

高 壓 の 骨 格 筋 に 及 ぼ す 影 響

第 5 編

可逆的に電気刺戟に反応しなくなつた筋肉の圧閾値に就て

岡山大学医学部生理学教室 (主任 林 香苗教授)

助 手 丹 原 英 昌

[昭和 27 年 4 月 15 日受稿]

I 緒 言

著者¹⁾は Ringer 氏液中の K イオンの濃度を高めた液の中に一定時間腓腹筋を浸漬して、電気と圧の刺戟閾値を測定した処、高濃度の K イオンを含んだ Ringer 液では電気刺戟閾値が上昇した際にも圧閾値は依然として著しく低下して居る時期のある事を明らかにした。Ebbecke²⁾はアルコール食塩液及び蔗糖液を用ひて電気刺戟には最早反応しなくなつても、未だ死んで居ない筋は充分に高い圧で尙短縮すると述べて居るが、充分に高い圧が如何なる値であるかを明らかにして居ない。

そこでアルコール、蔗糖液の外種々の方法によつて電気刺戟に対して可逆的に反応しなくなつた腓腹筋に就て圧閾値を測定した処、甚だ興味有る成績を得たので報告する。

I 實 験 材 料

トノサマ蛙 (*Rana nigromaculata*) の腓腹筋は加圧実験に、縫工筋は叩打実験に用ひ、室温 4~27°C の間に行つた。

II 實 験 方 法

電気刺戟は電源を 2Volt とし Du Bois-Reymond 型感応コイルに依る単一開放感応電流を以てし、刺戟閾値は総軸距離 (cm) で表はした。圧に由る刺戟閾値 (気圧) を求める方法は既に詳細に説明した。¹²⁾ 此の実験では単に閾値のみを求めるのであるから、筋はその

装置に吊して直接モビル油中に没して加圧した。

一般に実験順序は次の通りである。先づ時刻剔出した腓腹筋標本は Ringer 氏液 (以下 R 氏液と畧す) 中に入れて氷室に保存し、翌朝暫時室温に放置して後電気及び田に対する閾値を測定する。次に処置する液に浸漬する。一定時間後筋を液から取り出して電気刺戟を行ひ、之を繰返して閾値が漸次上昇してゆくのを確める。斯くして遂に総軸距離 0 の最強刺戟に対しても筋が全く反応しなくなつた時、再び圧閾値を測定する。筋に閾値以下の圧を加へた場合は常圧の場合よりも電気刺戟閾値が低下する事を証明した¹¹⁾ ので、此の場合にも閾下圧を加へた筋に総軸距離 0 の感応電戟を加へて、筋が反応するか否かを調べた。此の標本は直ちに R 氏液に戻して筋が処置した液の影響から回復してから両刺戟閾値を測定した。以下各項に夫々の方法及び成績を述べる。

IV 實 験 成 績

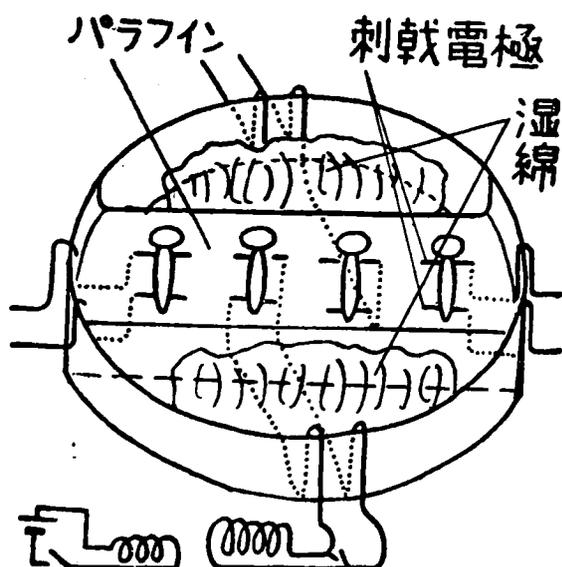
A 電気刺戟と圧刺戟に就て

1 標本を湿室に保存せる場合

Horton⁹⁾ 及び小西⁷⁾ が此の方法に就て述べている。筋標本は R 氏液若しくは其の他の液を全然用ひないで剔出して直ちに湿室に移した。剔出した腓腹筋を R 氏液に入れ半日保存して後の圧閾値は一定となつて居るが、湿室に保存する場合には一定の圧閾値を示すのは何時か明らかでないので、初めの圧閾値は測

定せず後に R 氏液に入れて電気刺戟に対し反応する様になった時の圧閾値を以て正常の圧閾値とした。湿室は第 1 図の如くシャーレの中程にパラフィンの土堤を作り、その表面に

第 1 図 湿 室



は刺戟電極を露出せしめてあるので電気刺戟にも便利である。両側の凹所には湿綿を入れ常に蓋を被せて筋の乾燥するのを防いだ。是くする事に由り筋は数日に亘つて電気刺戟に

第 1 表 湿室に保存せる場合

(A)

20 日 夕 方 更			♂		♀	
日	時 刻	室 温	1	2	3	4
21	10.00	7°C	19.8	22.9	19.0	23.3
22	16.30	14°C	21.6	21.7	20.6	26.2
23	10.00	10°C	21.4	17.1	21.3	21.6
24	11.00	9°C	10.3	8.0	10.9	8.9
25	11.00	5°C	7.6	4.1	9.6	7.8
	16.00	9°C	7.7	(-) 340	7.7	8.1
26	10.00	7°C	(-) 340	13.4 220	(-) 380	(-) 440
	18.00	14°C	12.5	15.7	10.8	10.3
27	11.00	8°C	7.1	12.3	6.9	10.7
			240	280	300	300

(B)

27 日 午 後 更			♂		♀	
日	時 刻	室 温	5	6	7	8
27	18.00	14°C	29.8	20.8	33.1	23.3
28	11.00	8°C	26.3	20.2	22.8	19.6
1	16.30	10°C	23.9	25.8	24.5	25.2
2	16.00	17°C	26.1	24.3	23.4	24.0
3	13.00	17°C	17.2	17.7	11.9	14.6
4	10.00	11°C	(-) 360	(-) 380	(-) 420	(-) 460
	13.00	15°C	18.8 200	11.7 260	18.2 280	16.5 320

第 1 表に示した様に筋は別出後湿室中に保存すると 4 日乃至 1 週間の長い間電気刺戟に反応した。肉眼的な観察に就て述べると、最初の一両日間は閾刺戟に対して筋全体が強い短縮を以て反応したが、その後は筋の一部が僅かに認め得る程度の短縮しか起さず、強く反応させるには表に記した閾値よりも相当強い刺戟を与へなければならなかつた。然し閾値を定める場合及び電気刺戟に反応しなくなつたか否かを見る場合には最小の反応をも見逃さぬ様に注意した。湿室内に於て筋は相当長く湿潤で光沢を有して居たが、電気刺戟に反応しなくなつた時には光沢は失はれて居た。然し勿論乾燥する様な事はなかつた。

電気刺戟に反応しなくなつた筋に就て圧閾値を測定した。加圧に先だつて数例に就て一次回路の電源を 2Volt から 4Volt に高めて見たがやはり反応しなかつた。完全に電気刺戟に反応しない筋も圧を加へると尙短縮した。此の時の圧閾値を、R 氏液に浸して此の状態から回復した時に測定した圧閾値と比較すると 100~180 気圧平均 140 気圧、圧閾値が上昇して居る。この際閾下圧を加へて巻軸距離 0 の感応電戟を加へて見ると、今迄電気刺戟に全く反応しなかつた筋も短縮を起した。詳しく述べると、200 気圧の下で有効であつた最強電気刺戟も 2 回目には無効となり、再び同じ強さの電気刺戟を有効とする為には 50~100 気圧高めねばならなかつた(やはり閾下圧で

ある)。R氏液に浸した腓腹筋は再び電気刺戟に反応する様になり、電気刺戟閾値も或程度迄回復するが漸次上昇してゆく。筋は次第に白色不透明となり、膨脹して一部に裂目が出来て2.3日後には全く電気には勿論圧にも応じなくなつてしまつた。此の様な状態となる少し前最強電気刺戟に筋の一部が僅かに動くの見える様に迄なつた時でさへ加圧による短縮が認められた。然し圧閾値は甚だしく上昇して600気圧程度を示したものが有つた。

2 蔗糖溶液に浸した場合

Overton⁹⁾は筋を4~6%の蔗糖液に入れ電気刺戟に反応しなくなつたものも生理食塩水に依つて再び反応する様になる事を述べた。此の実験には6%の蔗糖液を使用した。先づ前日夕刻剔出してR氏液に浸漬しておいた腓腹筋に就て翌朝電気及び圧に依る刺戟閾値を測定して後蔗糖液に入れる。暫時律動性短縮を起すが間もなく静止し、電気刺戟閾値は漸次上昇してゆき、5~10時間後には最強の電気刺戟にも反応しなくなつた。此の状態に測定した圧閾値と、その後再びR氏液に戻して測定した閾値及び最初のそれとを比較して見ると次の様になる。第2表(A)の4例では、R氏液中の圧閾値より少し上昇して居る様に見えるが、(B)の例では反対に低下して居るものも見られる。(A)に於ける実験では電気刺戟に反応しなくなつてから圧閾値を測定する迄に少し時間が経過し過ぎた為かも知れない。何れにしても圧閾値には大して差異が認められない。電気刺戟に反応しなくなつた際その時の圧閾値よりも50気圧程度低い圧を加へて電気刺戟を加へたが依然として無効であつた。

3 Alcohol-R 液に浸した場合

可逆的にAlcoholに由つて電気刺戟に反応しない状態を得る事は、可成り大きな腓腹筋では困難であつた。或例ではAlcoholを6.5%の割にR氏液に混じた液に由つては、電気刺戟閾値は漸次上昇していつたが遂に縦軸距離10cm以下の一定値に止まつて、其後一向進行しなかつた。又或例では7.5%の液を用

第2表 蔗糖溶液に浸せる場合

(A)

性別重量	♂ 0.6g		♀ 0.3g	
	1	2	3	4
例				
0740 (5°C)	21.3 200	28.4 300	22.3 320	27.7 300
0930	6% 蔗糖溶液に入れる			
1130	20.0	21.3	24.2	22.6
1400	23.4	22.6	8.5	4.0
1500	20.5	21.4	6.0	(+)
1600 (11°C)	22.3	16.5	(+)	(-)
1630	10.0	10.0	(-)	
1730	3.0	4.0		
1800	(-)	(-)		
1930	280	320	340	360
0800	17.2 240	18.4 280	16.7 320	14.8 320

(B)

性別重量	♂ 0.3g		♀ 0.5g	
	5	6	7	8
例				
0830 (7°C)	23.5 220	25.3 300	22.8 240	27.3 260
1045	6% 蔗糖溶液に入れる			
1415	23.2	28.0	23.4	25.2
1500	13.0	10.0	11.0	8.0
1530 (17°C)	7.0	5.0	4.0	2.0
1600	(-) 220	(-) 320	(-) 220	(-) 280
1000	19.8 280	20.7 300	17.3 260	18.5 300

ひた処、漸次短縮し遂に強縮に陥つてしまつた。そこで7% Alcohol-R液とすると、或筋では上記の如く途中から発展せず、或筋にとつては濃過ぎて強縮を起してR氏液に戻しても回復しないと云ふ場合であつた。そこで6%と8%の液から求める濃度のAlcohol-R液を作つて第3表に記した様に電気刺戟閾値上昇の程度を観察しながら、6%から漸次濃い液に移していつて電気刺戟に全然反応しない標本を得る事が出来た。斯く電気刺戟に反応

第3表 Alcohol-R 液に浸せる場合

(A)				
性別重量	♂ 0.9g		♀ 0.8g	
	1	2	3	4
例				
1000 (19°C)	23.5 330	26.5 340	21.3 310	20.4 330
1015	6% Alcohol-R液に入れる			
1115 (20°C)	15.0	14.5	13.0	13.5
1215	12.5	10.5	11.5	12.5
1230	6.5% Al-R 液に入れる			
1315 (22°C)	5.5	8.0	7.5	10.0
1400	(-) 180	(-) 180	7.5	8.0
	7% Al-R 液			
1455 (25°C)			2.5	2.0
1520			(-) 210	(-) 240
1730	14.0 310	15.0 310	15.0 360	17.0 340

(B)				
性別重量	♀ 1.2g		♂ 0.9g	
	5	6	7	8
例				
1040 (22°C)	24.3 330	23.5 360	20.4 380	21.3 340
1115	6% Alcohol-R 液に入れる			
1130	16.9	22.6	20.5	16.3
1300	16.5	17.8	14.3	11.8
1320	6.5% Al-R 液に入れる			
1400	11.5	10.5	8.0	8.5
1600 (23°C)	9.5	6.0	(-)	(-)
	7% Al-R 液		280	260
1800	(-) 230	(-) 240	14.0 380	12.6 400
1940	15.3 340	14.5 340		

しなくなつた時の圧閾値は表を見ると明らかに低下して居る。之を Alcohol-R 液に入れる前及び R 氏液に戻して後の圧閾値と比較すると(第3.8例では平均を取つた。恐らく作用し過ぎて充分回復し得なかつたのであろう)約 120 気圧低下している。表には示さなかつたが実験が不成功に終つたものは、R 氏液に戻して一定時間経過しても電気刺戟は有効ならず其の時の圧閾値は 600 気圧程度の圧を必要とするか又は全然圧にも反応しなくなつて居り、此の様な例では Alcohol-R 液に由つて電気刺戟が無効となつた時の圧閾値も低下していないか若しくは著しい上昇が見られた。

Alcohol-R 液に由つて最強電気刺戟にも反応しなくなつた際、閾下圧を加へて行つた電気刺戟もやはり無効であつた。R 氏液に戻してからの電気刺戟閾値はやはり初のそれに比べると、可成り高く回復も完全ではない。

4 濃い KCl を含む R 液に浸した場合
既に明らかにした K の多い R 液の作用を簡単に記すと、3K-R 液(0.03% KCl を含む等調 R 液)では刺戟閾値を見ると、電気及び

圧刺戟共に低下する。7K-R 液では電気刺戟は初低下するが後上昇するに反し圧刺戟は低下した状態を持続する。20K-R 液に 1 時間程度では、電気刺戟閾値は初低下した後甚しく上昇するが、圧閾値は著しく低下し後少し上昇する傾向が見られる。Horton⁶⁾ は高濃度の K 液で処理すると電気刺戟に反応しなくなる事を述べて居る。そこで高濃度 K-R 液を用ひて実験を行つた。その成績は第4表に示した。先づ電気並に圧刺戟閾値を定め、10K-R 液から始めて漸次濃度を高くして 25K-R に迄したのもある。斯くして 7 時間前後で電気刺戟に反応しなくなつた。此の時に測定した圧閾値は前後の R 氏液に浸した場合のそれに比して 50~200 気圧平均 100 気圧だけ閾値が上昇した。此の状態に於て閾下圧を加へて電気刺戟を行つても依然無効であつた。R 氏液に戻すと圧閾値は初と同じ位に回復したが、電気刺戟に対しては比較的高い閾値迄しか回復しなかつた。

5 Chloroton-R 液に浸した場合
神経の麻酔にはウレタン、塩酸、蟻酸等も

第4表 高濃度K-R 液に浸せる場合

(A)

性別重量	♀ 0.9g		♂ 0.9g	
	1	2	3	4
例				
0900 (22°C)	25.8 320	22.5 340	24.4 250	22.3 270
1020	10K-R液に入れる			
1030	22.7	28.0	25.8	25.6
1130	16.1	11.5	14.6	16.1
1300 (24°C)	10.5	10.0	11.5	11.0
1330	15K-R液に入れる			
1430	8.0	6.5	7.0	9.5
1530	(-) 390	(-) 430	(-) 450	(-) 430
1830 (23°C)	9.4 360	12.2 370	15.0 260	13.1 300

使はれて居るが、筋肉の麻酔は困難であつた。ウレタンを用ひると縫工筋では電気刺戟に殆ど反応しなくなる頃には白色で且つ板状になつてしまつた。Horton は pH5.5 の酸性R液で可逆的に電気刺戟に応じなくなると述べて

第5表 Chloreton-R 液に浸せる場合

(A)

性別重量	♂ 0.7g		♀ 0.5g	
	1	2	3	4
例				
1400 (15°C)	18.5 380	18.8 380	18.2 400	19.5 360
1430	0.3% Chloreton-R 液に入れる			
1600	17.1	16.5	17.2	16.4
1730 (12°C)	17.1	14.5	14.5	13.5
1830	14.7	13.6	14.3	13.6
	氷室に保存			
0900 (7°C)	4.0	(±)	3.0	2.0
1100	(-) 560	(-) 550	(-) 540	(-) 560
1400	19.6 400	20.6 410	18.0 370	16.6 380

(B)

性別重量	♂ 0.7g		♀ 0.6g	
	5	6	7	8
例				
1300 (26°C)	24.4 310	24.9 300	33.1 290	27.3 260
1410	10K-R液に入れる			
1520	19.0	19.5	15.0	14.5
1540 (27°C)	15K-R 液に入れる			
1700 (25°C)	12.0	12.5	12.5	12.0
1730	20K-R 液に入れる			
1830	10.5	11.5	3.5	4.0
1900 (23°C)	25K-R 液		2.0	2.0
2000	(-) 400	(-) 460	(-) 420	(-) 410
2230	12.3 320	11.8 300	8.7 300	6.5 290

居るが、酸の度が強いと強縮を起し、弱いと完全に麻酔せず実験に適しなかつた。0.3% Chloreton-R 液を用ひると半日以上を要するが電気刺戟に応じなくなるので実験を遂行した。第5表にその成績を示す。

8例共全般にR氏液に於ける圧閾値は高いが、実験終了後にも大体同じ値を示した。0.3% Chloreton-R 液に入れると徐々にではある

(B)

性別重量	♂ 0.8g		♂ 0.5g	
	5	6	7	8
例				
1500 (10°C)	19.8 420	21.2 400	20.8 410	19.6 420
1600	0.3% Chloreton-R 液に入れる			
1700 (12°C)	16.5	18.3	19.0	18.2
1800	15.8	16.8	17.2	16.3
	氷室に保存			
1000 (9°C)	(-) 620	(-) 580	(-) 600	(-) 620
1630 (12°C)	13.5 440	12.0 400	14.0 430	14.5 440

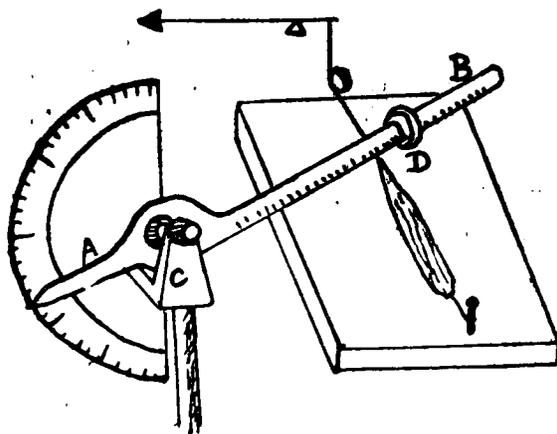
が電気閾値が上昇するので、一晩氷室に保存して翌朝電気刺戟に反応しなくなった時圧閾値を測定した。此の時の値は非常に高く平均180気圧閾値の上昇が見られた。閾下圧を加へて最強電気刺戟を与へたがやはり本例でも無効であつた。R氏液に戻してからの電気閾値は(A)の4例はよく回復したが、(B)の4例は余り回復がよくない。之は後者は電気刺戟に応じなくなつてからR氏液に戻す迄に相当の時間が経過した為であらう。

B. 電気刺戟と叩打刺戟に就て

高圧は筋の周囲全体から平等に作用するが筋肉に対する刺戟作用が如何なる機序に由るかは全く不明である。しかし刺戟の勢力型としては機械的刺戟の一種と看做される。そこで局所機械的刺戟として叩打刺戟を選んで高圧刺戟と比較する為に次の実験を行つた。

被検筋として腓腹筋を用ふれば叩く事に因つて動くので結果の判定が困難であるから縫工筋を用ひた。叩打刺戟に用ひた装置は第2

第2図 叩打装置
AB……セルロイド板
D……ゴム



図の如きものである。描写槓杆の支点到る部分Cを用ひて、その外側に分度器を固定し、セルロイド板ABは廻転する様にCに取付ける。柔かいゴムDをBが貫き、指でAを下に押し急ぎ放すとBが落下してDが筋を叩打する様にする。コルク板にパラフィンを塗り、両端を糸でしばつた縫工筋を横たへ、一方を固定し他方を槓杆に連結する。斯くする

と筋の反応だけを正確に描かしめ得る。

今ゴムDを用ひないでB上の同じ点で筋を叩く様にし、刺戟強度を落下角度で表はし、既述5処置に由つて電気刺戟及び叩打刺戟閾が如何に変わるかに就て調べた。此の場合には筋全体に及ぶ攣縮を肉眼で観察して閾値を定めた。R氏液に浸した筋では叩打刺戟閾値は総て5°程度で、力強い攣縮を示したが、夫々の処置を加へて漸次電気刺戟閾値が上昇して総軸距離が10cm余となると、叩打刺戟閾値も上昇し攣縮も弱くなり遂に15~20°となる。それ以上之等の処置を続けると如何に強い叩打刺戟にも反応が見られなくなつたが、R氏液に戻すと又5°程度の強さに応ずる様になつた。之は上述のどの処置を施した場合も同じ傾向であつた。

次に特異性筋隆起をも見逃さぬ様にする為第2図の装置全体を用ひた。単一叩打を得る為に落下角度を60°とし、指を速かにAから離しDが筋を叩いて跳返つた時再び速かにAを下に押すと再び筋を打つ事はない。斯くする事に由つて新鮮な筋では単一攣縮を、電気閾値の低下した筋では筋隆起曲線を描かせ得る事を確かめた。縫工筋を湿室に保存し或は蔗糖溶液・Alcohol-R液・濃厚K-R液・Chloreton-R液に夫々浸して電気刺戟に全く反応しなくなった時に単一叩打刺戟を与へたが、どの方法に由つても全例共全く反応しなかつた。電気閾値が2~3cm迄上昇した時に行つた例に就ても同様であつた。

短時間のうちに1500気圧迄圧を高めてすぐ圧を復すると、新鮮な骨筋は極度の非可逆的な持続短縮に陥る。上述の実験に於て電気及び叩打に反応しなくなった筋も1500気圧を加へるとやはり新鮮筋と同様な持続短縮を示した。

V 考 察

筋隆起に就て高橋¹⁰⁾は、総軸距離19cm毎秒50回の電戟と叩打とを縫工筋に与へた結果、0.3% Cocain-R液を用ひた場合には電気刺戟に反応しなくなつても筋隆起は起るが、

0.5% Chloreton-R 液を用いた場合には反対に筋隆起が起らなくなつてからも尙電気刺戟には反応する事を見て居る。しかし上述実験の如く単一電戟を以て刺戟した場合には、縦軸距離0では勿論 2~3cm 迄閾値が上昇した際にも亦叩打刺戟には全く反応しなくなつた。Cocain に就ては実験して居ないが恐らく他の処置と同様な結果を来すものと考へられる。此の実験は縫工筋に就て行つたものであるが、電気・圧両刺戟に対する縫工筋の態度は恐らく腓腹筋でも同様であらう。縫工筋の圧閾値は実験装置の関係で求める事が出来ないので電気刺戟に反応しなくなつた此の筋が如何なる圧閾値を示すかは知り得なかつたが、1500 気圧短時間の作用で短縮を起した事は腓腹筋同様電気及び叩打刺戟に反応しなくなつても尙圧には反応する事を示して居る。

電気刺戟に全く反応しなくなつた筋が圧刺戟に如何なる態度を取るかを第6表に一括して示した。此の複雑な結果は筋の被刺戟性

第6表 電気刺に反応しなくなつた時の筋の態度

処置の種類	閾下圧のもとで 電気刺戟に対し	圧 閾 値 (正常時に比し)
湿室に保存	反 応 す	上 昇
蔗糖溶液	反 応 せ ず	不 変
Alkohol-R 液	全 上	低 下
濃厚 K-R 液	全 上	上 昇
Chloreton-R 液	全 上	全 上

(Ir) と興奮性 (Ex と畧す) とが分れ得るものであると考へると理解し易い。橋田⁵⁾ に依れば Ir と Ex とは分離し得る事並に刺戟から興奮に至る過程を次の如く述べている。即ち先づ刺戟に由つて S (刺戟効果) なる過程的変化が起り、S は内的条件の変化として E (興奮作用) なる過程を惹き起す。而して此の E に由つて興奮が起つたとすると、Ir は S の起り方の程度或ひは仕方で Ex は興奮の起り方に關聯する問題であるとし、そして或種の刺戟では興奮が起るが他の刺戟では起らない様な場合には当然 Ir の問題であるとして

居る。上記実験結果の範囲内では総て叩打刺戟が先づ無効となり次いで電気刺戟に反応しなくなつた筋も尙圧刺戟には反応した。此の事實は刺戟の種類に由つて Ir が異なる事の論拠となるものであらう。

種々の処置を加へた後 R 氏液に戻した後の圧閾値は初の正常時と大差がないが、電気閾値の回復は悪い場合が多い。湿室から出して R 氏液に入れて最強電戟に筋の極く一部分が僅かに動くのが認められる程度となり、パネに抗して接触を絶つ力が発生すると考へられない様な殆ど水強直を起した筋でも尙圧では此の力が発生した。又 Alkohol 麻醉が過ぎて R 氏液に戻しても電気刺戟に應ずる様にならず、筋は或程度短縮した時にも尙高い圧には反応したものがある。圧と似た筋短縮を起すものに Chloroform が有る。湿室の綿に Chloroform を浸み込ませ、種々の処置に由つて電気刺戟に反応しなくなつた筋を入れると暫時の後に 1500 気圧を加へた場合と同様に極度の短縮を起す。他方水強直を起させた場合には圧でも Chloroform でも筋短縮は見られなかつた。他にも此の様な薬品は有ると思ふが、以上の事實から恐らく筋に短縮を起す能力が有る限り圧や Chloroform 並に同種の刺戟には反応するであらう。

Ir の關与する過程を考へる場合に、刺戟の種類が異なる場合にも一仮へ刺戟を受け入れる過程は異つても一其後の過程は全部若しくは一部の共通な Ir, Ex の与る過程を経て興奮を起すものであらう。此の場合叩打・電気・圧刺戟が同じ相に作用するとも考へられるが、今述べた圧や Chloroform が外的条件に最も左右され難い事實から、恐らく異つた種類の刺戟は Ir の与る過程の異つた相に作用し、叩打・電気・圧刺戟は此の順に圧刺戟が最も興奮に近い相に作用するものと考へるのが妥当であらう。

筋は刺戟を受けて興奮する迄には複雑な物理化学的な変化を起す。圧が高ければ高い程筋の短縮高は増し³⁾、閾下圧を加へて単一電気刺戟を行ふと平圧の場合よりも短縮高は増

す¹⁾し、又刺戟閾値も低下する¹⁰⁾。之等の事実から閾下圧は電気刺戟に対する I_r , E_x の何れに作用するか断定出来ないが、恐らく刺戟を受けてから興奮する迄の一連の変化過程に対して促進的に作用する即ち I_r , E_x の両方を亢進せしめるものであらう。

以上の様な考へで上述実験結果を検討してみると。

湿室に保存した場合：一電気刺戟に反応しなくなった筋も閾下圧を加へると尙反応する（一定の興奮を起しバネに抗して接触を断つ力を発生する）のであるから、 I_r が低下した為に最強電戟では上記 E を惹き起すに至らない程度の S しか生じなかつたものが、閾下圧を加へると I_r が亢進してより大なる S を生じ、従つて或程度の E が発生して然も E_x も亢進した為或程度以上の興奮を生じて反応を認める事が出来たものと考へられる。圧刺戟はその作用相が電気刺戟の作用相に比して E_x の与る過程に近い為に I_r 低下に著しくは影響されないのだから依然興奮を惹き起す事が出来る。しかし此の場合圧閾値が上昇して居る事は、圧刺戟系にも共通な I_r , E_x の低下に因るものであると考へられるが、 I_r , E_x 何れへの影響が大であるかは詳らかでない。

次に述べる4つの場合には電気刺戟に応じなくなった筋に閾下圧を加へて最強電戟を与へてもやはり反応せず且つ圧刺戟には興奮するのであるから、電気刺戟系には必要であるが圧刺戟系には必要としない或変化過程に於て重要な役割を演ずる能力若しくは物質が失はれるか又はその役割を果せない状態となる為であらう。従つて圧刺戟は有効であるが用ひた薬品の作用に由つてその後の過程（圧刺戟系）に異つた影響を与へる為に圧閾値にも変動が見られるものと考へられる。

蔗糖溶液に浸漬せる場合：一電気刺戟に反応しなくなった筋の圧閾値は正常時と差異がないのであるから、恐らく I_r , E_x 共に蔗糖に由つては影響されないものと考へられる。即ち蔗糖は圧刺戟系より前の段階を障害する作用丈しかないであらう。

Alkohol-R 液に浸した場合：一圧閾値の低下が著しいから、 I_r , E_x を亢進させる作用が著しいものと思はれる。

Chloreton-R. 濃厚 K-R 液に浸した場合：一両液に浸漬して電気刺戟に応じなくなつた筋の圧閾値は何れも上昇するから、 I_r , E_x は低下したものと考へられる。

湿室に保存した場合は圧刺戟に対する I_r も当然低下したものと考へられるが、他の場合には I_r , E_x の何れに因るか明かでないから之等の和として考へねばならない。K 濃度が薄い場合に電気刺戟及び圧刺戟閾値が異つた態度を取る時期の有る事は既に述べた¹³⁾が、此の現象も恐らく I_r , E_x の相反する態度に因るものと考へられるが、圧に対する I_r , E_x の状態を窺知る事実がないので明らかにする事は出来ない。

近年 Lorente de Nó⁹⁾ の唱へる様に膜電位が Q 並に L の 2 つから成つて居るとすると、本編に於て実験した様な可逆的に電気刺戟に反応しなくなった全例は総て Q 部分から冒され、反之 L 部分はその働きに於て或は上り (Alkohol-R 液の例) 或は下り (湿室内保存, 濃厚 K-R 液, Chloreton-R 液) 又は変つていない (蔗糖液) と考へられぬだらうか。夙に Ebbecke⁴⁾ は筋肉の圧迫短縮が特発性筋隆起に大変似ていると記載している。若しそうなら元々特発性筋隆起は興奮伝播を伴ふ処の Spike potential が欠けるであらうから、筋肉がひどく圧迫されると Q 部分が冒され Spike potential を発生し難くなるが、L 部分は増感されて局所性の非伝播性の短縮が現はれる様になると解されて一応事象が合点され得る。果して圧迫下に於て Fast electrotonus 並に spike potential の発生が如何か、slow electrotonus や afterpotential の状態がどう変化するか、又何故変るかといふ点では後日の研究に俟つ。

VI 結 論

蛙腓腹筋及び縫工筋を (イ) R 氏液其他の液を全く用ひず剔出してそのまま湿室に保存

する、ロ) 6% 蔗糖溶液 ハ) 6~7% Alcohol-R 液 =) 10~25 K-R 液 ホ) 0.3% Chloreton-R 液に夫々浸漬すると、可逆的に電気刺戟に反応しない状態となる。此の様な状態となつた筋肉に就て次の様な実験成績を得た。

1. 縫工筋では電気刺戟に反応しなくなるより前既に叩打刺戟に反応しなくなつた。

2. 電気刺戟に反応しなくなつた縫工筋及び腓腹筋は尙圧及び Chloroform ガスには反応する。

3. 可逆的に電気刺戟に反応しなくなつた時の腓腹筋の圧閾値は正常時(300 気圧前後)に比べると

a. 湿室に保存した場合：-140 気圧閾値が上昇した。尙此の場合に限り閾下圧の下で電気刺戟に反応した。

b. 蔗糖溶液に浸した場合：一圧閾値の変動は見られなかつた。

c. Alcohol-R 液に浸した場合：-120 気圧低下が見られた。

d. 濃厚 K-R 液に浸した場合：-100 気圧上昇した。

e. Chloreton-R 液に浸した場合：-180 気圧の上昇を示した。

擲筆するに当り終始御懇篤な御指導と御校閲を賜つた恩師林教授に衷心から謝意を表す。

文 献

- 1) Cattell, McK. and D. J. Edwards, Am. J. Physiol., **86**, 371, 1928.
- 2) Ebbecke, U., Pflügers Arch., **157**, 79, 1914.
- 3) Ebbecke, U. und O. Hasenbling, Ibid., **236**, 405, 1935.
- 4) Ebbecke, U., Ibid., **236**, 662, 1935.
- 5) 橋田邦彦：医学中央雑誌, **36**, 735, 1932.
- 6) Horton, H. V., J. Physiol., **70**, 380, 1930.
- 7) 小西眞尙：岡医誌, **48**年, 132, 1936.
- 8) Lorente de Nó, A study of nerve Physiology, New York, 1947. (Fulton's Textbook of Physiol. 16 ed. p. 20 より).
- 9) Overton, E., Pflügers Arch., **92**, 346, 1901.
- 10) 高橋忠幸：日生理誌, **4**, 183, 1939.
- 11) 丹原英昌：本誌, 第1編.
- 12) Ibid., 第2編.
- 13) Ibid., 第4編.

高 壓 の 酵 素 作 用 に 及 ぼ す 影 響

岡山大学医学部生理学教室 (主任 林 香苗教授)

助 手 丹 原 英 昌

[昭和27年4月15日受稿]

I 緒 言

下等な動物から細菌に至る迄の種々の動物に及ぼす高圧の作用に就ては或程度の研究がなされている。

大谷⁵⁾は7~15 気圧の下でタカヂアスターゼの作用が抑制される事を見て居る。又 Basset と Macheboeuf¹⁾は非常に高い圧を用ひて酵素と細菌毒素に及ぼす作用を調べた結果、

此の両者は非常によく似て居り8000 気圧以下ではその作用は影響されず。圧が高くなればなる程又時間が長ければ長い程その作用は弱減し、12000 気圧以上に長く保つて居ると全くその作用を失ふと述べ居る。1940年 Matthews⁴⁾等は Pepsin 並に rennin の作用が約2000 気圧以上の範囲で圧力の高さと共に酵素作用減弱し、その減弱度は圧力の作用時間と共に強くなり、作用の原因の一は酵素の