

Aus dem Pathologischen Institut der Universität Kiel (Direktor: Prof. Dr. W. DOERR)

Der Kalium-, Natrium- und Wassergehalt der inneren Organe zu bestimmten Zeiten nach dem Tode*

Von

HANS HELMUT JANSEN

Mit 1 Textabbildung

(Eingegangen am 12. Juli 1961)

Die letzten Jahre haben wesentliche Fortschritte in der Kenntnis der Störungen des Mineral- und Wasserhaushaltes und ihrer Behandlung gebracht (KÜHNS und SCHWAB, BLAND, KERPEL-FRONTIUS). In zunehmendem Maße werden in der Klinik Kalium- und Natriumbestimmungen des Serum zur Erkennung von Störungen des Elektrolythaushaltes angewandt. Es ist jedoch nicht immer möglich, von der Höhe des Kaliumspiegels im Serum auf den Kaliumgehalt der Zelle zu schließen. So kann z. B. die Diagnose Kaliummangel nicht allein auf Grund der Konzentration des Kalium im Serum gestellt werden. Bei einem Vergleich des einige Tage vor dem Tode bestimmten Kaliumgehaltes des Serum mit dem Kaliumgehalt des Herzmuskels nach dem Tode wurde eine konstante Relation zwischen dem Kaliumspiegel des Serum und der Vermehrung oder Verminderung des Kalium im Herzmuskel vermißt (JANSEN).

Gegen den Einbau von Mineralbestimmungen an Leichenorganen in die Forschung und Diagnostik können jedoch erhebliche Einwände erhoben werden. Schon früher hatte EPPINGER auf Mineralbestimmungen von Leichenorganen verzichtet, da nach dem Tode eine zunehmende Angleichung im Mineralbestande zwischen Blut und Gewebe erfolgt. Nach einem Vortrag über den unterschiedlichen Kalium-Natriumgehalt der beiden Kammern bei Störungen des Mineralhaushaltes auf der 44. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Pathologie (JANSEN) wurde in der Diskussion auf die möglichen postmortalen Veränderungen des Elektrolytgehaltes des Herzmuskels in Abhängigkeit von der Todeszeit, Totzeit¹ und Todesart hingewiesen (HAMPERL, MEIER, MÜLLER).

Um eine genaue Kenntnis über die postmortalen Veränderungen des Kalium-, Natrium- und Wassergehaltes einiger für den Elektrolytstoffwechsel wichtiger Organe zu gewinnen, wurden experimentelle Untersuchungen durchgeführt, die neben dem Mineralgehalt des Herzens den des Skelettmuskels, der Leber und der Niere berücksichtigten. Da nicht alle Leichen sofort nach dem Tode kühl aufbewahrt werden, wurde auch der Einfluß der Außentemperatur auf den Mineralgehalt der Leichenorgane geprüft. Diese Untersuchungen sollen zur Beantwortung der Frage beitragen, ob Mineralbestimmungen von Leichenorganen verwertet werden können oder nicht.

* Mit dankenswerter Unterstützung durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft.

¹ Es sei kurz gestattet, die Begriffe Todeszeit und Totzeit zu definieren. Unter der Todeszeit wird im allgemeinen Sprachgebrauch die Zeit des Todesintrittes verstanden. Die seit dem Eintritt des allgemeinen Todes vergangene Zeit könnte man als Totzeit bezeichnen. Da dieser Ausdruck aber begrifflich nicht eindeutig ist, wäre es korrekter, von dem Leichenalter oder der Zeitspanne nach dem Tode zu sprechen.

Material und Methode

Von 60 Albinoratten wurden je drei etwa 100 mg schwere Stücke des rechts- und links-kammerigen Myokards, der Oberschenkelmuskulatur, der Leber und der Niere entnommen und gewogen. Nach Aufbewahrung der Organstücke im Trockenschrank bei 110° bis zur Gewichtskonstanz wurde zur Bestimmung des Wassergehaltes der Organe das Trockengewicht ermittelt. Anschließend wurden die Organstückchen in 10 ml-Meßkölbchen im Sandbad mit konzentrierter Schwefelsäure und Perhydrol feucht verascht. Nach Auffüllen der Kölbchen mit Aqua bidest. wurde der Kalium- und Natriumgehalt der Organe flammenphotometrisch bestimmt (Beckman-Flammenphotometer, Modell DU). Details der Technik s. БУРСК! Von den drei Mineralbestimmungen eines jeden Organes wurde der Mittelwert errechnet, auf das Frischgewicht bezogen und die Elektrolytkonzentration des Organes in Milliäquivalent pro Kilogramm wiedergegeben.

Sämtliche Tiere wurden in Thiogenal-Narkose (100 mg/kg Körpergewicht) dekapitiert. Die 60 Albinoratten wurden in 6 Gruppen von je 10 Tieren eingeteilt. In der 1. Versuchsgruppe wurden sofort nach Tötung Herzmuskel, Skelettmuskel, Leber und Niere für die Mineralbestimmung der Leiche entnommen. In einer 2., 3., 4. und 5. Versuchsgruppe wurden die Organe erst 12, 24, 36 und 48 Std nach dem Tode der Mineralbestimmung zugeführt. Die Tierleichen der 2. bis 5. Versuchsgruppe wurden im Kühlschrank aufbewahrt. In einer 6. Versuchsgruppe wurden die Tierleichen bei Zimmertemperatur 48 Std lang liegengelassen. Anschließend wurde nach Entnahme der inneren Organe ihr Mineral- und Wassergehalt bestimmt und mit den Werten der 48 Std lang kühl gelagerten Leichen verglichen.

Ergebnisse (Abb. 1 und Tabelle)

12 Std nach dem Tode sinkt in allen Organen der Kaliumgehalt um 6,6 bis 17,6 % ab. Gleichzeitig imponiert ein Natriumanstieg im Herzen und in der Leber um 11,2 und 24,9%. Die Natriumwerte im Skelettmuskel und in der Niere sind unverändert.

24 und 36 Std nach dem Tode bleibt der Kalium- und Natriumgehalt der beiden Kammerwände und des Skelettmuskels im wesentlichen gleich, während die Kaliumwerte in der Niere und Leber etwas ansteigen.

48 Std nach dem Tode ist der Kaliumgehalt in beiden Kammerwänden, in der rechten mehr als in der linken, wieder derart erhöht, daß er den sofort nach

Tabelle. Das Absinken von Kalium (–) und der Anstieg von Natrium (+) in den inneren Organen 12 und 48 Std nach dem Tode (in %)

Organ	Absinken von Kalium	Anstieg von Natrium	Absinken von Kalium %	Anstieg von Natrium %
Re. Kammermyokard	– 15,6	+ 24,9	– 3,6	+ 36,5
Li. Kammermyokard	– 11,7	+ 11,7	– 8,9	+ 26,3
Skelettmuskel	– 6,6	unverändert	– 8,7	+ 33,5
Niere	– 9,7	unverändert	– 9,7	+ 7,6
Leber	– 17,6	+ 11,2	– 15,7	+ 42,8
Obduktion	12 Std nach dem Tode		48 Std nach dem Tode	

Die statistisch durch die 3 σ -Regel gesicherten Abweichungen von den sofort nach Tötung der Tiere ermittelten Kalium- und Natriumwerten sind durch Fettdruck markiert.

Tötung der Tiere ermittelten Kaliumwerten nahekommmt. In Skelettmuskel, Niere und Leber ist der Kaliumgehalt etwa gleich hoch wie bei den 12 Std nach Tötung untersuchten Tieren. Größere Veränderungen zeigen die Natriumwerte. Mit Ausnahme der Niere nimmt der Natriumgehalt in allen Organen, in der Leber sogar um 42,8%, zu.

Gegenüber den kühl gelagerten Tierleichen ergeben die Mineralwerte der 48 Std lang bei Zimmertemperatur aufbewahrten Tiere einige Unterschiede. Sta-

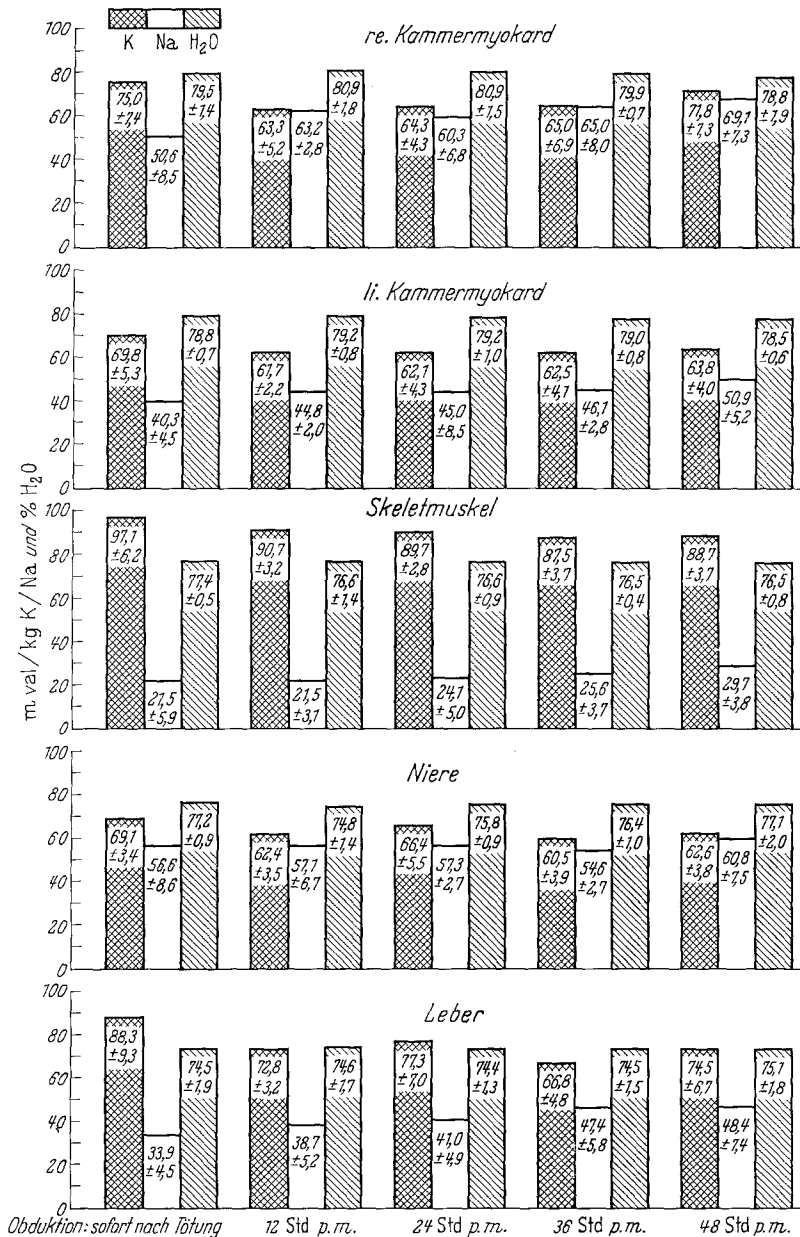


Abb. 1. Der Kalium-, Natrium- und Wassergehalt von Herz- und Skelettmuskel, Niere und Leber zu verschiedenen Zeiten nach dem Tode

tistisch signifikant sind in der Leber ein Anstieg der Kaliumkonzentration um 12,4% und ein Absinken der Natriumwerte im rechtskammerigen Myokard um 25,7%, in der Niere um 16%.

12, 24, 36 und 48 Std nach Tötung der Tiere bleibt der *Wassergehalt* in allen Organen annähernd gleich, wenn man von einer statistisch signifikanten Verminderung des Wassergehaltes in der Niere um 3,2% 12 Std post mortem absieht. Auch bei den 48 Std lang bei Zimmertemperatur aufbewahrten Tierleichen ändert sich der Wassergehalt nicht oder nur sehr geringfügig.

Diskussion

Mit dem Aufhören der Zelltätigkeit und dem „Verlust der gerichteten Permeabilität“ (EPPINGER) beim Zelltod diffundiert Kalium in den extracellulären Raum ab. Darüber hinaus wird durch den postmortalen Proteinabbau in der Zelle Kalium frei. Intra vitam wird beim Zelltod das aus der Zelle in den extracellulären Raum ausgetretene Kalium mit dem Blutstrom abtransportiert. Post mortem bleibt das teilweise aus der Zelle ausgetretene Kalium im Extracellularraum liegen und wird bei Kaliumbestimmungen des *ganzen* Muskels mit erfaßt. So ist es verständlich, daß der postmortale Kaliumverlust der inneren Organe nicht sehr hoch ist.

Wesentliches Ergebnis der flammenphotometrischen Mineraluntersuchungen ist, daß in allen Organen 12 Std nach dem Tode Kalium absinkt und nach 48 Std die Kaliumwerte in Skelettmuskel, Niere und Leber etwa gleich hoch sind wie 12 Std post mortem. Lediglich bei den Tierleichen, die bei Zimmertemperatur aufbewahrt worden waren, ist nach 48 Std der Kaliumgehalt der Leber weiter abgesunken.

Die postmortalen Kaliumwerte des Herzens lassen einige Besonderheiten erkennen. Dem primären Absinken der Kaliumkonzentration des Herzens 12 Std nach dem Tode entsprechen die sogleich nach dem Tode steil ansteigenden Kaliumwerte des Herzblutes aus der rechten Kammer (JETTER, McLEAN und NUTTER). Der eigenartige Wiederanstieg der Kaliumwerte in beiden Kammerwänden in der Zeit von 12 bis 48 Std nach dem Tode ist wahrscheinlich Folge des innigen Kontaktes des Myokards mit dem Blute der Herzhöhlen. In dieser Annahme wird man bestärkt durch den stärkeren Wiederanstieg des Kalium im rechtskammerigen Myokard. Während die rechte Herzkammer prall mit Cruorinnsel angefüllt ist, enthält die linke nur wenig oder kein Blut. Ein postmortales Diffundieren von Kalium aus dem hämolytischen Blute besonders in das rechtskammerige Myokard ist in Betracht zu ziehen. Es ist aber zweifelhaft, ob die Zunahme des Kalium im Herzen längere Zeit nach dem Tode durch die Hämolyse allein zu erklären ist. Im Liquor und Venenblut wurde für Kalium ein deutlicher Konzentrationsanstieg nach dem Tode festgestellt (SCHAREINA, SCHLEYER). Dabei entsprach aber der Grad der hämolytischen Verfärbung des Serum niemals der Konzentrationssteigerung des Kalium. Ebensowenig wurden in mit Blut vermischten Liquores besonders hohe Kaliumkonzentrationen gefunden. Demnach ist der postmortale Anstieg des Kalium im Blut und Liquor nur zum geringen Teil durch die Hämolyse bedingt. Möglicherweise kommt es nach einem primären postmortalen Kaliumverlust des Herzens zu einer Kaliumanreicherung durch ein Rückdiffundieren von Kalium aus den Herzhöhlen in das Myokard. Eine genaue Aussage über die Ursache des postmortalen Wiederanstieges von Kalium im Herzen ist jedoch auf Grund dieser Untersuchungen nicht möglich.

Da der postmortale Kaliumverlust von 6,6 bis 17,6% der inneren Organe weniger erheblich ist als der Natriumanstieg (in der Leber 42,8% 48 Std post mortem), erlauben die postmortalen Kaliumwerte der inneren Organe weit eher als die Natriumwerte einen Rückschluß auf den Mineralgehalt der Organe *intra vitam*. Dabei sind die postmortalen Kaliumwerte der Leber weniger verwertbar als die der übrigen Organe.

Die an Rattenorganen gewonnenen Ergebnisse können nur bedingt auf die menschlichen Organe übertragen werden. Krankheit und Todesart sind bei diesen Versuchen nicht berücksichtigt worden. Soeben begonnene experimentelle Untersuchungen über den postmortalen Kalium- und Natriumgehalt der inneren Organe nach Unterbindung der Nierenhili bei Ratten sollen die Frage klären, in welchem Grade der beim Coma uraemicum und bei Hyperkaliämie an Leichenherzen nachgewiesene Kaliummangel ein echter oder durch die Autolyse bedingter ist. Den Einfluß der seit dem Eintritt des allgemeinen Todes vergangenen Zeit auf den Mineralgehalt menschlicher Organe wird man erst dann besser bestimmen können, wenn man die Mineralwerte der bei einer Muskel-, Leber-, Nierenbiopsie oder Herzoperation gewonnenen Organstückchen mit denen der Leichenorgane vergleichen kann. Durch den zunehmenden Einbau flammenphotometrischer Mineralbestimmungen von Leichenorganen in die Diagnostik eines Pathologischen Institutes (DITTRICH; ELSTER, LINHARDT und OTTO; MEY; JANSEN) und einen Vergleich der Mineralwerte der Organe mit denen des Serum erhoffen wir uns eine Bereicherung der Kenntnisse über die Störungen des Elektrolythaushaltes.

Zusammenfassung

Flammenphotometrische Kalium- und Natriumbestimmungen innerer Organe sofort und 12, 24, 36 und 48 Std nach Tötung von insgesamt 60 Albinoratten führten zu folgenden Ergebnissen:

1. Nach einem primären Kaliumverlust der inneren Organe 12 Std nach dem Tode um 6,6 bis 17,6% imponiert in beiden Kammerwänden, in der rechten mehr als in der linken, ein Wiederanstieg des Kalium 24, 36 und 48 Std nach dem Tode. Im Skelettmuskel, in der Niere und Leber bleiben die Kaliumwerte auch nach 48 Std unverändert.

2. Alle Organe reichern nach dem Tode in einem erheblichen Grade Natrium an.

3. Der Wassergehalt der inneren Organe ändert sich bis 48 Std nach dem Tode nicht oder nur geringgradig.

4. Bei warm aufbewahrten Leichen ist gegenüber kühl gelagerten Leichen 48 Std nach dem Tode die Kaliumkonzentration der Leber verringert und der Natriumgehalt des rechtskammerigen Myokards und der Niere erhöht.

5. Die postmortalen Kaliumwerte der inneren Organe erlauben eher als die Natriumwerte einen Rückschluß auf den Mineralgehalt der Organe *intra vitam*. Dabei sind die Kaliumwerte des Herzens, des Skelettmuskels und der Niere besser verwertbar als die der Leber.

Summary

Flame photometric determinations of the potassium and sodium content of the viscera of 60 albino rats immediately and 12, 24, 36 and 48 hours after death gave the following results:

1. After a primary loss of potassium in the viscera 12 hours after death, varying from 6.6% to 17.6%, it increased remarkably in the ventricular myocardium, 24, 36 and 48 hours after death, but more on the right than on the left. In the skeletal muscle, kidneys, and liver the potassium values remained unchanged after 48 hours.
2. After death all organs became greatly enriched in sodium.
3. Up to 48 hours after death the content of water of the viscera changed little or not at all.
4. The potassium concentration of the liver of dead animals maintained warm 48 hours after death was less than in those carcasses kept cool. The sodium content of the right ventricular myocardium and the kidney increased.
5. A conclusion as to the mineral content of the organs intra vitam could be made more readily from the postmortem potassium values of the viscera than from the sodium values. The potassium values of the heart, skeletal muscle, and the kidneys were easier to evaluate than those of the liver.

Literatur

- BLAND, J. H.: Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes. Stuttgart 1959.
- BURCK, H. C.: Veraschungsschnellmethode zur flammenphotometrischen Bestimmung von Gewebsnatrium und -kalium. *Klin. Wschr.* 1961, 751.
- DITTRICH, H.: Untersuchungen über den Kalium-, Natrium- und Wassergehalt an Leichenherzen bei Herzinsuffizienz und Myokardinfarkt. *Beitr. path. Anat.* **121**, 426 (1959).
- ELSTER, K., K. LINHARDT u. H. OTTO: Der Elektrolytgehalt menschlicher Leichenherzen bei energetisch dynamischer Herzinsuffizienz. *Z. ges. inn. Med.* **1960**, 570.
- EPPINGER, H.: Permeabilitätspathologie. Wien 1949.
- HAMPERL, H.: Diskussionsbemerkung. *Verh. dtsch. Ges. Path.* **44**, 198 (1960).
- JANSEN, H. H.: Der unterschiedliche K/Na-Gehalt der beiden Herzkammern in seiner Abhängigkeit von Störungen des Mineralhaushaltes. *Verh. dtsch. Ges. path.* **44**, 195 (1960).
- Myokardosestudien; Pathoklise der Herzkammern aufgrund seitendifferenzierter Struktureigenheiten. *Habil.-Schr.* Kiel 1960. *Arch. Kreisl.-Forsch.* (im Druck).
- JETTER, W. W., R. McLEAN and M. K. NUTTER: Post mortem biochemical changes. *Amer. J. Path.* **25**, 789 (1949).
- KERFEL-FRONTUS, E.: Pathologie und Klinik des Salz- und Wasserhaushaltes. Budapest 1959.
- MEIER, W.: Diskussionsbemerkung. *Verh. dtsch. Ges. Path.* **44**, 198 (1960).
- MEY, U.: Über den Kaliumgehalt der geschädigten Herzmuskulatur. *Z. ges. inn. Med.* **1960**, 255.
- MÜLLER, E.: Diskussionsbemerkung. *Verh. dtsch. Ges. Path.* **44**, 198 (1960).
- SCHAREINA, M.: Flammenphotometrische Untersuchungen über den postmortalen Kaliumgehalt von Serum und Liquor in Beziehung zu Leichenalter und Todesursache. *Inaug.-Diss.* Bonn 1959.
- SCHLEYER, F.: Postmortale klinisch-chemische Diagnostik und Todeszeitbestimmung mit chemischen und physikalischen Methoden. Stuttgart 1958. (Dort weitere Literatur.)
- SCHWAB, M., u. K. KÜHNS: Die Störungen des Wasser- und Elektrolytstoffwechsels. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1959.