

高温環境下に於ける糖代謝

第 1 編

高温環境下に於ける糖代謝に及ぼす vitamin C の影響

岡山大学医学部第一内科教室 (主任 : 山岡教授)

小 原 美 夫

[昭和 30 年 4 月 22 日受稿]

高温環境下に於ては生体に変調を来し、これが持続する時は遂に病的状態となることは、熱射病乃至は日射病の存在からも明かである。高温環境時の新陳代謝に関しては、古来幾多の業績があり、その中の含水炭素代謝に対しても同様であるが、岡山医大稲田内科からも、氏平、桑名、富田、浅越及び世良等によつて報告がなされている。それを要約すると、家兎や海猿及び白鼠を、 38° 乃至 45°C の高温環境下に 1.5 時間より数時間に亙つて置く時は acidosis を来し血中の残余窒素量、血糖値、乳酸量、焦性葡萄糖量並に diastase 量は増加するが、酸素量は減少し、肝臓及び筋肉の糖原量も減少するに至るといふ。これ等の研究を更に推進せしめるため、白鼠及び海猿を高温環境下に置き、肝臓及び筋肉糖原量並びに血糖値を測定し、これを室温に放置せるもの場合と比較観察し、更に vitamin C の影響をも見て、高温環境下に於ける含水炭素代謝の片鱗を伺わんとした。

実験方法

血糖及び糖原の含量は、実験用動物の種類により動揺が激しく、同種類の動物を同一条件に置いても、個体差が著明とされている。この点については清水及び太田の研究があり、それによれば、白鼠に最も個体差が少いといふ。然し vitamin C を用いる点からは、海猿が最も望ましいので、始めは白鼠により、次に海猿を用いることにした。そうして少くとも 5 日間、白鼠は粉末で海猿は豆腐糟だけで飼養し、その内から体重の略々等しいも

のを選び、20乃至24時間飢餓の後実験に供した。

実験に当つては総ての動物について、血糖測定のため心臓穿刺により採血、対照群では一部はそのまま、一部には体重 100 瓦当り vitamin C を 50 兎皮下注射し、高温環境下に置くものでは、一部はそのまま他はそれぞれの群に於て、体重 100 瓦当り vitamin C を 25 と 50 及び 75 兎宛皮下注射し、次で対照群で白鼠は 1.5 時間、海猿は 2 時間室温に放置し、高温環境下には白鼠は 39°C 、1.5 時間、海猿は 41°C 、2 時間保温して、対照群を含む総ての動物に対し、血糖測定のため再度心臓穿刺により採血、後直に撲殺して肝臓及び筋肉の糖原量を測定した。使用した筋肉は、四頭股筋である。

高温環境としては、 $1.0 \times 1.2 \times 0.8$ 米の「エルゴス」式電気孵卵器を用い、扉は二重式で透明厚硝子を具え内部を常に観察し易い様にし、又両側に小窓 4 個づつを設け通気を良好ならしめた。動物は、孵卵器の側壁や底よりの輻射熱を避けるため、動物が自由に運動し得るだけの大きさの木箱に入れ、予め所期の温度となした孵卵器に収めた。また乾湿度湿度計も、同様の目的で扉の側だけ開放された木箱に取付けて孵卵器に入れ、これにより器内の温度及び湿度を観察した。

血糖測定は Hagedorn-Jensen 氏法、糖原測定は Z. Disch-H. Popper 氏法に従つた。

実験成績並に考按

まず対照例として vitamin C 非負荷室温

放置に於て、白鼠ではその成績は第1表の通

第1表 動物白鼠，温度室温1.5時間，
Vitamin C 非負荷.

例	体 重 瓦	肝臓糖原 %	筋肉糖原 %	前血糖 厩%	後血糖 厩%
1	94.0	1.322	0.441	107.0	121.0
2	96.0	1.232	0.400	102.0	118.0
3	92.6	1.253	0.436	88.0	98.0
4	103.0	1.224	0.352	91.0	101.0
5	99.0	1.323	0.430	97.0	104.0
6	98.0	1.430	0.522	112.0	127.0
7	95.0	0.982	0.392	91.0	112.0
8	108.0	1.219	0.431	103.0	115.0
平均	98.2	1.248	0.425	98.8	112.0

りである。即ち糖原量及び血糖値に於て個体差が比較的少いのは、清水及び太田のいう通りで、肝臓糖原量に比して筋肉糖原量は約 $\frac{1}{3}$ 、また前血糖値に比し後血糖値は常に高く、平均値に於て13.2厩%の差があり、前血糖値の13.3%に当る。これは初回の採血の際の縄縛や、心臓穿刺等の影響を受けたためと思われる。

これに予め体重100瓦当りvitamin Cを50厩負荷すると、第2表の通りになる。即ち非負

第2表 動物白鼠，温度室温1.5時間，
Vitamin C 每体重100瓦 50厩.

例	体 重 瓦	肝臓糖原 %	筋肉糖原 %	前血糖 厩%	後血糖 厩%
1	96.0	1.480	0.460	96.0	71.0
2	51.0	1.470	0.515	82.0	79.0
3	89.0	1.550	0.655	102.0	97.0
平均	78.6	1.500	0.543	93.3	82.3

荷のものに比すれば、肝臓及び筋肉糖原量は共に平均値に於て可なり増加し、その増加の程度は前者に高い。またvitamin C非負荷の場合とは反対に、後血糖値は前血糖値よりも常に低く、その平均値に於て11.0厩%の差があり、これは前血糖値の11.8%に当る。

白鼠をvitamin C非負荷のままに、39°Cの孵卵器中に1.5時間入れて置いた成績は、第3表の通りである。これをvitamin C非負

第3表 動物白鼠，温度39°C1.5時間，
Vitamin C 非負荷.

例	体 重 瓦	肝臓糖原 %	筋肉糖原 %	前血糖 厩%	後血糖 厩%
1	77.0	0.804	0.298	81.0	96.0
2	88.0	0.920	0.406	82.0	86.0
3	87.0	0.815	0.364	72.0	83.0
4	95.0	1.050	0.514	63.0	74.0
5	100.0	0.840	0.342	67.0	77.5
6	107.0	0.934	0.420	90.0	104.0
7	108.0	1.163	0.516	86.0	93.0
8	94.5	0.932	0.408	77.3	87.6

荷で室温に放置したものに比すれば、筋肉糖原量は幾分の減少を示し、肝臓糖原量はかなりの減少を来す。只前血糖値に比し後血糖値が常に高いのは共通しており、この場合の増加は平均値に於て10.3厩%で、増加の比率も前血糖値の13.3%で同一である。

この際予めvitamin Cを体重100瓦当り25厩負荷して置くと、高温環境を与えたものに於てその成績は、第4表の通りである。即ち

第4表 動物白鼠，温度39°C1.5時間，
Vitamin C 每体重100瓦 25厩.

例	体 重 瓦	肝臓糖原 %	筋肉糖原 %	前血糖 厩%	後血糖 厩%
1	98.0	1.135	0.374	94.0	102.0
2	100.0	1.345	0.425	96.0	103.0
3	95.0	1.721	0.431	96.0	100.0
4	105.0	1.629	0.435	97.0	104.0
5	96.0	1.407	0.455	96.0	102.0
6	98.0	1.021	0.362	98.0	101.0
7	107.0	1.005	0.341	96.0	95.0
8	107.0	1.029	0.344	92.0	102.0
9	112.0	1.031	0.361	96.0	100.0
平均	102.0	1.247	0.392	95.6	101.0

これをvitamin C非負荷高温環境下のものに比すれば、その平均値に於て、筋肉糖原量に於て殆ど差はなく、肝臓糖原量は多くして、vitamin C非負荷室温放置のものと同値になる。血糖値に於て、後血糖値は前血糖値に比して幾分高いものが多いが、その程度は少く、中には僅かながら減少しているものもあつて、その平均値に於て5.4厩%の増加

に止まり、前血糖値の5.6%に当る。
高温環境下に置くに当つて、予め vitamin C を体重100瓦当り50兎負荷した場合の成績は、第5表の通りである。即ち糖原量に於て肝臓

第5表 動物白鼠，温度39°C1.5時間，
Vitamin C 毎体重100瓦 50兎。

例	体 重 瓦	肝臓糖原 %	筋肉糖原 %	前血糖 兎%	後血糖 兎%
1	97.0	1.295	0.412	98.0	103.0
2	92.0	1.274	0.420	88.0	90.0
3	108.0	1.305	0.444	70.0	79.0
4	100.0	1.268	0.431	80.0	85.0
5	94.0	1.295	0.398	92.0	100.0
6	90.0	1.254	0.404	89.0	92.0
7	103.0	1.307	0.413	98.0	110.0
8	107.0	1.302	0.462	100.0	104.0
9	92.0	1.155	0.402	94.0	96.0
10	102.0	1.278	0.435	98.0	99.0
平均	98.5	1.273	0.422	90.7	95.8

及び筋肉共に、予め vitamin C 体重100瓦当り25兎負荷した場合よりも、更に幾分高く、従つて vitamin C 非負荷室温放置の対照に比して、肝臓糖原量は幾分増加し、筋肉糖原量は略々等しくなつてゐる。然しこれ等を、vitamin C 体重100瓦当り50兎負荷室温放置のものに比すれば、肝臓糖原量に於ても筋肉糖原量に於ても可なり少ない。また血糖値に於て、後血糖値は前血糖値に比して、幾分高く、平均値にして5.1兎%の増加で前血糖値の5.6%に当り、増加の程度は vitamin C 体重100瓦当り25兎負荷の場合と全く等しい。

高温環境下に置くに当つて、予め体重100瓦当り vitamin C を75兎負荷した場合の成

績は、第6表の通りである。糖原量について

第6表 動物白鼠，温度39°C1.5時間，
Vitamin C 毎体重100瓦 75兎。

例	体 重 瓦	肝臓糖原 %	筋肉糖原 %	前血糖 兎%	後血糖 兎%
1	95.0	1.390	0.392	72.0	70.0
2	96.0	1.400	0.395	94.0	78.0
3	110.0	1.410	0.437	112.0	110.0
4	93.0	1.394	0.397	86.0	79.0
5	92.0	1.436	0.413	85.0	86.0
6	85.0	1.393	0.378	96.0	95.0
7	96.0	1.345	0.348	102.0	98.0
8	100.0	1.405	0.401	110.0	107.0
9	102.0	1.394	0.402	110.0	105.0
10	95.0	1.374	0.397	93.0	90.0
平均	96.4	1.394	0.396	96.0	91.8

これを、体重100瓦当り vitamin C 50兎負荷して高温環境下に置いたものに比すれば、筋肉糖原量に於て少々減少しているが、肝臓糖原量は更に増加している。然しこの増加は、体重100瓦当り vitamin C 50兎負荷後室温放置のものには及ばない。また血糖値に於て或例を除いては、常に前血糖値に比して後血糖値が低く、平均値に於て4.2兎%の減少を示すが、これは前血糖値の4.4%に当る。然しその減少の程度は、体重100瓦当り vitamin C 50兎を負荷して、室温に放置した場合の11.8%に及ばない。

以上の白鼠に於ける成績を綜括すると、第7表の通りになる。即ち白鼠を高温環境下に置く時は、肝臓糖原量は可なり減少するが、筋肉糖原量の減少は取るに足りない。vitamin C

第7表 諸条下に於ける平均測定値の比較。動物白鼠，Vitamin C は毎体重100瓦。

条 件	体 重 瓦	肝臓糖原 %	筋肉糖原 %	前 血 糖 兎%	後 血 糖 兎%	血糖増減率 %
室 温	非 負 荷	98.2	1.248	0.425	98.8	+ 0.133
	Vitamin C 50兎	78.6	1.500	0.543	93.3	- 0.118
39°C	非 負 荷	94.5	0.932	0.408	77.3	+ 0.133
	Vitamin C 25兎	102.0	1.247	0.392	95.6	+ 0.056
	Vitamin C 50兎	98.5	1.273	0.422	90.7	+ 0.056
	Vitamin C 75兎	96.4	1.394	0.396	96.0	- 0.044

の予めの負荷は、室温放置の場合、肝臓糖原量を著しく増加せしめるが、高温環境下に於ても、最初肝臓糖原量の低下を阻止し、次で vitamin C 量が増すにつれて反つて増加せしめ、遂には vitamin C 非負荷室温放置の場合のそれを凌駕せしむるに至るが、その量は尚 vitamin C 負荷室温放置のものには劣る。従つて vitamin C は、肝臓糖原量の増加には何等かの意義を有すると思われる。vitamin C 負荷による筋肉糖原量への影響は、室温放置のものに少々見るべき増加があるが、高温環境下に於ては、肝臓糖原量の場合と異なり、非負荷の場合にも殆ど減少を来さないせいもあつて、これに予め種々の量の vitamin C を負荷しても、負荷の有無並にその量により殆ど影響を受けない。従つて筋肉糖原量は、比較的安定な状態にあるといひ得る。この間血糖値は、vitamin C 非負荷時には、高温環境下に置くことと否とに拘らず常に増加するものであるが、その増加の程度は、前血糖値を基準にする限り、室温放置と高温環境下に於て共に等しい。予め vitamin C を負荷すると、室温放置の場合かえつて血糖値は減少し、高温環境による血糖値の上昇も最初抑制され、vitamin C の増加につれて遂には前血糖値よりも減少するに至るが、その程度は vitamin C 負荷室温放置の場合に及ばない。従つて高温環境により血糖値は必ずしも上昇せず、vitamin C は過血糖を抑制し、時に血糖値を低下せしめるものの様である。

実験動物を白鼠より海猿に代えた場合、vitamin C 非負荷室温2時間放置の対照例では、その成績は第8表の通りである。即ち糖

第8表 動物海猿、温度室温2時間、
Vitamin C 非負荷。

例	体 重 瓦	肝臓糖原 %	筋肉糖原 %	前血糖 mg%	後血糖 mg%
1	170.0	2.18	0.40	89.0	91.0
2	210.0	1.35	0.35	124.0	131.0
3	170.0	1.86	0.47	107.0	110.0
4	220.0	1.65	0.35	84.0	88.0
平均	192.5	1.76	0.39	101.0	105.0

原量特に肝臓糖原量及び血糖値は共に個体差が大であるが、その平均値に於て肝臓糖原量は筋肉糖原量の約4倍に当り、また後血糖値は前血糖値に比し常に高く、平均値に於て4.0 厘%の増加となり、前血糖値の約4%に当る。これは初回の採血に際し、緊縛や心臓穿刺を行つたための影響であらう。

vitamin C 非負荷のままに、41°Cの高温環境下に2時間置いた成績は、第9表の通りで

第9表 動物海猿、温度41°C2時間、
Vitamin C 非負荷。

例	体 重 瓦	肝臓糖原 %	筋肉糖原 %	前血糖 mg%	後血糖 mg%
1	257.0	0.54	0.30	88.0	126.0
2	275.0	0.63	0.43	118.0	140.0
3	265.0	0.56	0.34	97.0	128.0
4	230.0	0.63	0.38	98.0	132.0
平均	256.7	0.59	0.36	100.2	131.5

ある。これを vitamin C 非負荷のまま室温に放置の対照に比すれば、筋肉糖原量には殆ど変化はないが、肝臓糖原量は著明に減少して、その平均値に於て対照の $\frac{1}{3}$ となつてゐる。また対照と等しく前血糖値に比して後血糖値が増加しているが、その増加の程度は著明で平均値に於て31.3厘%となり、これは前血糖値の30%で対照の4%を遙に凌駕する。

高温環境下に置くに当り予め vitamin C を体重100瓦当り25厘負荷すると、その成績は第10表の様になる。即ちこれを vitamin C

第10表 動物海猿、温度41°C2時間、
Vitamin C 毎体重100瓦 25厘。

例	体 重 瓦	肝臓糖原 %	筋肉糖原 %	前血糖 mg%	後血糖 mg%
1	247.0	1.07	0.45	80.0	84.0
2	242.0	0.47	0.12	111.0	108.0
3	294.0	0.83	0.35	78.0	89.0
4	290.0	1.42	0.38	103.0	115.0
平均	268.2	0.94	0.32	92.7	99.0

非負荷のまま高温環境下に置いたものに比すれば、糖原量の個体差が一層強くなり、その平均値に於て、筋肉糖原量には殆ど変化はな

いが、肝臓糖原量の減少は強く抑制される。然し vitamin C 非負荷室温放置の対照と比較すれば、その量は約半分である。また血糖値に於て前血糖値に対する後血糖値の態度は、或るものは減少し或るものは増加する等まちまちであるが、その平均値で 6.3 厘%の増加となり、これは前血糖値の 7%に当る。従つて vitamin C 負荷高温環境下に置いたものよりは、後血糖値増加の程度は著しく低い、vitamin C 非負荷室温放置のものに比すれば、幾分高い。

高温環境下に置くに際し、予め vitamin C を体重 100 瓦当り 50 厘負荷すると、その成績は第 11 表の通りになる。即ち糖原量及び血糖値に於て個体差は比較的少く、その平均値に於て、筋糖原量は依然変化はないが、肝臓糖原量の減少は更に強く抑制され、その量は、

第 12 表 諸条件下に於ける平均測定値の比較。動物海猿, Vitamin C 量は毎体重 100 瓦。

条 件	体 重 瓦	肝臓糖原 %	筋肉糖原 %	前 血 糖 厘%	後 血 糖 厘%	血糖増減率 %	
室 温 非 負 荷	192.5	1.76	0.39	101.0	105.0	+ 0.04	
41°C	非 負 荷	256.7	0.59	0.36	100.2	131.5	+ 0.30
	Vitamin C 25 厘	268.2	0.94	0.32	92.7	99.0	+ 0.07
	Vitamin C 50 厘	210.5	1.22	0.38	96.2	106.0	+ 0.09

表の通りになる。即ち海猿を高温環境下に置く時は、糖原量に於て肝臓糖原量は著明に減少するが、筋肉糖原量には殆ど変化はない。高温環境下に置くに当つて、予め vitamin C を負荷して置く時は、非負荷のものに比し肝臓糖原量の減少は抑制せられ、体重 100 瓦当り vitamin C の 25 厘よりも 50 厘に於てその作用は強いが、尚 vitamin C 非負荷室温放置のものには及ばない。筋肉糖原量は、高温環境下に於ても減少しないだけに、vitamin C の負荷非負荷の間に差異を見ない。この間血糖値は、初回の採血処置により vitamin C 非負荷室温放置のものに於ても増加するが、高温環境下に置く時は、その増加の程度は強くなる。然し予め vitamin C を負荷して置く時は、高温環境下に置くための血糖値の上昇は抑制され、vitamin C 非負荷

第 11 表 動物海猿, 温度 41°C 2 時間, Vitamin C 毎体重 100 瓦 50 厘。

例	体 重 瓦	肝臓糖原 %	筋肉糖原 %	前血糖 厘%	後血糖 厘%
1	222.0	1.45	0.38	106.0	113.0
2	222.0	1.32	0.40	92.0	106.0
3	193.0	0.96	0.36	87.0	91.0
4	205.0	1.15	0.41	100.0	110.0
平均	210.5	1.22	0.38	96.2	105.0

vitamin C 非負荷室温放置の対照のそれに著しく接近する。血糖値に於て、後血糖値は前血糖値に比して常に高く、その平均値に於て 8.8 厘%の増加となり、前血糖値の 9%に当る。従つて体重 100 瓦当り vitamin C を 25 厘負荷して、高温環境下に置いたものとの間には、殆ど差がないことになる。

以上海猿に於ける成績を綜括すると、第 12

室温放置時より幾分の高目に止り、体重 100 瓦当り vitamin C の 25 厘と 50 厘の間には、殆ど差がない。

結 論

1. 白鼠に vitamin C を負荷すると、肝臓及び筋肉の糖原量は増加し、血糖値は低下した。
2. 白鼠及び海猿を高温環境下に置くと、肝臓糖原量は著明に減少したが、これに予め vitamin C を負荷して置くと、糖原量の減少は抑制され、負荷する vitamin C 量によつては、寧ろ増加した。
3. 白鼠及び海猿の筋肉糖原量は、動物を高温環境下に置いても、また予め vitamin C を負荷することによつても、殆ど影響を受けなかつた。

4. 白鼠及び海猿の血糖値は、心臓穿刺等採血処置により増加したが、これを更に高温環境下に置くと、白鼠では影響がなく海猿では更に著明に増加した。この際予め vitamin C を負荷して置くと、血糖値の上昇は抑制さ

れ、負荷した vitamin C の増加と共に遂にはかえつて低下した。

主 要 文 献

- | | |
|---|---|
| 1) Geiger, E. : Klin. Wschr. 4, (1925) 1265.
Arch. f. exp. Path. u. Pharm. 121, (1927) 67. | (1926) 371. |
| 2) 氏平, 桑名, 富田 日本内科学会雑誌, 20巻, 4号 (昭17) | 9) 山田・成医学会誌, 56巻, 6号, 858 (昭12) |
| 3) 浅越 : 日本内科学会雑誌 23巻, 4号 (昭10) . | 10) 山崎 : 名古屋医学会誌, 46巻, 5号, 817. |
| 4) 清水 : Tohoku J. exp. Med. 36, No. 2~3 (1939) . | 11) 大島, 高橋, 寺島 : 実験消化器病学雑誌, 11巻, 969 (昭11) |
| 5) 大田・兵庫医学, 第1巻, 第1号. | 12) Armentano, L. & Bentsáth, A. Z. f. ges. exper. Med. 96, (1935) 321. |
| 6) 山川 実験医報, 24巻, 279号 (昭13) | 13) 永山, 武田, 町田 : J. Biochem, 10, (1928) 17. |
| 7) 木村・東北医学, 21巻, 6号 (昭12) | 14) 竹本 慶応医学, 19巻, 10号, 1115. |
| 8) Dish, Z. & Popper, H. Biochem, Z. 175, | 15) 矢谷 : 岡山医学会雑誌, 55巻, 12号, (昭18) 1765. |

1st Inter. Med. Dept., Okayama University Medical School.
(Director Prof. K. Yamaoka)

SUGAR METABOLISM UNDER HIGH TEMPERATURE.

CHAPTER I. INFLUENCES OF VITAMIN C ON SUGAR METABOLISM UNDER HIGH TEMPERATURE.

By

Yoshio OBARA

1. Imposition of vitamin C on mice made glycogen content of livers and muscles increase contrary to the decreases of blood sugar values. -

2. Glycogen content of liver decreased remarkably by exposing mice or guinea pigs to high temperature, but the decrease grew far slight by preliminary imposition of vitamin C on them and the content became higher contrarily in some doses of vitamin C imposed.

3. No influence was proved on glycogen content of muscles of mice or guinea pigs by exposing them to high temperature or having imposed vitamin C beforehand.

4. An increase of blood sugar value was caused by blood collection by heart puncture of mice and guinea pigs, and by letting them expose to high temperature a remarkable increase of blood sugar values was obtained in the latter comparing with no influence in the former. The above mentioned increases were inhibited by preliminary imposition of vitamin C showing rather a decrease by increased imposition of it.