Studien über die Gewebsquellung.

Sechste Mitteilung.

Quellung der Gewebe bei B-Avitaminose und Hungerzustand.

Von

Tutomu Sato.

(佐藤 勉)

(Aus der Medizinischen Klinik von Prof. Dr. T. Kato,
Tohoku Reichsuniversität zu Sendai)

Inhalt.

- I. Einleitung.
- II. Methodik.
- III. Versuchsergebnisse.
  - A. Quellung der B-avitaminösen Gewebe.
    - 1. Quellung des Rückenmuskels.
    - 2. Quellung des Wadenmuskels.
    - 3. Quellung des Herzmuskels.
    - 4. Quellung des Lebergewebes.
  - B. Quellung der Gewebe im Hungerzustand.
    - 1. Quellung des Rückenmuskels.
    - 2. Quellung des Wadenmuskels.
    - 3. Quellung des Herzmuskels.
    - 4. Quellung des Lebergewebes.
- IV. Besprechung.
- V. Zusammenfassung.

I. Einleitung.

Die Wasserhaushaltstörung bei Beriberi wird meistens als zwischen Blut und Gewebe erfolgende Austauschstörung betrachtet, weil dabei fast immer grobe Niereninsuffizienz vermisst wird. Neuerdings haben Nakazawa u. a.¹⁾ die Veränderung des kolloid-osmotischen Drucks des Bluts bei B-Avitaminose sowie bei Beriberi festgestellt. Um das Ödem bei Beriberi vom Standpunkt der intermediären Wasser-

---

1) Nakazawa, Seki u. Inawashiro, Tohoku Journ. Exp. Med., 1930, 15, 177.

haushaltstörung aus zu betrachten, ist es jedoch durchaus nötig, zu wissen, ob hier in den einzelnen mit dem Wasserhaushalt in engem Zusammenhang stehenden Geweben wirklich funktionelle Störungen auftreten.

Gräff²⁾ und Iguchi³⁾ haben durch direkte Indikatormethode bewiesen, dass B-avitaminöses Gewebe niedriges pH zeigt. Auch in Bezug auf die Wasserhaushaltstörung bei Beriberi scheint man allgemein anzunehmen, dass die pH-Senkung die wichtigste Ursache des Ödems sei; aber ich kann auf Grund meiner III. Mitteilung⁴⁾ sowie der Idee von Schade⁵⁾ nicht ohne weiters der Ansicht zustimmen, nach der die Aufquellung der Gewebeskolloide sowie die Wassersucht im Organismus unmittelbar von der geringen Erniedrigung von pH des Gewebes herrühre.

Inzwischen ist es durch die Experimente über das Oxydationsvermögen von Abderhalden u. a.⁶⁾ und Hess⁷⁾ allgemein anerkannt worden, dass B-avitaminöse Gewebszellen gestörte Oxydation zeigen. Ähnliche Betrachtungen über die Beriberi sind auch häufig ausgeführt worden; z. B. hat Odaira⁸⁾ durch Bestimmung des Grundumsatzes und Kimura⁹⁾ durch Messung des O₂-Verbrauchs der überlebenden roten Blutkörperchen, Yamaguchi¹⁰⁾ durch Beobachtung des intermediären Wasseraustauschs die Oxydationsstörung im Gewebe der Beriberikranken bewiesen. Nach der Meinung von Kobayashi¹¹⁾ tritt bei Beriberi deswegen Wasserretention ein, weil die Na bindende Kraft der Gewebezellen zunimmt. Diese Anschauung ist anscheinend wohl gerechtfertigt, es fehlt ihr jedoch leider am festen Beweisgründen, denn Kobayashi ist lediglich auf Grund der Wasserbelastungsprobe zu seinem Schluss gekommen; er hat daher den wichtigen Punkt ausser Acht gelassen, nämlich zu fragen, was für Funktionsstörungen hierbei eigentlich entstehen und welche Gewebe von ihnen betroffen werden.

Nach dem oben Erwähnten ist wohl bei Beriberi ausser der Abweichung des pH noch eine andere Störung des den Wasserhaushalt regulierenden Gewebes zu erwarten. Unser Kollege Hayasaka¹²⁾ hat das aus dem Muskelgewebe eines B-avitaminösen Hundes ausfliessende Blut untersucht und dabei festgestellt, dass während der Muskelzuckungen der Wasseraustausch des betreffenden Gewebes nicht ebenso ungestört wie beim normalen vor sich geht.

Beriberi ist eine Krankheit, bei der die Motion und der Wasserhaushalt gleichzeitig gestört sind. Das Gewebe, das diese beiden

2) Gräff, Münch. med. W., 1925, 122.

3) Iguchi, Tokyo-Igakkai-Zasshi, 1929, 43, 583.

4) Sato, Tohoku Journ. Exp. Med., 1932, 18, 395.

5) Schade, Physikalische Chemie, Dresden u. Leipzig 1920.

6) Abderhalden, Arch. f. d. ges. Physiol., 1920, 178, 260; Abderhalden u. Schmidt, ebenda, 1920, 185, 141.

7) Hess, Zeitschr. f. d. physiol. Chem., 1921, 117, 284; Hess u. Messerie, ebenda, 1922, 119, 176.

8) Odaira, Nippon-Naika-Gakkai-Zasshi, 1926, 13, 1.

9) Kimura, Tohoku Journ. Exp. Med., 1930, 15, 112.

10) Yamaguchi, Tohoku Journ. Exp. Med., 1928, 10, 436.

11) Kobayashi, Tokyo-Igakkai-Zasshi, 1924, 38, 137.

12) Hayasaka, Tohoku Journ. Exp. Med., 1929, 14, 72.

Funktionen ausführt, ist der Skelettmuskel, und dieses Gewebe zeigt bekanntermassen bei Beriberi deutliche histologische Veränderungen. Überdies habe ich mehrmals gezeigt, wie das Muskelgewebe bei verschiedenen Wasserhaushaltstörungen des Organismus stets seine Quellbarkeit oder Kationenpermeabilität verändert (Sato^{13,14}). Wenn man dies beachtet, muss er zur Erforschung der Beriberi unbedingt auch die bei dieser Krankheit gestörte Kationenpermeabilität des Skelettmuskels beobachten.

Weiter ist zu erwähnen, dass Beriberi Herzschwäche und -vergrößerung hervorruft, die ihrerseits wieder Ursache zu Ödemen in anderen Körperteilen werden können. Wenckebach u. Aalsmeer^{15,16} haben beim Vergleich der Veränderung des Herzmuskelgewebes mit der des Skelettmuskels, insbesondere mit der Pseudohypertrophie des Wadenmuskels sich dahin ausgesprochen, dass dabei die Muskelzellen selbst aufquellen. Mebius¹⁷ hat bei Beriberi auch Ödem am Herzmuskel festgestellt. Der normale Herzmuskel kann, wie ich schon in der I. Mitteilung¹⁴ erwähnt habe, selbst in überlebendem Zustande kaum aufquellen. Also wäre die pathologische Zunahme der Quellbarkeit zu seiner Ödembildung im lebenden Organismus erforderlich, und man müsste zur Erkenntnis des Wesens der Beriberi auch die Veränderung der Quellbarkeit des Herzmuskels untersuchen. Diese Erwägung liess mich folgenden Versuch ausführen. Statt der Menschen-Beriberi benutzte ich Tier-Avitaminose und beobachtete die Veränderung der überlebenden Gewebsquellung sowie der selektiven Kationenpermeabilität.

Meines Erachtens ist die Benutzung der B-Avitaminose als Ersatz bei der Beriberiforschung überhaupt nicht nachteilig. Weil aber die Tier-Avitaminose auffallende Abmagerung mit sich bringt, habe ich zum Kontrollversuch bei fastenden Tieren gleiche Experimente ausgeführt. Wenn man dann noch dazu beide Ergebnisse mit denen des Hyperthyreoidismus vergleicht (meine V. Mitteilung¹⁴), so wird die eigentliche Veränderung bei der B-Avitaminose klar erkannt, weil die gemeinschaftlichen Veränderungen der 3 Zustände als Folge der Abmagerung angesehen werden dürfen.

Es ist noch zu bemerken, dass die Leber nicht nur ein Organ ist, das in der Regulierung des intermediären Wasserhaushalts eine bedeutende Rolle spielt, sondern auch bei Beriberi bzw. B-Avitaminose die bekannten histologischen Veränderungen im Parenchym aufweist. Deshalb habe ich auch dieses Gewebe beobachtet.

13) Sato, Tohoku Journ. Exp. Med., 1932, 19, 36.

14) Sato, Tohoku Journ. Exp. Med., 1932, 19, 61.

15) Aalsmeer u. Wenckebach, Herz u. Kreislauf bei d. Beriberi-Krankheit, Berlin u. Wien 1929.

16) Wenckebach, Lancet, 1928, 265.

17) Mebius, Arch. f. pathol. Anatom. u. Physiol., 1929, 271, 432.

II. Methodik.

B-Avitaminose: Einem ca. 2 kg schweren Kaninchen, das 10 Tage lang normal gefüttert wurde und dessen unverändertes Körpergewicht festgestellt worden war, wurde B-avitaminöse Kost gegeben:

Man fütterte es mit gekochtem, für Brauzwecke ausserordentlich gut poliertem Reis, dem ein bisschen Fruchtsaft zugesetzt war; ausserdem gab man jeden Tag durch Magensonde zwangsweise ein breiartiges Gemisch von 2 g MacColumschem Salz (Nr. 182),¹⁹⁾ 3 g Polyamin, ein wenig Lebertran und einer angemessenen Menge Wasser. Dies Kaninchen wurde einen Tag um den anderen in einen grossen Raum gelassen und bis zu seiner völligen Ermüdung hin und her gejagt. Durch solches Verfahren nimmt das Körpergewicht allmählich ab, obwohl die meisten Fälle nach über 10 Tagen zu vorübergehender Gewichtszunahme neigen. Die Disposition der Kaninchen zu Avitaminose ist individuell verschieden, weswegen sie manchmal nicht an Avitaminose leiden; wenn aber einmal der Störung verfallen, tritt Lähmung oder Parese in den Hinterschenkeln plötzlich ein. Wenn die Motilitätsstörung eintritt, muss man den Versuch sofort ausführen, weil fast alle Kaninchen dann innerhalb 24 Stunden sterben.

Hungerzustand: Zum Zwecke der Beobachtung dieses Zustandes wurde ein gleichartiges Tier verwandt, das 13–22 Tage lang weder Futter noch Wasser bekommen hatte.

Über die Methodik der Messung der Gewebsquellung habe ich in meiner I. Mitteilung⁴⁾ berichtet: d. h. ca. 2 g schwere, aus Skelettmuskel, Herzmuskel und Leber ausgeschnittene Gewebestücke wurden in isotonische Lösungen von NaCl, KCl, CaCl₂ und MgCl₂ gelegt und dauernd bei einem Wärmegrad von 37°C gehalten. Durch die Wägemethode wurde zeitweise die prozentuale Gewichtsveränderung gemessen und der Durchschnittswert mehrerer Fälle graphisch dargestellt; in vorliegender Arbeit beschäftigte ich mich hauptsächlich mit Durchschnittswerten. Bei Beriberi bzw. Avitaminose werden die verschiedenen Skelettmuskeln nicht gleichmässig gestört, weshalb ich den M. gastrocnemius, d. h. den am stärksten befallenen Muskel, und den Rückenmuskel, d. h. den am schwächsten befallenen Muskel, untersuchte.

III. Versuchsergebnisse.

A. Quellung der Gewebe bei B-Avitaminose.

1. Quellung des Rückenmuskels (Fig. u. Tab. 1).

Alle Kurven zeigen Neigung, stark aufzuquellen, was bis zum Spätstadium fort dauert. In 6 Stunden erreichen die NaCl- und KCl-Quellung, d. h. die prozentuale Gewichtsveränderung des Gewebestückes in den genannten Medien, +31% und +46%. Hier steigt die MgCl₂-Kurve auf, nach 6 Stunden zeigt sie +20%. Die CaCl₂-Ent-

19) MacCollum, Journ. Amer. Med. Assoc., 1917, 68, 1379.

Tabelle 1.
Quellung des Rückenmuskels des B-vitaminösen Kaninchens.

Versuchs-Nr., Geschlecht u. anfängl. Körpergewicht (g)	Körperge- wicht am Ende u. Differenz in Klammer	Zeit- dauer d. Füt- terung (Tage)	Medium	Gewicht d. Stücks (g)					
				Vor	1 Std.	2 Stdn.	3 Stdn.	6 Stdn.	9 Stdn.
Nr. 205 ♀ 1780	1120 (-660)	40	NaCl	1,885	2,132 (+13%)	2,230 (+19%)	2,319 (+23%)	2,356 (+24%)	
			KCl	1,889	2,243 (+18%)	2,370 (+25%)	2,399 (+27%)	2,510 (+32%)	
			CaCl ₂	1,632	1,479 (-9%)	1,467 (-10%)	1,469 (-9%)	1,465 (-10%)	
			MgCl ₂	1,503	1,596 (+6%)	1,662 (+10%)	1,704 (+13%)	1,773 (+17%)	
Nr. 349 ♂ 2060	1320 (-740)	33	NaCl	2,099	2,291 (+9%)	2,379 (+13%)	2,416 (+15%)	2,566 (+32%)	2,554 (+31%)
			KCl	1,911	2,210 (+15%)	2,312 (+20%)	2,384 (+24%)	2,534 (+32%)	2,600 (+36%)
			CaCl ₂	2,088	1,961 (-6%)	1,970 (-5%)	2,006 (-3%)	2,054 (-1%)	2,102 (+0%)
			MgCl ₂	1,800	1,890 (+5%)	1,951 (+8%)	1,984 (+10%)	2,092 (+16%)	2,154 (+19%)
Nr. 278 ♀ 2200	1340 (-860)	38	NaCl	1,827	2,084 (+14%)	2,197 (+20%)	2,258 (+23%)	2,364 (+29%)	2,368 (+29%)
			KCl	1,795	2,347 (+30%)	2,513 (+40%)	2,545 (+41%)	2,582 (+43%)	2,502 (+39%)
			CaCl ₂	1,969	1,514 (-23%)	1,407 (-28%)	1,411 (-28%)	1,425 (-27%)	1,432 (-27%)
			MgCl ₂	2,151	2,254 (+4%)	2,279 (+5%)	2,354 (+9%)	2,533 (+17%)	2,531 (+17%)
Nr. 204 ♂ 2000	1020 (-880)	41	NaCl	1,935	2,094 (+8%)	2,175 (+12%)	2,226 (+15%)	2,364 (+22%)	
			KCl	1,967	2,325 (+18%)	2,469 (+25%)	2,566 (+30%)	2,734 (+38%)	
			CaCl ₂	2,315	1,990 (-14%)	2,077 (-10%)	2,117 (-8%)	2,230 (-3%)	
			MgCl ₂	1,535	1,709 (+11%)	1,762 (+14%)	1,771 (+15%)	1,804 (+17%)	
Nr. 259 ♀ 2090	1060 (-1030)	47	NaCl	1,837	2,031 (+10%)	2,045 (+11%)	2,246 (+22%)	2,398 (+30%)	2,537 (+38%)
			KCl	2,155	2,608 (+21%)	2,860 (+32%)	2,967 (+37%)	3,178 (+47%)	3,273 (+51%)
			CaCl ₂	2,035	2,001 (-1%)	2,018 (-0%)	2,049 (+0%)	2,129 (+4%)	2,219 (+9%)
			MnCl ₂	1,703	1,813 (+6%)	1,946 (+14%)	2,134 (+25%)	2,182 (+28%)	2,251 (+32%)
Nr. 206 ♀ 1850	750 (-1100)	54	NaCl	1,708	2,030 (+18%)	2,175 (+27%)	2,277 (+33%)	2,533 (+48%)	2,679 (+56%)
			KCl	1,866	2,382 (+27%)	2,671 (+45%)	2,786 (+49%)	3,089 (+65%)	3,291 (+76%)
			CaCl ₂	1,966	2,125 (+8%)	2,195 (+11%)	2,226 (+13%)	2,327 (+18%)	2,403 (+22%)
			MgCl ₂	1,823	1,974 (+8%)	2,113 (+15%)	2,196 (+20%)	2,372 (+30%)	2,475 (+35%)
Nr. 214 ♂ 2380	940 (-1420)	49	NaCl	1,468	1,726 (+17%)	1,854 (+26%)	1,988 (+35%)	2,131 (+45%)	2,219 (+51%)
			KCl	1,506	1,946 (+29%)	2,192 (+45%)	2,345 (+55%)	2,535 (+68%)	2,672 (+77%)
			CaCl ₂	1,979	1,816 (-8%)	1,892 (-7%)	2,006 (+1%)	2,136 (+7%)	2,201 (+11%)
			MgCl ₂	1,404	1,483 (+5%)	1,584 (+12%)	1,606 (+14%)	1,648 (+17%)	1,709 (+21%)
Durchschnitt		33-54	NaCl		+12%	+18%	+23%	+31%	+39%
			KCl		+22%	+32%	+37%	+46%	+55%
			CaCl ₂		-7%	-7%	-4%	-1%	+3%
			MgCl ₂		+6%	+11%	+15%	+20%	+24%

Fig. 1.
Quellung des B-avitaminösen
Rückenmuskels. (Durchschnitt)

lung⁴⁾) beträgt die Verschiebung der Kurven von CaCl_2 und MgCl_2 ca. 30%, die von KCl und NaCl 7 oder 8%.

Kurz, bei B-Avitaminose nimmt die Quellbarkeit des Rückenmuskels stark zu.

2. Quellung des Wadenmuskels (Fig. 2 u. Tab. 2).

Dieser Muskel zeigt ähnliche, aber noch stärkere Zunahme der Neigung zum Aufquellen als der Rückenmuskel und kommt durch das CaCl_2 -Medium zu keiner Entquellung.

quellung ist gehemmt, die Maximalentquellung tritt nach einer Stunde als -7% auf, danach steigt die Kurve an, um in 6 Stunden bis -1% und in 9 Stunden bis auf +3% zu kommen. Im Vergleich mit den normalen sechsständigen Werten, (NaCl beträgt +17%, KCl +27%, CaCl_2 -31% und MgCl_2 -7%; nach meiner I. Mittei-

Fig. 2.
Quellung des B-avitaminösen
Gastrocnemius. (Durchschnitt)

Tabelle 2.
Quellung des Gastrocnemius des B-vitaminösen Kaninchens.

Versuchs-Nr., Geschlecht u. anfängl. Körpergewicht (g)	Körperge- wicht am Ende u. Differenz in Klammer	Zeit- dauer d. Füt- terung (Tage)	Medium	Gewicht d. Stücks (g)					
				Vor	1 Std.	2 Std.	3 Std.	6 Std.	9 Std.
Nr. 205 ♀ 1780	1120 (-660)	40	NaCl	1,575	1,718 (+ 9%)	1,811 (+ 14%)	1,925 (+ 32%)	2,126 (+ 34%)	2,319 (+ 47%)
			KCl	1,656	2,156 (+ 30%)	2,457 (+ 48%)	2,680 (+ 61%)	2,862 (+ 72%)	2,960 (+ 78%)
			CaCl ₂	1,630	1,892 (+ 11%)	1,861 (+ 14%)	1,901 (+ 16%)	1,914 (+ 17%)	1,889 (+ 15%)
			MgCl ₂	1,545	1,697 (+ 9%)	1,799 (+ 16%)	1,870 (+ 21%)	1,971 (+ 27%)	2,070 (+ 33%)
Nr. 349 ♂ 2060	1320 (-740)	33	NaCl	0,865	0,996 (+ 15%)	1,093 (+ 26%)	1,154 (+ 33%)	1,294 (+ 49%)	1,336 (+ 54%)
			KCl	0,584	0,784 (+ 34%)	0,920 (+ 57%)	0,953 (+ 63%)	1,040 (+ 78%)	1,090 (+ 86%)
			CaCl ₂	0,630	0,698 (+ 10%)	0,727 (+ 15%)	0,753 (+ 19%)	0,808 (+ 28%)	0,839 (+ 33%)
			MgCl ₂	0,603	0,692 (+ 13%)	0,734 (+ 21%)	0,770 (+ 27%)	0,861 (+ 42%)	0,917 (+ 52%)
Nr. 278 ♀ 2200	1340 (-860)	38	NaCl	1,781	2,098 (+ 17%)	2,289 (+ 28%)	2,371 (+ 33%)	2,519 (+ 41%)	2,598 (+ 45%)
			KCl	1,980	2,755 (+ 39%)	3,179 (+ 60%)	3,321 (+ 67%)	3,459 (+ 74%)	3,323 (+ 67%)
			CaCl ₂	1,560	1,439 (- 7%)	1,426 (- 8%)	1,441 (- 7%)	1,457 (- 6%)	1,465 (- 6%)
			MgCl ₂	1,380	1,546 (+ 12%)	1,642 (+ 18%)	1,727 (+ 25%)	1,908 (+ 38%)	1,931 (+ 39%)
Nr. 259 ♀ 2090	1060 (-1030)	47	NaCl	1,068	1,199 (+ 12%)	1,365 (+ 27%)	1,461 (+ 36%)	1,596 (+ 49%)	1,689 (+ 56%)
			KCl	0,772	1,020 (+ 32%)	1,163 (+ 50%)	1,480 (+ 91%)	1,766 (+ 128%)	1,754 (+ 127%)
			CaCl ₂	1,097	1,286 (+ 17%)	1,271 (+ 15%)	1,266 (+ 15%)	1,294 (+ 17%)	1,362 (+ 24%)
			MgCl ₂	0,559	0,665 (+ 18%)	0,710 (+ 27%)	0,721 (+ 28%)	0,772 (+ 38%)	0,820 (+ 46%)
Nr. 206 ♀ 1850	750 (-1100)	54	NaCl	1,123	1,513 (+ 34%)	1,680 (+ 49%)	1,766 (+ 57%)	1,971 (+ 75%)	2,063 (+ 83%)
			KCl	1,183	1,664 (+ 40%)	1,956 (+ 65%)	2,094 (+ 77%)	2,314 (+ 95%)	2,426 (+ 105%)
			CaCl ₂	0,819	0,945 (+ 15%)	0,971 (+ 18%)	1,008 (+ 23%)	1,032 (+ 26%)	1,048 (+ 27%)
			MgCl ₂	1,093	1,296 (+ 18%)	1,414 (+ 29%)	1,487 (+ 36%)	1,636 (+ 49%)	1,731 (+ 58%)
Nr. 214 ♂ 2360	940 (-1420)	49	NaCl	1,184	1,551 (+ 30%)	1,779 (+ 50%)	1,930 (+ 63%)	1,985 (+ 67%)	2,078 (+ 75%)
			KCl	0,827	1,255 (+ 51%)	1,411 (+ 70%)	1,503 (+ 81%)	1,619 (+ 95%)	1,629 (+ 96%)
			CaCl ₂	0,991	1,294 (+ 23%)	1,342 (+ 35%)	1,363 (+ 37%)	1,371 (+ 37%)	1,348 (+ 36%)
			MgCl ₂	0,911	1,082 (+ 18%)	1,202 (+ 31%)	1,319 (+ 33%)	1,319 (+ 44%)	1,399 (+ 53%)
Durchschnitt		33-49	NaCl		+ 19%	+ 32%	+ 40%	+ 52%	+ 60%
			KCl		+ 37%	+ 58%	+ 73%	+ 90%	+ 93%
			CaCl ₂		+ 11%	+ 14%	+ 17%	+ 19%	+ 21%
			MgCl ₂		+ 14%	+ 23%	+ 28%	+ 39%	+ 46%

Nach 6 Stunden zeigen die Werte: bei der NaCl-, KCl-, CaCl₂- und MgCl₂-Quellung: +52%, +90%, +19% und +39%. Im Vergleich zu den normalen entsprechenden Werten, nämlich +28%, +53%, -12% und +5% (vgl. meine I. Mitteilung¹⁴⁾), zeigt die KCl-Kurve die grösste Verschiebung, die 37% beträgt, die NaCl-Kurve relativ schwache, nämlich 24%. Kurz, der B-avitaminöse Wadenmuskel weist nicht nur lebhaftere Quellbarkeit auf, sondern auch wie bei der Neurektomie (meine II. Mitteilung¹⁴⁾) grössere Differenz als im normalen Falle zwischen der KCl- und NaCl-Quellung, in Verbindung mit starker Zunahme der KCl- und relativ schwacher NaCl-Quellung.

3. Quellung des Herzmuskels (Fig. 3 u. Tab. 3).

Sämtliche Herzmuskelkurven entquellen niemals und steigen von Anfang an in einer Wurflinie auf, in 6 Stunden sind die NaCl-, KCl-, CaCl₂- und MgCl₂-Kurven auf +9%, +13%, +2% und +7% gestiegen. Beim Vergleich mit den normalen Werten (meine I. Mitteilung¹⁴⁾), die niemals +2% überschreiten und betrifft des CaCl₂ nach 6 Stunden auf -5% fallen, nimmt man wahr, dass die Neigung des Herzmuskels zum Aufquellen bei Avitaminose demgegenüber beträchtlich stark ist.

Fig. 3.
Quellung des B-avitaminösen Herzmuskels. (Durchschnitt)

4. Quellung des Lebergewebes (Tab. 4).

Durch Legen in NaCl-, KCl-, CaCl₂- und MgCl₂-Lösung quellen die Gewebestücke in 9 Stunden bis auf +23%, +31%, +6% und +6%. Die dementsprechenden normalen Quellungsprozente sind: +22%, +40%, +6% und +4% (meine I. Mitteilung¹⁴⁾). Im Vergleich mit diesen Werten zeigen die NaCl- und CaCl₂-Kurven keine nennenswerten Unterschiede, während die KCl-Kurve ziemlich niedrig und die MgCl₂-Kurve in fast allen Zeitpunkten etwas höher ist. Kurz, das B-avitaminöse Lebergewebe zeigt gegenüber den übrigen Kationen fast normale Quellung, und der Wert der von Natur stärksten KCl-Quellung fällt ziemlich beträchtlich, und der der schwächsten MgCl₂-Quellung nimmt etwas zu. Dieses Verhältnis zeigt, dass sich im ganzen die Unterschiede in der Höhe der Kurven vermindern.

Tabelle 3.
 Quelle des Herzmuskels des B-vitaminösen Kaninchens.

Versuchs-Nr., Geschlecht u. anfängl. Körpergewicht (g)	Körperge- wicht am Ende u. Differenz in Klammer	Zeit- dauer d. Füt- terung (Tage)	Medium	Gewicht d. Stücks (g)					
				Vor	1 Std.	2 Std.	3 Std.	6 Std.	9 Std.
Nr. 349 ♂ 2060	1320 (-740)	33	NaCl	0,545	0,548 (+0%)	0,562 (+3%)	0,575 (+5%)	0,601 (+10%)	0,615 (+12%)
			KCl	0,511	0,532 (+2%)	0,539 (+5%)	0,549 (+7%)	0,577 (+12%)	0,580 (+13%)
			CaCl ₂	0,544	0,551 (+1%)	0,549 (+0%)	0,563 (+3%)	0,566 (+4%)	0,556 (+2%)
			MgCl ₂	0,490	0,487 (-0%)	0,495 (+1%)	0,504 (+2%)	0,527 (+7%)	0,539 (+10%)
Nr. 278 ♀ 2200	1340 (-860)	38	NaCl	0,765	0,785 (+2%)	0,799 (+4%)	0,808 (+5%)	0,829 (+8%)	0,866 (+13%)
			KCl	0,729	0,739 (+1%)	0,775 (+6%)	0,789 (+8%)	0,816 (+11%)	0,833 (+14%)
			CaCl ₂	0,952	0,977 (+3%)	0,988 (+3%)	0,983 (+3%)	0,984 (+3%)	0,984 (+3%)
			MgCl ₂	0,556	0,557 (+0%)	0,562 (+1%)	0,569 (+2%)	0,573 (+3%)	0,582 (+4%)
Nr. 204 ♂ 2000	1020 (-880)	41	NaCl	0,672	0,680 (+1%)		0,702 (+4%)	0,700 (+4%)	
			KCl	0,704	0,748 (+6%)		0,783 (+11%)	0,803 (+14%)	
			CaCl ₂	0,530	0,525 (-0%)		0,520 (-1%)	0,498 (-6%)	
			MgCl ₂	0,506	0,506 (±0%)		0,524 (+3%)	0,529 (+4%)	
Nr. 206 ♀ 1850	750 (-1100)	54	NaCl	0,600	0,650 (+8%)	0,687 (+14%)	0,702 (+17%)	0,718 (+19%)	0,745 (+24%)
			KCl	0,740	0,798 (+7%)	0,837 (+11%)	0,845 (+14%)	0,871 (+17%)	0,900 (+21%)
			CaCl ₂	0,384	0,402 (+4%)	0,405 (+5%)	0,407 (+5%)	0,410 (+6%)	0,409 (+6%)
			MgCl ₂	0,477	0,504 (+5%)	0,520 (+9%)	0,548 (+14%)	0,562 (+17%)	0,562 (+17%)
Nr. 240 ♂ 2400	1210 (-1190)	39	NaCl	0,614	0,620 (+0%)		0,648 (+5%)	0,658 (+7%)	
			KCl	0,788	0,808 (+2%)		0,848 (+7%)	0,879 (+11%)	
			CaCl ₂	0,653	0,661 (+1%)		0,676 (+3%)	0,681 (+4%)	
			MgCl ₂	0,639	0,644 (+0%)		0,665 (+4%)	0,674 (+5%)	
Durchschnitt		33-54	NaCl		+2%	+7%	+7%	+9%	
			KCl		+3%	+7%	+9%	+13%	
			CaCl ₂		+1%	+2%	+2%	+2%	
			MgCl ₂		+1%	+3%	+5%	+7%	

Tabelle 4.
Quellung des Lebergewebes des B-avitaminösen Kaninchens.

Versuchs-Nr., Geschlecht u. anfängl. Körpergewicht (g)	Körperge- wicht am Ende u. Differenz in Klammer	Zeitdauer d. Füt- terung (Tage)	Medium	Gewicht d. Stücks (g)				
				Vor	1 Std.	3 Stdn.	6 Stdn.	9 Stdn.
Nr. 205 ♀ 1780	1120 (-660)	40	NaCl	1,877		2,165 (+15%)	2,311 (+23%)	2,352 (+25%)
			KCl	1,792		2,343 (+30%)	2,441 (+36%)	2,483 (+38%)
			CaCl ₂	1,998		2,184 (+9%)	2,091 (+4%)	2,038 (+2%)
Nr. 349 ♂ 2060	1320 (-740)	33	MgCl ₂	1,814		1,923 (+6%)	1,961 (+8%)	1,921 (+5%)
			NaCl	2,126	2,342 (+5%)	2,383 (+12%)	2,540 (+19%)	2,616 (+23%)
			KCl	2,048	2,323 (+13%)	2,577 (+25%)	2,758 (+34%)	2,772 (+35%)
Nr. 332 ♂ 2020	1210 (-810)	49	CaCl ₂	2,175	2,311 (+6%)	2,446 (+12%)	2,460 (+13%)	2,355 (+8%)
			MgCl ₂	1,502	1,549 (+3%)	1,581 (+5%)	1,619 (+7%)	1,597 (+6%)
			NaCl	1,793	1,899 (+5%)	2,006 (+11%)	2,148 (+19%)	2,238 (+24%)
Nr. 204 ♂ 2000	1020 (-880)	41	KCl	1,737	1,887 (+8%)	2,027 (+16%)	2,133 (+22%)	2,173 (+25%)
			CaCl ₂	1,868	1,919 (+2%)	1,988 (+6%)	1,987 (+6%)	1,834 (-1%)
			MgCl ₂	1,935	2,041 (+2%)	2,047 (+2%)	2,085 (+4%)	2,106 (+5%)
Nr. 259 ♀ 2090	1060 (-1030)	47	NaCl	1,876	1,976 (+5%)	2,078 (+10%)	2,178 (+16%)	2,277 (+21%)
			KCl	1,821	2,038 (+11%)	2,227 (+22%)	2,344 (+28%)	2,429 (+33%)
			CaCl ₂	2,082	2,007 (+2%)	2,073 (+6%)	2,106 (+7%)	2,068 (+5%)
Nr. 206 ♀ 1850	750 (-1100)	54	MgCl ₂	1,958	1,860 (+8%)	1,873 (+9%)	1,894 (+10%)	1,911 (+11%)
			NaCl	1,964	2,123 (+8%)	2,271 (+15%)	2,416 (+23%)	2,401 (+22%)
			KCl	2,171	2,355 (+8%)	2,620 (+20%)	2,784 (+28%)	2,813 (+29%)
Durchschnitt		33-54	CaCl ₂	1,978	2,216 (+6%)	2,410 (+15%)	2,508 (+20%)	2,412 (+15%)
			MgCl ₂	1,858	2,023 (+3%)	2,078 (+6%)	2,112 (+7%)	2,065 (+5%)
			NaCl	2,098	2,257 (+7%)	2,438 (+16%)	2,559 (+21%)	2,611 (+24%)
			KCl	1,475	1,649 (+11%)	1,806 (+22%)	1,916 (+29%)	1,922 (+30%)
			CaCl ₂		2,058 (+4%)	2,135 (+7%)	2,140 (+8%)	2,151 (+8%)
			MgCl ₂		1,953 (+5%)	1,975 (+6%)	2,000 (+7%)	1,980 (+6%)
			NaCl		+6%	+13%	+20%	+23%
			KCl		+10%	+22%	+29%	+31%
			CaCl ₂		+4%	+9%	+9%	+6%
			MgCl ₂		+4%	+5%	+7%	+6%

Tabelle 5.
Quellung des Rückenmuskels des fastenden Kaninchens.

Versuchs-Nr., Geschlecht u. anfängl. Körpergewicht (g)	Körperge- wicht am Ende u. Differenz in Klammer	Zeit- dauer d. Hun- gers (Tage)	Medium	Gewicht d. Stücks (g)					
				Vor	1 Std.	2 Stdn.	3 Stdn.	6 Stdn.	9 Stdn.
Nr. 285 ♀ 1990	1050 (-940)	13	NaCl	1,713	1,820 (+ 5%)	1,887 (+ 10%)	1,950 (+ 13%)	2,093 (+ 22%)	2,157 (+ 25%)
			KCl	1,762	2,043 (+ 15%)	2,182 (+ 23%)	2,245 (+ 27%)	2,355 (+ 33%)	2,366 (+ 34%)
			CaCl ₂	1,729	1,864 (+ 7%)	1,823 (+ 5%)	1,831 (+ 5%)	1,887 (+ 9%)	1,904 (+ 10%)
			MgCl ₂	1,761	1,849 (+ 4%)	1,948 (+ 10%)	1,980 (+ 12%)	2,075 (+ 17%)	2,109 (+ 19%)
Nr. 283 ♀ 2000	1120 (-880)	15	NaCl	2,118	2,358 (+ 11%)	2,538 (+ 19%)	2,673 (+ 26%)	2,872 (+ 35%)	2,984 (+ 40%)
			KCl	2,095	2,573 (+ 22%)	2,720 (+ 29%)	2,852 (+ 36%)	3,076 (+ 46%)	3,151 (+ 50%)
			CaCl ₂	2,179	2,119 - 2%	2,117 - 2%	2,145 - 1%	2,190 + 0%	2,160 - 0%
			MgCl ₂	2,140	2,313 + 8%	2,388 (+ 11%)	2,426 (+ 13%)	2,524 (+ 17%)	2,537 (+ 18%)
Nr. 288 ♀ 2070	1170 (-900)	16	NaCl	1,896	2,125 (+ 12%)	2,190 (+ 15%)	1,334 + 23%	2,490 (+ 31%)	2,537 (+ 33%)
			KCl	1,904	2,216 (+ 16%)	2,327 (+ 22%)	2,430 (+ 27%)	2,539 (+ 33%)	2,626 (+ 37%)
			CaCl ₂	1,973	1,992 + 0%	2,026 + 2%	2,067 + 4%	2,125 + 7%	2,257 + 8%
			MgCl ₂	1,751	1,812 + 3%	1,907 + 8%	2,030 (+ 15%)	2,151 (+ 22%)	2,216 (+ 26%)
Nr. 295 ♀ 1870	1130 (-740)	18	NaCl	2,043	2,287 (+ 11%)	2,373 (+ 16%)	2,441 (+ 19%)	2,596 (+ 27%)	2,630 (+ 28%)
			KCl	1,990	2,374 (+ 19%)	2,510 (+ 26%)	2,556 (+ 28%)	2,695 (+ 35%)	2,795 (+ 40%)
			CaCl ₂	1,860	1,702 - 8%	1,805 - 2%	1,826 - 1%	1,865 + 0%	1,815 - 2%
			MgCl ₂	1,780	1,850 + 3%	1,946 + 9%	2,014 (+ 13%)	2,164 (+ 21%)	2,279 (+ 28%)
Nr. 293 ♀ 2140	1340 (-800)	20	NaCl	1,843	2,031 (+ 10%)	2,123 (+ 15%)	2,206 (+ 19%)	2,247 (+ 21%)	2,282 (+ 23%)
			CaCl ₂	1,981	1,755 - 11%	1,647 - 16%	1,738 - 12%	1,739 - 12%	1,721 - 13%
			MgCl ₂	1,831	1,872 + 2%	1,968 + 7%	1,989 + 8%	2,070 (+ 13%)	2,130 (+ 16%)
Nr. 299 ♀ 1970	1250 (-720)	22	NaCl	2,175	2,389 (+ 9%)	2,494 (+ 14%)	2,563 (+ 17%)	2,688 (+ 23%)	2,724 (+ 25%)
			KCl	2,172	2,425 (+ 11%)	2,675 (+ 23%)	2,773 (+ 27%)	2,850 (+ 31%)	2,793 (+ 28%)
			CaCl ₂	2,110	1,671 - 20%	1,660 - 21%	1,662 - 21%	1,974 - 30%	1,674 - 20%
			MgCl ₂	2,134	2,101 - 1%	1,984 - 7%	2,003 - 6%	2,068 - 3%	2,108 - 1%
Durchschnitt		13-22	NaCl		+ 9%	+ 14%	+ 19%	+ 26%	+ 29%
			KCl		+ 16%	+ 24%	+ 29%	+ 35%	+ 37%
			CaCl ₂		- 5%	- 5%	- 4%	- 2%	- 2%
			MgCl ₂		+ 2%	+ 6%	+ 9%	+ 14%	+ 17%

B. Quellung der Gewebe im Hungerzustand.

1. Quellung des Rückenmuskels (Tab. 5).

Die Quellungskurven zeigen wie bei Avitaminose bis zum Ende deutliche Aufquellung und schwache Entquellung, innerhalb 6 Stunden erreichen die NaCl-, KCl-, CaCl₂- und MgCl₂-Quellung +26%, +35%, -2% und +14%. Bis zu 9 Stunden steigen alle Kurven immer höher. Die CaCl₂-Entquellung erreicht in 1 Stunden -5% als Maximalentquellung, danach zeigt sich Neigung zum Aufquellen, später tritt eine Umkehr bis auf -2% nach 9 Stunden ein. Obiger Verlauf der Kurven ist dem beim Hyperthyreoidismus (meine V. Mitteilung¹⁴⁾) ähnlich, bei dem das Kaninchen stark abgemagert war.

2. Quellung des Wadenmuskels (Tab. 6).

Ebenso wie beim Rückenmuskel hat die Quellbarkeit stark zugenommen. Die NaCl-, KCl-, CaCl₂- und MgCl₂-Quellung betragen nach 6 Stunden +48%, +65%, +9% und +25%. Alle Kurven steigen stärker als die normalen, doch kann man im Zusammenhang zwischen den Kurven von NaCl und KCl kein Verhältnis wie bei der B-Avitaminose feststellen.

3. Quellung des Herzmuskels (Tab. 7).

Dieses Gewebe ist bei der B-Avitaminose erheblich aufgequollen, beim Hunger aber noch etwas mehr. Die NaCl-, KCl-, CaCl₂- und MgCl₂-Quellung betragen nach 6 Stunden +12%, +19%, +4% und +9%.

4. Quellung des Lebergewebes (Tab. 8).

Die Leberkurven sind fast normal, ja lassen innerhalb 6 Stunden keine Abnormität über 1% erkennen. Bei der Unterernährung durch Hunger kann man keine eigentliche Veränderung im Lebergewebe wie bei der B-Avitaminose feststellen.

IV. Besprechung.

Wenn man die Kurven des B-avitaminösen Rückenmuskels mit denen des normalen vergleicht, bemerkt man, wie ich oben erwähnte, bedeutende Zunahme der Quellbarkeit. Diese Veränderung kann nicht nur bei durch Avitaminose herbeigeführter Abmagerung, sondern auch bei der durch Fasten oder Hyperthyreoidismus beobachtet werden.

Tabelle 6.
Quellung des Gastrocnemius des fastenden Kaninchens.

Versuchs-Nr., Geschlecht u. anfängl. Körpergewicht (g)	Körperge- wicht am Ende u. Differenz in Klammer	Zeit- dauer d. Hun- gers (Tage)	Medium	Gewicht d. Stücks (g)					
				Vor	1 Std.	2 Stdn.	3 Stdn.	6 Stdn.	9 Stdn.
Nr. 285 ♀ 1990	1050 (-940)	13	NaCl	1.069	1.241 (+16%)	1.331 (+24%)	1.376 (+28%)	1.555 (+45%)	1.608 (+50%)
			KCl	0.963	1.221 (+26%)	1.315 (+36%)	1.357 (+40%)	1.479 (+53%)	1.544 (+60%)
			CaCl ₂	1.219	1.358 (+11%)	1.423 (+16%)	1.431 (+17%)	1.476 (+21%)	1.525 (+25%)
			MgCl ₂	0.814	0.881 (+8%)	0.935 (+14%)	0.971 (+19%)	1.039 (+27%)	1.084 (+33%)
Nr. 283 ♀ 2000	1120 (-880)	15	NaCl	1.160	1.487 (+28%)	1.593 (+37%)	1.670 (+43%)	1.845 (+59%)	1.931 (+66%)
			KCl	0.962	1.347 (+40%)	1.555 (+61%)	1.638 (+70%)	1.759 (+82%)	1.790 (+86%)
			CaCl ₂	1.134	1.309 (+15%)	1.324 (+16%)	1.333 (+17%)	1.400 (+23%)	1.442 (+27%)
			MgCl ₂	0.824	0.939 (+13%)	1.003 (+21%)	1.030 (+25%)	1.137 (+37%)	1.203 (+45%)
Nr. 295 ♀ 1870	1130 (-740)	18	NaCl	0.763	0.923 (+20%)	1.035 (+35%)	1.093 (+43%)	1.135 (+48%)	1.167 (+52%)
			KCl	0.755	1.063 (+40%)	1.122 (+48%)	1.197 (+58%)	1.193 (+58%)	1.230 (+62%)
			CaCl ₂	0.910	0.938 (+3%)	0.968 (+6%)	0.984 (+8%)	1.013 (+11%)	1.036 (+12%)
			MgCl ₂	0.818	0.881 (+7%)	0.937 (+14%)	0.974 (+19%)	1.038 (+26%)	1.097 (+34%)
Nr. 293 ♀ 2140	1340 (-800)	20	NaCl	1.064	1.185 (+11%)	1.277 (+20%)	1.367 (+28%)	1.509 (+41%)	1.552 (+45%)
			KCl	0.885	1.129 (+27%)	1.435 (+62%)	1.595 (+80%)	1.493 (+68%)	1.429 (+61%)
			CaCl ₂	1.114	1.108 - 0%	1.091 - 2%	1.090 - 2%	1.096 - 1%	1.106 - 0%
			MgCl ₂	1.011	1.081 (+6%)	1.144 (+13%)	1.194 (+18%)	1.267 (+25%)	1.338 (+32%)
Nr. 299 ♀ 1970	1250 (-720)	22	NaCl	0.866	1.087 (+25%)	1.111 (+28%)	1.169 (+34%)	1.274 (+47%)	1.291 (+49%)
			KCl	0.770	0.959 (+24%)	1.227 (+59%)	1.403 (+82%)	1.288 (+67%)	1.247 (+61%)
			CaCl ₂	0.784	0.773 - 1%	0.732 - 6%	0.729 - 7%	0.736 - 6%	0.741 - 5%
			MgCl ₂	0.901	0.927 (+2%)	0.945 (+4%)	0.969 (+7%)	1.010 (+13%)	
Durchschnitt		13-22	NaCl		+20%	+28%	+35%	+48%	+52%
			KCl		+31%	+53%	+66%	+65%	+66%
			CaCl ₂		+5%	+6%	+9%	+9%	+11%
				+7%	+13%	+17%	+25%	+36%	

Tabelle 7.
Quellung des Herzmuskels des fastenden Kaninchens.

Versuchs-Nr., Geschlecht u. anfängl. Körpergewicht (g)	Körperge- wicht am Ende u. Differenz in Klammer	Zeitdauer d. Hun- gers (Tage)	Medium	Gewicht d. Stücks (g)				
				Vor	1 Std.	2 Stdn.	3 Stdn.	6 Stdn.
Nr. 285 ♀ 1990	1050 (-940)	13	NaCl KCl CaCl ₂ MgCl ₂	0,485	0,507 (+ 4%)	0,512 (+ 5%)	0,517 (+ 6%)	0,523 (+ 7%)
				0,585	0,617 (+ 5%)	0,633 (+ 8%)	0,645 (+ 10%)	0,678 (+ 15%)
				0,555	0,565 (+ 1%)	0,569 (+ 2%)	0,570 (+ 2%)	0,574 (+ 3%)
				0,369	0,378 (+ 2%)	0,384 (+ 4%)	0,390 (+ 5%)	0,396 (+ 7%)
Nr. 283 ♀ 2000	1120 (-880)	15	NaCl KCl CaCl ₂ MgCl ₂	0,588	0,626 (+ 6%)	0,630 (+ 7%)	0,656 (+ 11%)	0,682 (+ 15%)
				0,464	0,504 (+ 8%)	0,521 (+ 12%)	0,543 (+ 17%)	0,578 (+ 24%)
				0,527	0,557 (+ 5%)	0,568 (+ 7%)	0,576 (+ 9%)	0,584 (+ 10%)
				0,519	0,539 (+ 3%)	0,550 (+ 5%)	0,566 (+ 9%)	0,581 (+ 11%)
Nr. 295 ♀ 1870	1130 (-740)	18	NaCl KCl CaCl ₂ MgCl ₂	0,871	0,908 (+ 4%)	0,935 (+ 7%)	0,956 (+ 9%)	0,997 (+ 14%)
				0,787	0,853 (+ 8%)	0,892 (+ 13%)	0,926 (+ 17%)	0,984 (+ 25%)
				0,592	0,604 (+ 2%)	0,613 (+ 3%)	0,606 (+ 2%)	0,571 (- 3%)
				0,505	0,534 (+ 5%)	0,552 (+ 9%)	0,559 (+ 10%)	0,565 (+ 11%)
Nr. 293 ♀ 2040	1340 (-700)	20	NaCl KCl CaCl ₂	0,679	0,711 (+ 4%)	0,731 (+ 7%)	0,746 (+ 9%)	0,772 (+ 13%)
				0,627	0,675 (+ 7%)	0,698 (+ 11%)	0,718 (+ 14%)	0,710 (+ 13%)
				0,692	0,728 (+ 5%)	0,741 (+ 7%)	0,739 (+ 6%)	0,734 (+ 6%)
Durchschnitt		13-20	NaCl KCl CaCl ₂ MgCl ₂		+ 4%	+ 6%	+ 8%	+ 12%
					+ 7%	+ 11%	+ 14%	+ 19%
					+ 8%	+ 4%	+ 4%	+ 4%
					+ 3%	+ 6%	+ 8%	+ 9%

Tabelle 8.
Quellung des Lebergewebes des fastenden Kaninchens.

Versuchs-Nr., Geschlecht u. anfangl. Körpergewicht (g)	Körperge- wicht am Ende u. Differenz in Klammer	Zeitdauer d. Hun- gers (Tage)	Medium	Gewicht d. Stücks (g)				
				Vor	1 Std.	3 Stdn.	6 Stdn.	9 Stdn.
Nr. 285 ♀ 1990	1050 (-940)	13	NaCl KCl CaCl ₂ MgCl ₂	1.885	2,048 (+ 8%)	2,187 (+ 16%)	2,376 (+ 26%)	2,520 (+ 33%)
				1.810	1,983 (+ 9%)	2,295 (+ 26%)	2,488 (+ 37%)	2,653 (+ 46%)
				1.766	1,851 (+ 4%)	1,976 (+ 11%)	2,031 (+ 15%)	1,996 (+ 13%)
				1.818	1,729 (- 4%)	1,755 (- 3%)	1,783 (- 1%)	1,949 (+ 6%)
Nr. 283 ♀ 2000	1120 (-880)	15	NaCl KCl CaCl ₂ MgCl ₂	1.463	1,592 (+ 8%)	1,718 (+ 17%)	1,838 (+ 25%)	1,927 (+ 31%)
				1.634	1,884 (+ 15%)	2,057 (+ 25%)	2,175 (+ 33%)	2,248 (+ 37%)
				1.821	1,911 (+ 4%)	2,008 (+ 10%)	2,057 (+ 12%)	2,013 (+ 10%)
				1.834	1,929 (+ 5%)	1,967 (+ 7%)	1,998 (+ 8%)	2,021 (+ 10%)
Nr. 288 ♀ 2070	1170 (-900)	16	NaCl KCl CaCl ₂ MgCl ₂	1.718	1,771 (+ 3%)	1,866 (+ 8%)	1,953 (+ 13%)	2,024 (+ 17%)
				1.854	2,097 (+ 13%)	2,315 (+ 24%)	2,455 (+ 32%)	2,528 (+ 36%)
				1.740	1,678 (- 3%)	1,810 (+ 4%)	1,900 (+ 9%)	1,834 (+ 5%)
				2,016	1,947 (- 3%)	1,965 (- 2%)	1,998 (- 0%)	2,040 (+ 1%)
Nr. 295 ♀ 1870	1130 (-740)	18	NaCl KCl CaCl ₂ MgCl ₂	1.670	1,729 (+ 3%)	1,806 (+ 8%)	1,929 (+ 15%)	2,028 (+ 21%)
				1.762	1,978 (+ 12%)	2,184 (+ 23%)	2,382 (+ 35%)	2,493 (+ 41%)
				1.870	1,891 (+ 1%)	1,943 (+ 3%)	1,964 (+ 5%)	1,934 (+ 3%)
				1,730	1,752 (+ 1%)	1,760 (+ 1%)	1,805 (+ 4%)	1,834 (+ 6%)
Durchschnitt		13-18	NaCl KCl CaCl ₂ MgCl ₂		+ 5%	+ 12%	+ 19%	+ 25%
					+ 12%	+ 24%	+ 34%	+ 40%
					+ 1%	+ 7%	+ 10%	+ 7%
					0%	0%	+ 2%	+ 5%

Sie kann also nicht als eine für B-Avitaminose wesentliche Erscheinung betrachtet werden, sondern ist als eine der Erschlaffung der Gewebespannung folgende Veränderung anzusehen. In der I. und II. Mitteilungen^{14,20)} habe ich die Beziehungen zwischen Gewebespannung und Quellungsgrösse eingehend besprochen.

Der *M. gastrocnemius* zeigt bei B-Avitaminose eine ähnliche, aber noch stärkere Quellungs Zunahme als der Rückenmuskel. Dies stimmt damit überein, dass der Wadenmuskel bei Beriberi stärker befallen ist. Überdies zeigt die KCl-Quellung bedeutende Zunahme, und der Abstand zwischen der NaCl-Quellung und der KCl-Quellung wird viel grösser als beim normalen Muskel, weil die Zunahme der NaCl-Quellung relativ gering ist. Man sieht, dass dieselbe Erscheinung auch beim Rückenmuskel in dieser Störung angedeutet ist, wenn man seine Kurven mit denen bei Hyperthyreoidismus sowie bei Hungerzuständen genau vergleicht. Ich habe in der II. Mitteilung²⁰⁾ erwiesen, dass, ähnlich wie bei den diesmaligen Ergebnissen, das zuvor entnervte Muskelgewebe vorwiegend an K-Durchlässigkeit zunimmt und folglich sich der Abstand zwischen der NaCl- und KCl-Kurve vergrössert.

Weil Beriberi und B-Avitaminose Neuritis mit sich führen, ist die Innervation der Muskeln bei meinem Versuch vielleicht schon gestört. Deshalb muss das übermässige Ansteigen der KCl-Kurve im Vergleich zu den andern als Folge der Schwächung der nervösen Funktion, die Muskel-K-Permeabilität unterdrückend wirkt, betrachtet werden.

K ist ein Ion, das im Muskelgewebe reichlich vorhanden ist und, sobald es ins Blut kommt, starke Diurese herbeiführt. Im Gegensatz dazu ist Na eins, das hauptsächlich im Serum vorhanden ist und das, wenn es sich im Gewebe vermehrt, Ödem hervorruft. Der Muskel, d. h. das grösste Wasser- und Elektrolytreservoir im Körper, zeigt schon dieselbe funktionelle Störung; es ist deshalb selbstverständlich, dass der Wasserhaushalt bei B-Avitaminose nicht mehr ungestört vor sich gehen kann.

Da ich in der II. Mitteilung²⁰⁾ das Verhältnis der Muskel-K-Permeabilität zum Wasseraustausch des Organismus ausführlich behandelt habe, verzichte ich hier auf eine Wiederholung. Es gibt auch einige Forscher, die auf K und den übrigen Mineralhaushalt bei Beriberi ihre Aufmerksamkeit gerichtet haben. Nach den Ergebnissen von Kamiza²¹⁾ soll Na-Zufuhr den Ausbruch der B-Avitaminose fördern und K-Zufuhr sie hemmen; Oka²²⁾ hat Abnahme des Blut-K bei Avitaminose entdeckt; Yukimori²³⁾ hat durch Fütterung eines Kaninchens mit Reis, dem MacCollumsches Salzgemisch zugesetzt war (obwohl diese Fütterung im strengen Sinne keine B-Avitaminose erzeugt), Zunahme des Ca-Gehalts im Muskelgewebe und Abnahme des K-Gehalts nachgewiesen. Die Ur-

21) Kamiza, Chugai-Izishimpo, 1923, 492; Ibid, 565; Jikkenigaku-Zasshi, 1923, 7, 673.

22) Oka, Ikai-Ziho, 1928, 1053.

23) Yukimori, Osaka-Igakkai-Zasshi, 1929, 28, 2641.

sache dieser Erscheinungen liegt meines Erachtens in der funktionellen Störung der Kationenpermeabilität der Muskelgewebe.

Nun will ich die Quellungskurve des Herzmuskels beobachten. Nach Wenckebach u. a.^{15, 16)} tritt bei Beriberi ödematöse Aufquellung des Herzmuskels auf, während meine Ergebnisse starke Quellbarkeitszunahme dieses Gewebes zeigen. Deshalb ist es keineswegs unmöglich, dass schon zu Lebzeiten durch diese Störung der Herzmuskel aufquillt und dies Herzschwäche verursacht. Nach den Ergebnissen von Takeda, die bald veröffentlicht werden sollen, nehmen die meisten Fälle von B-avitaminösen Kaninchen an Wassergehalt des Herzmuskels zu. Jedenfalls aber erweist sich solche Zunahme der Quellbarkeit des Herzmuskels keineswegs als eine nur Beriberi eigentümliche Erscheinung, sondern ist auch bei Hunger bemerkbar. Ödematöse Prozesse im Herzmuskel sowie Quellbarkeitszunahme dürften Folgen der Unterernährung sein.

Die Leber zeigt auch im Hungerzustand keine abnorme Kurve, während bei B-Avitaminose die K-Permeabilität abnimmt und die Mg-Permeabilität sich vermehrt. Danach macht es den Eindruck, als ob das Leberparenchym wie das infolge von Niereninsuffizienz versehrte (meine IV. Mitteilung¹³⁾) seine physiologische Permeabilität und somit auch das Vermögen, sich Ionen auszuwählen und sie aufzuspeichern, verliere. Beriberi oder B-Avitaminose bringt Degeneration des Lebergewebes mit sich, und Tsukamoto²⁴⁾ hat dabei Abnahme des O₂-Verbrauchs erwiesen. Aus Obigem kann man auch auf eine Degeneration in der überlebenden Funktion ebenso wie auf die histologische Veränderung schließen. Solche Veränderung des Lebergewebes muss meines Erachtens sein eigenes Vermögen, mit Mineralien und Wasser frei zu schalten, schwächen und Wasserhaushaltsstörung des Organismus verursachen.

Kurz, die eigentümliche Störung bei Avitaminose ist sowohl im Skelettmuskel wie in der Leber zu finden. Vor allem die Veränderung des Muskels scheint mir von besonderer Bedeutung zu sein, zumal er mit der nervösen Regulation im Zusammenhang steht.

Ich habe auch in meinen schon veröffentlichten 5 Mitteilungen mehrere Tatsachen angegeben, die vermuten lassen, dass das Muskelgewebe nichts anderes als das Hauptorgan der intermediären Wasserhaushaltregulation ist. Diese Ansicht hat mich auf folgende Idee gebracht: Das Muskelgewebe erhält, solange der Organismus im normalen Zustand lebt, unter dem Einfluss des Nervensystems die erforderliche Kationenpermeabilität, um dadurch den Wasserhaushalt des Organismus zu regulieren; sobald nun die Funktion dieses neuromus-

---

24) Tsukamoto, Tohoku Journ. Exp. Med., 1928, 11, 142.

kulären Systems gestört wird, entsteht im Organismus Wasserhaushaltstörung.

Wenigstens kann man daraus sicher schliessen, dass zwischen dem intermediären Wasserhaushalt und der selektiven Permeabilität des Skelettmuskels eine untrennbare Beziehung besteht.

V. Zusammenfassung.

Wenn man Stücke verschiedener Muskel- und Lebergewebe eines Kaninchens in isotonische, auf 37°C erwärmte Lösungen von NaCl, KCl, CaCl₂ und MgCl₂ hineinlegt und die Gewebsquellung misst, so ergibt sich folgendes:

(1) Die Quellbarkeit des B-avitaminösen Skelettmuskelgewebes ist grösser als die des normalen. Unter den Quellungsprozessen in 4 Arten von Medien zeigt die KCl-Quellung bedeutende Zunahme, während die beim normalen Gewebe bemerkbare Differenz zwischen der NaCl- und KCl-Quellung wegen der relativ geringen Zunahme der NaCl-Quellung viel grösser wird. Diese Veränderung ist im Wadenmuskel auffällig, aber im Rückenmuskel relativ klein. Die Quellbarkeit des Herzmuskels nimmt auch ziemlich stark zu. Die KCl-Kurve des Lebergewebes wird niedriger und die MgCl₂-Kurve steigt höher als die normale.

(2) Beim Skelettmuskel im Hungerzustand nimmt die Quellbarkeit ebenfalls zu, aber hierbei ist die Eigentümlichkeit der avitaminösen KCl-Kurve nicht nachweisbar. Die Quellbarkeit des Herzmuskels nimmt ebenso stark wie bei Avitaminose zu, während die des Lebergewebes beinahe normal bleibt.