様にした。血流量曲線の撮影には検流計及びその光源を「オツシログラフ」に併行に設置し、検流計の「振れ」が脳波及び心電図を撮影した同一感光紙に撮影される様にした。血流量曲線撮影には脳波及び心電図を撮影する「カメラ」の廻転速度では速すぎるため減速歯車を使用して、「カメラ」の廻転速度を約10秒に1cmの速度に減速した。而も実験を行うに際しては「オツシログラフ」の廻転「カメラ」と「モータ」間の「ベルト」の掛替へのみで、脳波・心電図の撮影直後に同一感光紙に血流量曲線が撮影される様に工夫した。

ii) “Thermo-Stromuhr” に依る流量（速度）の測定

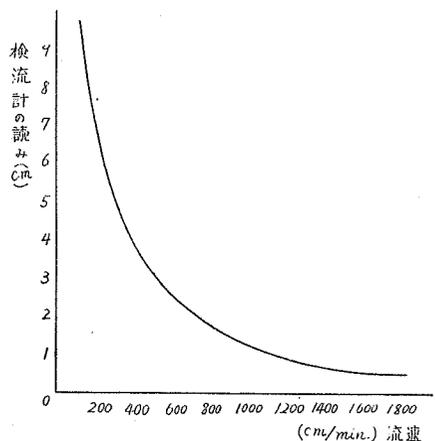
以上述べた様に自製した“Thermo-Stromuhr”が果して流速の変化に応じて、変動を示すか否かを吟味する爲に次の様な実験を行つた。

即ち2個の「ガラス」瓶を内径2mmの「ゴム」管に依つて互に連絡し、瓶内に水を入れて、落差によつて水を流し、「ゴム管」には“Thermo-Stromuhr”を装着した。“Thermo-Stromuhr”を「ゴム管」に固定するためには「アセトン」に溶かした「セルロイド」を用いて、「ゴム」管が“Thermo-Stromuhr”から逸脱したり、移動したりするのを防止した。更に外気温の変動、特に風による影響を防ぐため、“Thermo-Stromuhr”を毛皮で被つた。測定実施に際しては「ゴム管」の圧迫によつて流速を調節し、流速の変化によつて生ずる検流計の「振れ」を測定した。

流速と“Thermo-Stromuhr”の検流計の「振れ」との間には一定の関係があり、而もその相関関係は第3図に示すようになる。

尙流速の算出は1分間に流れる流量を測定し、この流量を「ゴム管」の断面積で除して、1分間の平均流速を計算した。

血流曲線の観察には水又は血液に依つて規準を定め様と試みたのであるが實際生体に於ける実験の場合とは条件が非常に異なるのでこの規準から生体に於ける流量を定量的に算出する事は不



第3図 “Thermo-Stromuhr” の較正曲線

可能である。依つて私は便宜上各例に就いて、実験前血管を止血鉗子を以て強圧した時の検流計の「振れ」を規準として観察した。然し前に述べた様に流速と“Thermo-Stromuhr”の検流計の「振れ」との相互関係は直線にならないから、勿論かゝる規準で定量的に血流量を算出する事は出来ないが、血流の増減の傾向を知る目的で本実験に用いた。

iii) 血流量（流速）の測定実施

家兔の右側前頸部に約5cmの切開を加へ、出来るだけ出血及び周囲組織の損傷を避けながら総頸動脈を剝離し、之に“Thermo-Stromuhr”を装着した。血管を“Thermo-Stromuhr”に固定する爲には「アセトン」に溶解した「セルロイド」を用い、血管を止血鉗子で圧迫し、圧迫の程度に応じて“Thermo-Stromuhr”に連絡された検流計の「振れ」が変動するかを調べ“Thermo-Stromuhr”が血管に正確に装着されている事を確めた後“Thermo-Stromuhr”が実験中に移動して、血管を圧迫することのない様に周囲組織に充分に固定して、皮下に埋没し、切開創を縫合閉鎖した。実験中は“Thermo-Stromuhr”が頭部運動に伴つて移動するのを防ぐため特に頸部は強固に固定して安定に保つた。血流曲線は低温室入室前に5分間観察撮影したが高周波出力が導線の位置、間隔の変化に依つて変動を生ずるのを顧慮し、入室直後の血流曲線を対照とした。

低温室入室後は10分、15分、20分、30分、45分、60分、75分に夫々5分間連続撮影した。血流曲線の撮影を行わない時はなるべく短波が動物に影響を与えない様に短波照射を中止した。短波照射の中止に際しては電源「スイッチ」のみで切る様にして、測定器の安定を計つた。

4) 脳波の分析

脳波の分析に就いては諸家の見解は区々で、その方法は一定して居ない。人間の脳波では α 波を主体として居る關係上 α 波が分析の主な対象になつて居る。然し家兔の脳波では徐波の間に混入して僅かに出現するのみであるから α 波のみの分析では充分と云はれない。私は⁶⁾田中が行つた分析法に従い、一定時間内出現する全ての波の周波數及び振幅を測定し、周波數に依つて脳波を分類し、観察した。 β 波に就ては増幅器が特に2.5Hz~15Hzの範囲に感度を高めた關係上、その判定に困難があるので全く論じないことにした。

実験成績

対照実験（Thermo-Stromuhr を装着しただけで凍死せしめたもの）

血流量の測定を行うために頸部に切開を加えて、頸動脈の剝離を行い、Thermo-Stromuhr”を装着する關係上、此れ等の操作が凍死に悪影響を与えないか否かを吟味する目的で次の様な実験を行つた。

家兔を背位に固定し、右側前頸部切開に依つて、総頸動脈を剝離し、Thermo-Stromuhr”を装着し、 -40°C の低温室に入れて凍死せしめた。凍死に至る迄の経過中の脳温及び直腸温を測定すると同時に脳波及び心電図の撮影を行つた。勿論 Thermo-Stromuhr”は頸動脈

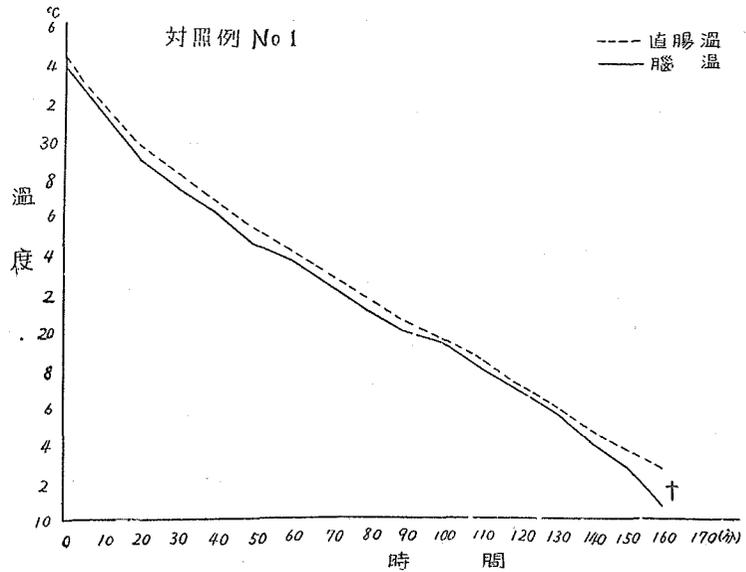
に装着するのみで血液は測定せず、従つて短波の照射は行わなかつた。

1) 体温の消長

脳温は入室前 34°C 、直腸温は 34.5°C であつたが低温室入室後は第4図に示す様に脳温も直腸温も共に略々直線状に漸次下降し、特に脳温は直腸温より稍々低く終始し、脳温が 10.9°C 、直腸温が 13.0°C で心搏動の停止を来して死亡した。

2) 脳温の消長

実験前には $2\text{Hz}\sim 6\text{Hz}$ の範囲で動揺する平均振幅 $183\mu\text{V}$ の徐波が出現し、その間に混つて、 $12\text{Hz}\sim 11\text{Hz}$ の α 波が10秒に1群の頻度



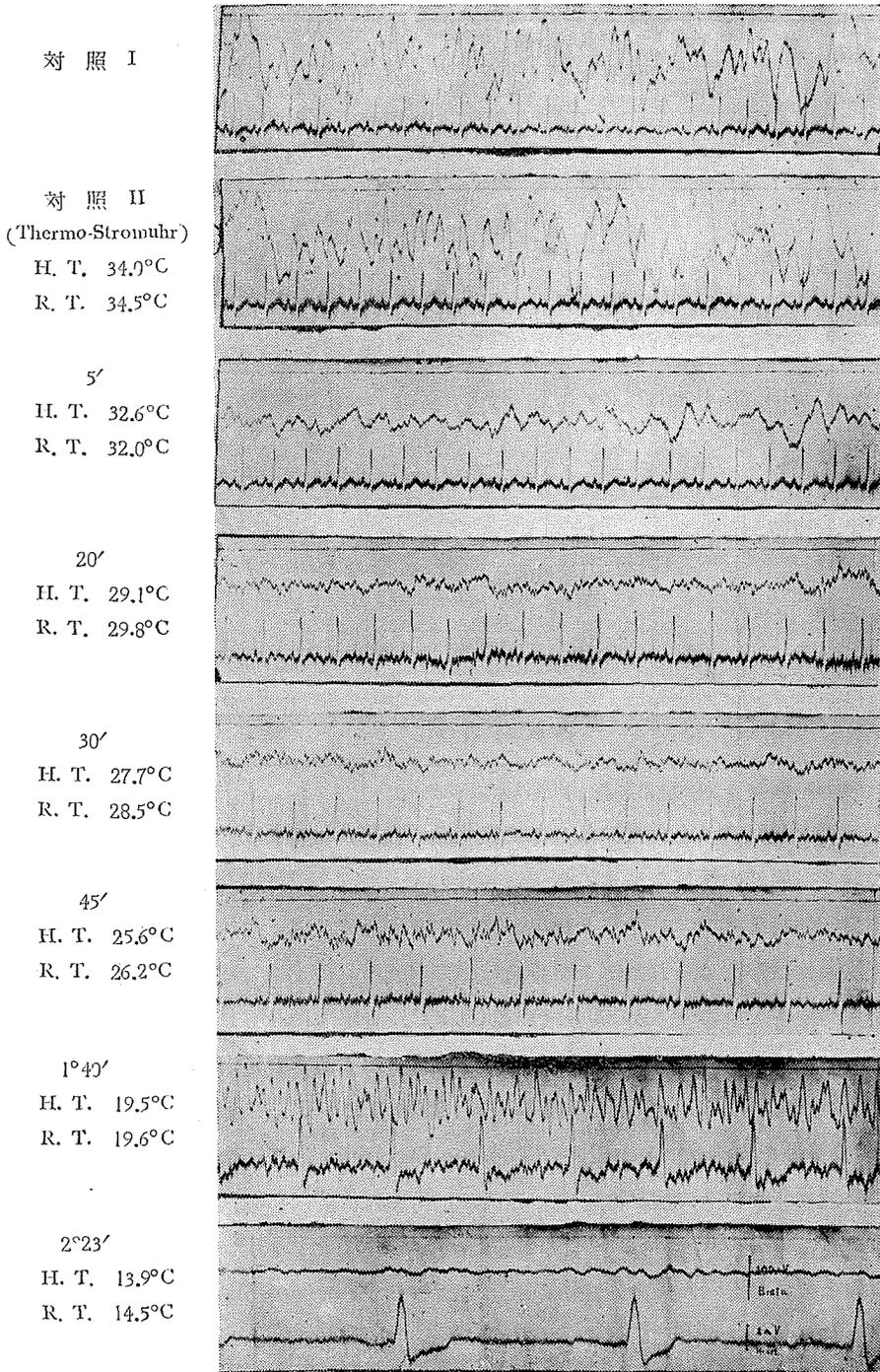
第4図 凍死過程に於ける体温曲線(血流測定を行わず)

で出現し、平均振幅は $115\mu\text{V}\sim 81.5\mu\text{V}$ であつた。Thermo-Stromuhr”を頸動脈に装着した後では α 波が稍々不規則になる傾向を示すが、振幅、周期に変化なく、徐波に於ては同様に殆んど変化を認めなかつた。低温曝露後は脳波は急激に振幅の減少を来し、時間の経過と共に漸次振幅の減少、周期の延長を来し、 δ 波の性格が明らかに現はれるようになった。低温曝露後45分に至つて、脳波には著明な変化が出現した。即ち振幅は著しく減少し、徐波は僅かに痕跡的な存在で、ただ振幅の小さな不規則な波の連続にすぎなくなり、殆んど基線の動揺と見做される状態となつた。この時期では脳温は 25.7°C 、直腸温は 26.2°C であつた。その後脳波は尙この様な正常の性格を失つた状態で更に多少の振幅の減少を示しつつ推移した。低温曝露後100分(脳温 19.5°C 、直腸温 19.6°C)に至つて、突然周波数 18.6Hz 、振幅 $140\mu\text{V}\sim 35\mu\text{V}$ の α 波様の脳波が出現した。この再現した脳波は間もなく再び振幅の減少を来し、143分(脳温 13.8°C 、直腸温 14.5°C)に至つて遂に完全に消失した。

3) 心電図の消長

心電図は低温曝露後時間の経過と共に漸次心搏数の減少を来し、徐脈の程度に応じてPQ, QTも漸次延長を示した。低温曝露後45分では可なりの程度の徐脈を認め、T波は平低となつた。100分に至つて、STの下降、T波の逆転、QRSの著明な延長等心筋障碍の病的所見が出現し、125分に至つてかゝる変化の外に洞性不整脈が出現した。更に時間の経過と共に心筋障碍の所見は増悪し、心室自動に移行して、160分に至り、遂に心搏動の停止を来した。

第 5 図 (凍死過程に於ける脳波及び心電図)



頸動脈に Thermo-Stromuhr を装着せるのみで短波照射を行はず

H. T.=脳 温, R. T.=直腸温

第 1 表 対 照 実 験

No. 1 2.2kg 合 白 色

実験成績 時間	体 温 (°C)		E. E. G. 所 見			E. K. G. 所 見	
	脳 温	直腸温	平均振幅 (μ V)	周 波 数	頻 度 並 び 波 形	脈 搏	そ の 他 の 所 見
対 照 I			115~82	12~11	1群/10秒 α 波	333	正 常
			183	2~6			
対 照 II	35.4	35.0	84	11	1群/10秒, α 波	314	"
			178	2~6			
5'	32.6	32.0	56	3~5		289	
10'	31.5	31.3	45	2~5		288	
20'	29.1	29.8	45	3~4		258	R波高漸次増大し初む
30'	27.7	28.5	39	3		234	RQ・QTは漸次延長し初む
45'	25.6	26.2	波形は不規則な小波の連続となり、殆んど基線の動揺に過ぎない。			194	T波・平低化
100'	19.5	19.6	周波数18.6Hz・振幅140~35 μ Vの不規則な脳波再現す。			109	PQ・QT・著明に延長、 ST・下降、 T波・逆轉
143'	13.9	14.5	脳波消失す			43	心室自仿

* Thermo-Stromuhr を頸動脈に装着、短波は照射せず。

以上の成績を総括すると脳波は低温曝露後急激に振幅の減少を来し、更に時間の経過と共に振幅の減少、周期の延長を来す。低温曝露後45分（脳温25.7°C：直腸温26.2°C）に至り、脳波は正常の性格を失つて、殆んど基線の動揺にすぎなくなる。この時期では心電図にはかなりの程度の徐脈が認められるが未だ心筋障碍の病的所見は出現しない。脳波はその後正常の性格を失つたまま推移するが100分（脳温19.5°C，直腸温19.6°C）に至り、突如脳波は再現する。この時期になれば心電図には心筋障碍の所見が認められた。再現した脳波は間もなく再び振幅の減少を示し、143分（脳温13.8°C，直腸温14.5°C）で消失し、心搏動は稍遅れて、160分で停止した。以上の様に“Thermo-Stromuhr”を頸動脈に装着した家兔の凍死過程の脳波及び心電図の推移は⁶⁾田中、¹⁾森田の正常凍死に於ける脳波及び心電図の所見に比して大差なく、更に160~195分で脳波の完全消失を来し、この時期より10分~17分遅れて、心搏動の停止を見たとき云ふ田中、森田の成績に比して“Thermo-Stromuhr”の装着が特に凍死に悪影響を与えたものとは考えられなかつた。

本 実 験

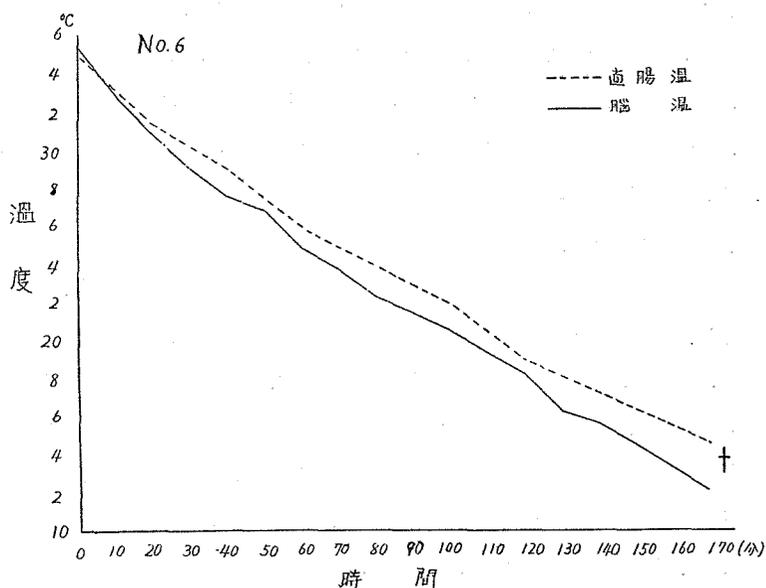
1) 体温の消長

熱電対の挿入, “Thermo-Stromuhr” の装着等複雑な操作を要するため, 家兎は固定されてから低温室に入るまでにかなりの時間を経過し, その間に少々体温の下降を来すので, 脳温, 直腸温は共に低温室入室直前のものを対照とした。

脳温は実験方法の項で述べたように熱電対を用いて測定し, 低温室入室前 $35.1^{\circ}\text{C}\sim 33.8^{\circ}\text{C}$ 平均 34.6°C であつた。低温室入室後は第6図に示す様に漸次略々直線状に下降し, $14.4^{\circ}\text{C}\sim 12.0^{\circ}\text{C}$, 平均 13.6°C

で脳波は完全に消失した。

直腸温は棒状「アルコール」温度計により低温室入室直前では, $35.5^{\circ}\text{C}\sim 33.9^{\circ}\text{C}$, 平均 34.8°C であつた。低温室入室後は脳温に略々平行して漸次略々直線状に下降した。直腸温は低温曝露後, 脳温に比して, 少々高く終始する傾向が認められた。



第6図 凍死過程に於ける体温曲線 (血流測定を行える場合)

2) 頸動脈血流量 (速度) の消長

血流量の測定は実験方法で詳述した様に右側頰動脈に “Thermo-Stromuhr” を装着して行ひ, 実験装置の都合上, 対照には低温曝露直後のものを取り, 比較観察した。

低温曝露後30分迄は No. 6, No. 7 では殆んど増減を示さず, No. 5, No. 14, では多少増加の傾向を示した。No. 8, No. 13, では20分迄殆んど増減を示さず30分で少々減少を示した。30分以后では No. 8, No. 13 は引続き減少し, 45分で著明な減少を示した。その他の例では45分~60分に至つて, 比較的急激に然も著明な減少を示した。血流量が明に減少を示す時期における脳温は $30.5^{\circ}\text{C}\sim 25.5^{\circ}\text{C}$, 平均 28.5°C であつた。凍死の後半期即ち早い例では60分遅い例では90分に至つて, 血流曲線は “Thermo-Stromuhr” を血管に装着しない時と同じ状態, つまり基線が零に戻り, その後心臓が停止する迄同一状態を続けた。この事は “Thermo-Stromuhr” の性質上血管壁と “Thermo-Stromuhr” の熱電対接点との接觸が不可能となるためと考へられる。

3) 脳波の消長

家兎の脳波は元来不規則で諸家の成績は一致しないがこれは麻酔の有無、誘導部位の相異に依るものであらう。

私は無麻酔の家兎について、線状領より誘導し、11Hz~14Hzの α 波と見なされる波群が2Hz~7Hzの徐波に混つて出現するのを認めた。これは伊藤¹⁴⁾、喜多村⁶⁾、田中等が家兎の線状領より誘導した成績に一致する。 α 波の出現頻度は10秒に1群(No. 5, No. 6, No. 7)乃至は2群(No. 8, No. 13, No. 14)であつて各波群の平均振幅は50 μ V~153 μ Vの範囲内であつた。連続度は2.9秒~0.6秒で徐波に重疊するものは一般に短かつた。波形は何れも人間の脳波に比して不規則であつた。徐波は2Hz~7Hzの波が不規則に入り混つて出現し、各例の平均振幅は115 μ V~238 μ Vの範囲内であつた。波形は一般に尖端の比較的尖つた円錐状のものが多かつた。

i) 短波照射後の脳波

右側頸動脈に“Thermo-Stromuhr”を装着し、血流量測定のために“Thermo-Stromuhr”の電極間で短波照射を5分間行つた後では α 波の出現が見られなくなつたものが4例(No. 5, No. 4, No. 13, No. 7)と尙 α 波の出現を見た例が2例(No. 6, No. 8)あつた。尙 α 波の出現を見た例でも短波照射前に比して、その連続度は可なり悪くなつた。

徐波は短波照射後比較的周波数の低い波が多くなり、平均振幅は各例で69 μ V~178 μ V、平均151 μ Vと短波照射前に比して可なりの減少が認められた、波形は一般に不規則であるがNo. 5の様に「ドーム」型の規則性のある3Hz~4Hzの徐波が連続出現した例も見られた。

¹⁵⁾小野江によれば超短波に及ぼす影響は著明で超短波照射後では α 波は周期の延長、振幅の減少を示し、或はその消失を来すと述べて居る。私の実験では小野江の場合と異なり、電極は極めて小さく、照射部位も頸動脈の小部分にすぎないのであるが“Thermo-Stromuhr”の装着のみで短波の照射を行はなかつた対照例に比べても脳波に変化の認められるのは結局短波の影響によるものと考へられる。

ii) 凍死過程の脳波の消長

“Thermo-Stromuhr”による頸動脈血流量測定のために短波照射を行つた爲に低温曝露前既に α 波の消失した例が多かつたが短波照射後尙 α 波の出現を見た例でも低温曝露後には α 波は全く見られなくなつた。

徐波は低温曝露後振幅の減少が例外的に軽度であつたNo. 5を除いては全て著明な振幅の減少を示した。更に時間の経過と共に漸次周波数の低い波が多くなり、振幅も亦減少した。尙30分以後では周期の延長、振幅の減少は著明になる傾向を示した。振幅はその後もますます減少し、45分~90分(脳温28.5°C~23.9°C、平均26.3°C、直腸温29.1°C~23.9°C、平均26.9°C)に至ると、もはや徐波は周期性を失ひ、たゞ複雑、不規則な小波の連続となり、殆んど基線の動揺と見なされる状態となり、正常の性格を失うに至つた。その後時間の経過と共に更に多少振幅の減少を示しつつ推移するが120分~150分(脳温21.3°C~5.0°C; 平均18.3

°C, 直腸温 22.7°C~15.6°C, 平均18.9°C) に至つて突如脳波の再現が見られた。再現せる脳波は No. 5, No. 6, No. 8, No. 8, No. 13 では各例の平均周波数16Hz~12.3Hz, 平均振幅は72.8 μ V~38 μ Vの範囲内で不規則に振動する α 波様の波で, 可なり連続して出現した。No. 14 ではこれらと趣を異にし, 周波数 2Hz~7Hz の範囲で振動する, 平均振幅 116 μ V の波が可なり連続して出現した。No. 7 では脳波の再現は余り著明でなく, 150 分に至つて 4 Hz~7Hz の範囲で振動する振幅 70 μ V~30 μ V の脳波が極めて短時間出現するに止つた。これ等の再現した脳波は間もなく再び振幅の減少を来し, 170分~135分で完全に消失した。

以上は頸動脈に“Thermo-Stromuhr”を装着し, 血流測定のために短波照射を行ひつゝ測定した脳波の所見であるが, 之を田中の正常凍死の脳波並に“Thermo-Stromuhr”を装着しただけで短波照射をしなかつた対照実験に比較すると短波の影響で脳波の振幅が多少低く終始する点が異なるだけで, その他凍死過程の脳波の推移には著しい差は認め難かつた。

4) 心電図の消長

正常の状態における心電図所見では脈搏は328/分~238/分で平均273/分であつた。右側総頸動脈に“Thermo-Stromuhr”を装着して, 血流量測定の目的で5分間短波照射を行つた后における心電図では脈搏は 293/分~235/分, 平均 259/分 となり, 脈搏数の平均は多少減少を示すが各例に依り増加したもの, 減少したものがあつた。その他の所見には変化を認めない。

低温曝露後は脈搏数は時間の経過と共に漸次減少し, 頸動脈血流量の著明に減少する 45 分~60分では215/分~158/分, 平均189/分となり, 対照に比して92/分~43/分, 平均76/分の減少を示した。房室刺戟傳導時間 PQ, 心室の興奮持続時間 QT は心筋障碍の病的所見の発現する頃までは徐脈の程度に応じて延長した。その後更に脈搏数は漸進的に減少し, 90分~120分に至つて, ST の下降, T 波の逆転又は二相性 T が出現した。即ち No. 5, No. 8 では90分で軽度の ST の下降, T 波の逆転が認められるが120分に至ると全例に著明な ST の下降, T 波の逆転又は二相性 T が認められた。洞性不整脈は120分頃より全例に出現するが著明なものは2例であつた。この時期にはPQ, QRS, QT も共に著明な延長を示す。波高は著しい変化を示すのは R 波 (初期動揺), T 波 (後期動揺) であつて, R 波高は低温曝露後漸次増大し, 60分~150分で最大に達した。T 波高は低温曝露後45分~60分で著明に平低化し, 120分に至ると, ST の下降に伴つて, 逆転又は二相性化する。尙 ST 下降の形状は Korth の所謂盆状型と肥大型の中間型を示した。更に 120 分以後は徐脈の程度はますます増大し, 著明な洞性不整脈, ST の下降, 逆転した T 又は二相性 T を示し, PQ, QRS, QT も亦著明に延長して重篤な心筋障碍の所見を示しつゝ推移し, No. 8, No. 7 は著しい洞性不整脈を示しつゝ心搏動の停止を来し, その他の例では心室自働に移行して, 心搏動は停止した。

第 7 図

(凍死過程に於ける血流曲線並に脳波及び心電図)

血 流 曲 線

対 照 11' 20' 30' 45'



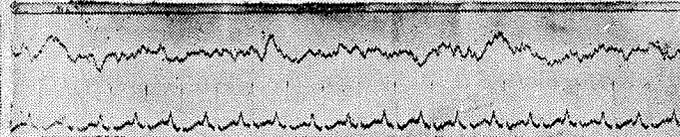
脳 波 及 び 心 電 図

対 照 I

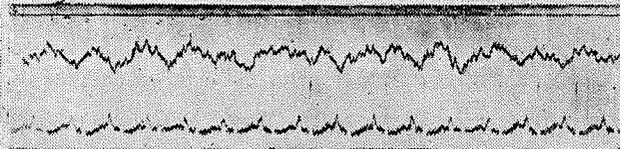
対 照 II
(Thermo-Stromuhr)
H. T. 35.4°C
R. T. 35.0°C



11'
H. T. 32.9°C
R. T. 33.0°C



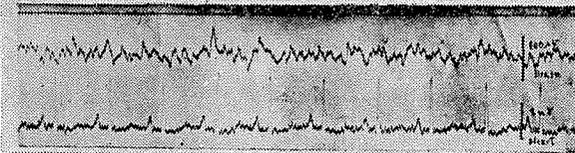
20'
H. T. 31.0°C
R. T. 33.0°C



30'
H. T. 29.2°C
R. T. 30.2°C



45'
H. T. 27.3°C
R. T. 29.3°C



H. T.=脳温, R. T.=直腸温, E=血管を強圧せる時の検流計の「振れ」

No. 5 2.8kg ♀ 白色

第 2 表

実験成績 時間	体温 (°C)		E. E. G. 所 見			総頸動脈 血流量 *** (減少率)	E. K. G. 所 見	
	脳 温	直腸温	平均振幅 (μV)	周波数 (Hz)	頻度並に 波 形		脈 搏	そ の 他 の 所 見
対 照 I			74	11	1群/10秒 α 波		302	正 常
			142	4~5				
対 照 II	35.1	35.5	69	3~5		*** (0%)	258	"
15'	33.8	34.0	66	3~5		軽度増加 の傾向	234	
20'	32.6	32.5	62	3~4	規則性のある δ 波	同上	231	R波高, 漸次増大し初む
30'	31.6	31.2	48	2~3	同上	同上	218	PQ, QT, 漸次延長し初む
60'	27.4	28.0	37	2	同上	著明に減少(33%)	174	T波平低化
90'	24.4	23.9	波形は不規則な小波の連続となり, 殆んど基線の動揺に過ぎない			測定不能	136	PQ, QT, 著明に延長
120'	21.3	20.7	周波数16~17Hz, 振幅105~15 μV の不規則な脳波再現す			同上	108	PQ, QT, QRS, 著明に延長, ST下降, T波, 平低化又は逆轉
168'	14.4	15.8	脳波消失す			同上	37	心室自動

* Thermo-Stromuhr を装用, 血流量測定のため短波照射後

** 減少率は血管を強く圧迫した時の検流計の「振れ」に対する比率

*** 血流量の対照は低温室入室直後のもの

No. 6. 2.9kg ♀ 褐色

第 3 表

実験成績 時間	体温 (°C)		E. E. G. 所 見			総頸動脈 血流量 *** (減少率)	E. K. G. 所 見	
	脳 温	直腸温	平均振幅 (μV)	周波数 (Hz)	頻度並に 波 形		脈 搏	そ の 他 の 所 見
対 照 I			58	13~12	1群/10秒 α 波		285	正 常
			137	2~7				
対 照 II	35.4	35.0	46	10~12	1群/10秒 α 波	*** (0%)	285	"
			69	3~5				
11'	32.9	33.0	48	4~5		変化なし (0%)	277	
20'	31.0	31.3	47	3~5		軽度増減 す	269	R波高漸次増大し初む
30'	29.2	30.2	31	3~4		変化なし (0%)	245	
45'	27.3	29.3	波形は不規則な小波の連続となり, 殆んど基線の動揺に過ぎない。			著明に減少(40%)	196	PQ, QT 漸次延長し初む
120'	18.4	19.0	周波数13.4Hz, 振幅195~25 μV の不規則な脳波再現す。			測定不能	88	PQ, QT, QRS, 著明失長 ST下降 T波逆轉
160'	13.3	15.0	脳波消失す。			同上	38	心室自動

*, **, ***, は第2表 No. 5 に同じ。

No. 7. 2.9kg ♀ 黒色

第 4 表

実験成績 時間	体温 (°C)		E. E. G. 所 見			総頸動脈 血流量 *** (減少率)	E. K. G. 所 見	
	脳 温	直腸温	平均振幅 (μ V)	周波数 (Hz)	頻度並に 波 形		脈 搏	そ の 他 の 所 見
対 照 I			80~50	14~12	1群/10秒 α 波		238	正 常
			115	2~5				
対 照 II	34.9	34.3	79	2~5		*** (0%)	235	〃
20'	31.9	32.0	40	4		変化なし (0%)	206	
30'	27.5	30.0	37	3~4		同 上	196	
60'	25.0	25.5	23	2~3		著明に減少 (43%)	163	PQ, QT 漸次延長し初む。
75'	23.7	24.0	波形は不規則な小波の連続となり、殆んど基線の動揺に過ぎない。			更に著明 に減少 (64%)	132	
150'	15.0	15.6	周波数4~7Hz, 振幅70~30 μ V の不規則な脳波再現す。			測定不能	107	洞性不整脈, PQ, QT, QRS, 著明に延長, ST 下降, T波二相性又は逆轉
153'	14.3	15.2	脳波消失す。			同 上	26	T波陽性化す。その他の所見は前所見に同じ。

*, **, *** は第2表 No. 5 に同じ。

No. 8. 3.6kg ♀ 茶色

第 5 表

実験成績 時間	体温 (°C)		E. E. G. 所 見			総頸動脈 血流量 *** (減少率)	E. K. G. 所 見	
	脳 温	直腸温	平均振幅 (μ V)	周波数 (Hz)	頻度並に 波 形		脈 搏	そ の 他 の 所 見
対 照 I			85	12	2群/10秒 α 波		241	正 常
			186	2~5				
対 照 II	34.3	34.0	83	12	波形は不規則	*** (0%)	258	〃
			114	4~7				
15'	32.4	32.1	44	2~5		変化なし (0%)	222	
30'	30.1	30.5	22	2~4		稍々著明 に減少 (23%)	220	
45'	28.5	29.0	波形は不規則な小波の連続となり、殆んど基線の動揺に過ぎない。			著明に減少 (39%)	215	PQ, QT, 漸次延長し初む。 T波平低下
120'	20.5	22.7	周波数14.3Hz, 振幅110~30 μ V の不規則な脳波再現す。			測定不能	120	PQ, QT, QRS, 著明に延長, ST 下降, T 波平低下 又は逆轉, 洞性不整脈
214'	13.4	15.0				同 上		

*, **, *** は第2表 No. 5 に同じ。

No. 13. 3.0kg ♀ 白色

第 6 表

実験成績 時間	体温 (°C)		E. E. G. 所 見			総頸動脈 血流量 *** (減少率)	E. K. G. 所 見	
	脳 温	直腸温	平均振幅 (μ V)	周波数 (Hz)	頻度並に 波 形		脈 搏	そ の 他 の 所 見
対 照 I			153~119	12~11	2群/10秒 α 波		328	正 常
			238	2~5				
対 照 II	34.4	33.9	95	2~4		*** 0%	293	"
15'	31.8	32.0	47	4~5		変化なし (0%)	292	
30'	30.0	30.4	24	3		少々著明 に減少 (25%)	259	PQ, QT, は漸次延長し 初む。
45'	28.0	28.3	波形は不規則な小波の連 続となり、殆んど基線の 動揺に過ぎない。			著明に減 少(40%)	217	R波高漸次増大し初む T波平低化
150'	15.4	18.1	周波数12.3Hz, 振幅112~ 25 μ V の不規則な脳波再 現す。			測定不能	52	洞性不整脈, PQ, QT, QRS 著明に延長, ST下降 T波二相性化
172'	12.0	16.0	脳波消失す			同 上	39	心室自動

*, **, ***, は第2表 No. 5 に同じ。

No. 14. 2.4kg ♂ 白色

第 7 表

実験成績 時間	体温 (°C)		E. E. G. 所 見			総頸動脈 血流量 *** (減少率)	E. K. G. 所 見	
	脳 温	直腸温	平均振幅 (μ V)	周波数 (Hz)	頻度並に 波 形		脈 搏	そ の 他 の 所 見
対 照 I			104~72	12~11	1群/10秒 α 波		245	正 常
			124	2~7				
対 照 II	35.1	35.0	64	3~7		*** (0%)	268	"
15'	30.6	31.0	34	3~5		軽度増加 の傾向	214	
30'	29.3	29.0	34	2~4		同 上	182	R波高漸次増大し初む
45'	26.9	27.1	波形は不規則な小波の連 続となり、殆んど基線の 動揺に過ぎない。			著明に減 少(30%)	158	T波平低化
120'	17.0	17.4	周波数2~7Hz, 振幅220~ 50 μ V の不規則な脳波再 現す。			測定不能	89	洞性不整脈, PQ, QT, QRS, 著明延長, ST下降 T波平低又は逆轉
143'	14.4	14.8	脳波消失す			同 上	31	心室自動

*, **, ***, は第2表 No. 5 に同じ。

總括竝に考按

以上の実験成績を總括すると、総頸動脈における血流量は凍死の初期には殆んど変化を認

めぬか或は多少増加の傾向 (No. 5, No. 14) を認めるにすぎない。

脳波は低温曝露後比較的振幅の減少が軽度であつた No. 5 を除いては何れも直に急激な振幅の減少を示した。その後時間の経過と共に漸次振幅の減少は増大し、周期も亦延長する。更に低温曝露後30分以後では振幅の減少、周期の延長は著明になつた。低温曝露後45分~60分に至つて、総頸動脈血流量は No. 8, No. 13, を除いた他の全例では比較的急激な減少を示した。No. 8, No. 13 の2例は稍々早く30分で稍々減少を示しつつ引続き45分で著明な減少を示した。斯く頸動脈血流の減少し始める時期では体温は脳温が平均27.8°C, 直腸温が平均28.5°Cであつた。脳波は45分~90分 (脳温平均26.3°C, 直腸温平均26.9°C) に至つて、その性格を一変し、徐波はもはや周期性を失つて、只々不規則な小波の連続となり、殆んど基線の動揺と見なされるにすぎない状態になつた。かゝる脳波の変化が頸動脈血流量の減少する時期と殆んど同時的に或は多少遅れて出現すると云ふことは極めて注目すべき所見である。

頸動脈血流量が著明に減少を示す時期には心電図に於ては可なりの程度の徐脈即ち平均毎分76の脈搏の減少が認められるのであるが、まだ洞性不整脈, STの変化, T波の逆転, QRSの著明なる延長等の重篤な機能障碍の所見は認められなかつた。

以上の成績から之等の機能の相関々係について考えてみよう。

抑々血液の身体における分布は血管運動神経の拮抗作用、心臓よりの送血量、その他血液の性状により左右せられるもので、心臓よりの送血量は心搏動によるものである。Patterson, Pipper, Starlingによれば心臓の送血量は大動脈圧及び静脈血注入量に關係し、特に静脈より心臓へ還流する血液量は大きな役割を演じ、たとへ多少の脈搏の減少あるも静脈圧の上昇により心臓へ還流する血液量を一定にし、従つて心臓の送血量を一定に保つものである。又血管は血管收縮神経及び拡張神経によつて二重支配をうけ、血管收縮神経は交感神経に屬し、その上位中枢は延髄の可なり廣汎なる部位に存在するものと考へられ、下位中枢は脊髓の側角交感神経細胞群に存する事は Golzの研究以來確実なものと考へられて居る。血管拡張神経はこれを切断するも影響なく、緊張を有しないでたゞ末稍端の刺戟によつて始めて効果を現はすのみでその中枢の存在は今日尙明かでない。これに反して血管收縮神経は常に緊張をおび、血液の温度及び化学的性状によつて影響せられる。血管のかゝる神経の拮抗作用により身体血液の配分が行はれるが、特に腹部臓器の血管の收縮及び拡張は大規模で、これが血液分布に及ぼす影響は甚大である。

嘗て³⁾ Winternitz は家兎を凍死せしめその経過中の症状を詳細に観察し、凍死の初期には諸機能の興奮状態が認められるが、体温が29°C~26°Cに下降すると諸臓器の共同機能障碍が来て、所謂寒冷麻痺症状を呈すると述べた。Giese は凍死過程の血圧を追究し、体温が32°C~30°C迄は極めて僅かな下降を示すにすぎないが、体温32°C~30°Cに至ると心搏動数¹⁹⁾の減少と共に漸次著明な下降を来すと報告し、新津は体温30°Cに下降する迄は血圧は殆ん

ど変化をみないか或は多少上昇を認めるにすぎないが体温 30°C に下降するに及び漸次著明に下降し始むと述べ、岡田は凍死の初期には¹¹⁾ 血圧の上昇をみるが直腸温 32.5°C に至つて漸次下降し、直腸温 29°C よりは心搏動数の減少も亦急激に増大すると述べた。元來恒温動物では寒冷に曝されるや直に表在性の血管は収縮し、体温の放出をさける事は自明の理であり、¹⁰⁾ 奥田、新津、平間は血管への寒冷作用を「レ」線により追究し、四肢血管は可なり深い血管に至る迄著明な収縮を来すことを認めて居る。

以上の様に凍死の初期には血管運動神経はよく拮抗作用を發揮するのであつて、私の実験に於て凍死の初期に頸動脈血流が殆んど変化を示さぬか或は多少の増加の傾向にあつて減少を示さぬのは表在血管の廣汎な収縮によつて血液は拮抗的に内臓諸臓器に集り、たとえ多少の徐脈をみるも未だ心筋障碍の発現もなく血管運動神経の機能も充分に保たれて静脈血の心臓への還流をよく一定に保ち、血圧を正常に保つて、頸動脈の血流量が正常に保たれるものであらう。更に総頸動脈の血流量が一定に保たれると云ふことは外頸動脈が体表面に近い領域に分布している關係上その血流量は寒冷刺激による血管の縮小により減少するものと想像され従つて内頸動脈の血流量は寧ろ増加するものと考へられる。即ち脳に流入する血流量は凍死の初期には寧ろ増加を来すと考へられる。然し乍ら低温曝露后、直腸温平均 28.5°C に至つて比較的急激に、頸動脈血流の減少するのは如何なる理由によるものであらうか？

前述した様に新津は血圧は体温 30°C を境として下降すると云ひ、岡田は直腸温 32.5°C を境として血圧の下降を認めたと云ふ。Giese は体温 $32^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ を境として血圧は下降し、腹部「マツサージ」で上昇する然し乍ら体温 29°C に下降する時はかゝる腹部血管の圧迫を取去つた後では血管圧迫前の血圧より更に下降するとのべ、又延髄の血管運動神経中枢は体温 $32^{\circ}\text{C}\sim 30^{\circ}\text{C}$ に下降する頃より漸次興奮性が減退し、末梢血管の運動神経は 25°C で既に興奮性を失うと論じて血圧下降の原因を血管運動神経の機能低下に歸した。以上の事より考へると直腸温 28.5°C に至つて頸動脈血流量の減少を来すと云う事実は心搏動数の減少も与つて力ありと考へられるが尙血管運動神経の機能低下に依り、内臓諸臓器に鬱血を来し、静脈より心臓への血液還流が悪化し、血圧も亦下降して、送血量の減少を来し、従つて頸動脈の血流量が減少するものと考へられる。

更に頸動脈血流量が60分~90分に至つて測定不能に陥るのは頸動脈への送血量が減少して血管は縮小し、“Thermo-Stromuhr” と熱電対接点との接觸不能に陥るためと解される。従來凍死体の病理解剖学的所見に就いて⁴⁾ Marchand, ⁹⁾ Ogston, ¹⁰⁾ 竹内, ¹²⁾ 大脇, 渡辺等の報告した様に内臓諸臓器の鬱血が認められ、時に胃粘膜、腸粘膜の糜爛を認め、静脈管殊に大静脈管の高度充血拡張を認めると云う事は凍死には血管運動神経の機能失調による血液の異常分布が存することを裏書きするものであらう。

次に凍死過程における脳波の変化と頸動脈血流量の変化との關係について考へて見よう。脳波と脳血流との關係について文献を見ると、²⁾ Bremer は猫で頸動脈を圧迫して、脳波の

抑制をみたと報告し Prawitz-Neminskie は犬を出血させて貧血に陥らせると脳波は種々な経過を辿つて終に停止したと述べて居る。Bathley, Bishop は皮質の定つた局所の血液供給を司つている動脈を結紮するとその局所の脳波は直に消失し、更に皮質の貧血の様相に伴つてその電氣的活動は鈍り、貧血の様相が消退すると再び電氣的活動が恢復すると述べて脳波が脳血流と密接な関係にある事を明らかにした。Simpson, Derbischire も亦頸動脈結紮後20秒で運動領の脳波は消失を来すと報じ、本川、藤森は頭部皮膚温度の測定より脳内血液循環の状態を推測して脳波は脳充血によつても抑制され、軽度貧血では逆に促進すると論じた。以上の様に脳波と脳血流の間には密接な関係のあることは明らかである。

一方凍死過程の脳波についてみると田中は家兎の正常凍死実験から脳波は脳温 30.6°C ~ 21.8°C に至つて脳波の性格に変化が現はれたが不規則な小波の連続となり、殆んど基線の動搖にすぎなくなる事から凍死では比較的早期に大脳機能の高度の障礙が出現し、これが凍死の病理に主要な役割をなすものであらうと論じた。私の実験でも脳波は低温曝露後45分~90分、脳温 28.5°C ~ 23.9°C 、平均 26.3°C 、直腸温 29.1°C ~ 23.9°C 、平均 26.9°C に至つて田中の述べた様な脳波の性格の変化が現はれ、而もこの時期には対光反射、騒音、疼痛に対する反応が消失する事から大脳機能の低下が考へられる。

脳波のかかる変化は頸動脈血流の減少とかなり密接な関係を示し、頸動脈血流量の著明な減少と同時的或は多少遅れて脳波の性格の変化が出現した。而しながら凍死過程に於て脳波が正常の性格を失つて殆んど基線の動搖にすぎなくなり、大脳機能の低下を示すと云う事が頸動脈血流量の減少即ち脳血流量の減少のみによるとは云へない。大脳皮質が体表面に比較的近いと云う点から寒冷が大脳皮質に直接に及ぼす影響についてみると、Kornmueller は家兎の露出脳表面を局部的に冷却すると皮質の廣汎な分野に脳波の抑制を来し、皮質の麻痺を来して而もこの麻痺は持続的であると云ひ、Bremer は猫の露出脳を冷却して電氣的活動の抑制を見、冷却が弱く短時間の時は速に恢復するが強く長時間の時は脳波の抑制は持続的で仲々恢復しないと云つて居る。最近中村、田中は大脳を人工的に冷却して軽度の温度低下が脳波に著しい影響を与へ大脳深部の温度 27°C ~ 30°C で例外なく脳波の消失を来すと述べている。以上の様に寒冷が大脳皮質に及ぼす直接の影響も亦大である。以上の事より凍死過程の脳波に就て考へるに脳波がその正常の性格を失つて、殆んど基線の動搖にすぎなくなる時期では脳温は平均 26.2°C であることから大脳皮質の温度低下の影響も亦大なりと考へられる。従つて凍死過程の脳波の性格の変化は大脳皮質の温度低下に加えるに脳血流量の減少が亦大きな役割を演ずるものではなからうか。

以上要するに凍死過程に於ては凍死の比較的早期に血管運動神経の機能低下によつて静脈より心臓への血液の還流が悪化し、従つて送血量の減少を来し、血圧又低下して脳に流入する液量の減少を来し、更に大脳皮質の温度低下と相俟つて大脳機能の著しい低下を来すものであらうと考へる。

以上述べた様に私は凍死過程の頸動脈血流量を追究し、脳波及び心電図との相関々係を究明して凍死の病理の一端を明らかにし得たものと思う。

結 論

家兎を用いて、 -40°C の低温室内で凍死せしめ、その経過中に於ける、脳温、直腸温を測定し、同時に脳波、心電図の撮影を行うと共に右側総頸動脈に於ける血流量を所謂 Rein の“Thermo-Stromuhr”を自製して測定した。

脳温及び直腸温は低温室入室前夫々 $35.1^{\circ}\text{C}\sim 33.8^{\circ}\text{C}$ 平均 34.6°C 、 $35.5^{\circ}\text{C}\sim 33.9^{\circ}\text{C}$ 、平均 34.8°C であつた。低温曝露後は略々直線状に下降し、脳温は直腸温に比し稍々低く終始する傾向を示した。

頸動脈血流量は低温曝露後しばらくは殆んど変化を見ぬか多少の増加を示すに過ぎない。30分で稍々減少を示しつつ引続き45分で著明な減少を示した2例以外の例では45分~60分で比較的急激に著明な減少を示した。この時期の体温は脳温が平均 27.8°C 、直腸温が平均 28.5°C であつた。

脳波は低温曝露后直に振幅の著明な減少を示し、45分~90分（脳温・平均 $26.3^{\circ}\text{C}\sim$ 直腸温・平均 26.9°C ）では脳波は殆んど正常の性格を失つて、基線の動搖に過ぎない状態となり、対光反射、疼痛、騒音に対する反応も消失し、かなり著しい大脳機能の低下が認められた。

脳波のかゝる著しい変化を示す時期には頸動脈の血流量は著明な減少を示した。

心臓にはこの時期ではかなりの程度の徐脈が認められるだけでその他の機能障碍の病的所見は認められなかつた。

以上要するに凍死に於てはかなり早期に脳血流量の減少を来し、大脳皮質の温度低下と相俟つて大脳機能の低下を来すことは凍死の病理にかなり大きな役割をなすものとする。

稿を終るに臨み、生前本研究の御指導を賜つた故中村教授の靈に謹んで黙禱を捧げ、亦御校閲下さいました今名譽教授、三上教授に深甚の謝意を表し、本研究中種々御援助下さいました根井教授、吉本助教授に感謝致します。

文 献

- 1) 中村 弘 1948 凍死の病理. 日本醫事新報, 1064, 57.
- 2) Giese, E. 1901 Experimentelle Untersuchung ueber Erfrierung, Viertj. f. Ger. Med. 3F, 22, 234.
- 3) Winternitz, 1894 Vergleichende Versuche ueber Abkehlung und Firnisung. Arch. Exp. path. u. Pharm., 33, 286.
- 4) Schade, 1926 Handbuch d. norm. u. path. Physiol. (Bethe), 7, 481.
- 5) 中村 弘, 田中正之 1943 凍死に関する実験的研究. 特に頭部冷却の脳波, 心臓機能及び呼吸運動に対する影響に就て. 日本病理学会々誌 33, 212.
- 6) 田中正之 1948 凍死に関する実験的研究. 特に凍死過程の脳波に就て, 低温科学, 3, 261.
- 7) 森田貞美 1948 凍死に関する実験的研究. 特に心臓機能の役割に就て, 低温科学, 3, 287.
- 8) Marchand, F. 1908 Die thermische Krankheit, Handbuch d. allg. Path. 1, 129.

- 9) Ogston, 1864 Ueber die Leichenbefunde nach dem Erfrierungstod, *Viertj. f. Ger. Med.*, **26**, 149.
- 10) 竹内 劍 1921 火傷及び凍死の病理に関する実験的並に臨床的研究. *日新醫學*, **12**, 11.
- 11) 久保忠夫 1925 寒冷作用の生活体に及ぼす影響に就ての実験的研究. *北海道醫學雜誌*, **4**, 33.
- 12) 大脇俊一, 渡辺綱彦 1936 低温の生体に及ぼす影響に就ての実験的研究. *北海道醫學雜誌*, **14**, 35.
- 13) Rein H., 1927 Die Thermo-Stromuhr, *Zeits. f. Biol.*, **87**, 394.
- 14) 伊藤儀助, 喜多村潔 1939 Vergleichende Untersuchung ueber den Grosshirnaktionstrom einiger Saeugetiere. *The Tohoku J. of Physiol.*, **37**, 106.
- 15) 小野江爲正 1943 家兎脳波の実験的研究. *北海道醫學雜誌*, **21**, 492.
- 16) Patterson S. Wi, H. Pipper and E. H. Starling. 1914 The Regulation of the Heart Beat. *J. of Physiol.*, **48**, 465.
- 17) Patterson S. W. and E. H. Starling, 1914 The Mechanical Factors which determine the Output of the Ventricles, *J. of Physiol.*, **48**, 357.
- 18) 新津正己 1935 低温の生体に及ぼす影響に對ての実験的研究 (血圧及び呼吸の変化). *北海道醫學雜誌*, **13**, 1465.
- 19) 岡田才一 1936 凍冷が家兎の血圧及び心臓搏動數に及ぼす影響. *國民衛生*. **13**, 645.
- 20) Okuda Y., A. Hiramata und M. Niitsu, 1936 Experimentelle Untersuchung ueber den Einfluss der niedrigen Temperatur auf die Vivigefaeisse der Kaninchen. *Acta. Med. Hokkaidonensia*, **14**, 2586.
- 21) Bremer F., 1935 Quelques proprietes de lactivite electrique du cortex cerebral "isole" *C. r. Soc., Biol.*, **110**, 1241.
- 22) Prawitz-Neminskie 1925 Zur Kenntnis der elektrischen und der Innervationsvorgaenge in den Funktionellen Element und Geweben der tierischen Organismus. *Pflueger's Arch.*, **209**, 562.
- 23) Bathley S.H. and G. H. and G. H. Bishop 1933 Factors determining the form of the electrical response from the optic cortex of the rabbit., *Amer J. Physiol.*, **103**, 173.
- 24) Simpson N. H. and A. J. Derbischire 1934 Electrical activity of the motorcortex during cerebral anemia. *Am. J. Physiol.*, **109**, 99.
- 25) 本川弘一, 藤森聞一 1944 Ueber die Abhaengigkeit des E. E. G. des Menschen von des Blutstauung im Gehirn und dem Psychogalvanischen Phaenomen. *Tohoku. J. exp. Med.*, **48**, 87.
- 26) Kornmueller, A. E. 1936 Bioelektrische Untersuchungen ueber den Patho-mechanismus des Zentralnervensystem. *Deuts. Zeits. f. Nervenheilkunde*, **139**, 81.

Résumé

I tried to study the brain blood-flow of a rabbit exposed to cold at freezing temperature -40°C and the interrelationship among the change of blood-flow in the brain, the body-temperature, E. E. G. and E. C. G.

The blood-flow of brain was measured at the A. carotis communis by the so-called Rein's "Thermo-Stromuhr".

The body temperature fell at linear rate. The blood-flow of brain showed scarce change during 30 minutes after the rabbit was exposed to cold. But afterwards it was reduced relatively rapidly (brain temperature: 27.8°C , rectal temperature: 28.5°C).

When the blood-flow of brain was reduced, the brain waves became to lose its ordinary character, but on E. C. G. only the bradycardia was recognized.