

Postmortale Kalium- und Calciumbestimmung im Herzmuskel und ihr Aussagewert bei plötzlichen Kindstodesfällen*

H. ALTHOFF und R. IFFLAND

Institut für Gerichtliche Medizin der Universität Köln (BRD)

Eingegangen am 22. November 1971

Postmortal Determination of Kalium and Calcium in Myocardium with Special Conclusion to Sudden Unexpected Death in Infancy

Summary. The problem of sudden unexpected death in infancy was a motive for numerous investigations and interpretations (Müller, 1963; Maresch, 1960—1968; Geertinger, 1966—1969; Althoff, 1969—1970).

Already in the last year we didn't confirm the results of Geertinger. Now the same is to apply to findings, of which Maresch thinks to be important and a cause for sudden death in infancy.

Our measurement results of Kalium and Calcium-concentration in the myocardium of the left and right heart of sudden died infants in the postmortal phase do not show any significant route of distribution referring to the funeral time. There is also no significant difference in the distribution of the values between typical sudden unexpected death, unnatural death or death by chronic diseases in infancy. On the other side there are significant differences of the distributions between the left and right heart.

The atomic absorption spectrophotometry is suitable for the proof of electrolyts in organs on account of its specificity and possibility of reproduction. It has advantages compared with other methods of measurement.

Zusammenfassung. Das Problem des unerwarteten Todes im Säuglings- und Kleinkindesalter hat zu vielfältigen Untersuchungen und Erklärungsversuchen Anlaß gegeben (Müller, 1963; Maresch, 1960—1968; Geertinger, 1966—1969; Althoff, 1969—1970).

Bereits früher konnten wir Ergebnisse von Geertinger an unserem Untersuchungsgut nicht bestätigen. Gleiches gilt für Befunde, die Maresch beim plötzlichen Kindstod für entscheidend hält.

Die von uns vorgelegten Meßergebnisse der Kalium- und Calcium-Konzentration im Myokard der linken und rechten Herzkammer bei plötzlich und unerwartet verstorbenen Kindern lassen in der postmortalen Phase keine signifikante Verteilungsregel bezüglich der Leichenzeit erkennen. Auch besteht kein signifikanter Unterschied der Werteverteilung zwischen typischen plötzlichen Kindstodesfällen, unnatürlichen Todesfällen oder Tod durch chronische Erkrankungen im Kindesalter. Dagegen ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den Verteilungen bezüglich Kalium- und Calcium-Konzentration sowie des Quotienten zwischen linker und rechter Herzkammer.

Die Atomabsorptions-Spektralphotometrie eignet sich methodisch wegen Spezifität und Reproduzierbarkeit für den Nachweis von Elektrolyten in Organgeweben. Sie hat Vorteile gegenüber anderen Meßverfahren.

Key words: Plötzlicher Kindstod — Elektrolytbestimmungen, im Myokard — Kaliumnachweis, im Myokard — Calciumnachweis, im Myokard.

* Auszugsweise vorgetragen auf der 50. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin vom 3.—7. 10. 1971 in Köln.

Elektrolytbestimmungen gehören heute zur Routineuntersuchung eines klinischen Labors. Erprobte Nachweismethoden sind meistens auf Plasma bzw. auf Serum ausgerichtet (Herrmann u. Alkemade, 1960). In letzter Zeit wurde über Elektrolytbestimmungen im Serum mit Hilfe der Atomabsorptions-Spektralphotometrie berichtet (Willis, 1960; Zettner u. Seligson, 1964; Trudeau u. Freier, 1967; Paschen, 1970; Paschen u. Spieckermann, 1970).

Wir wollten klären, ob im Organgewebe, speziell im Herzmuskel, eine quantitative Bestimmung von Kalium und Calcium mit dieser Untersuchungsmethode möglich ist.

Eine statistische Auswertung der Meßergebnisse sollte klären, ob:

1. eine Abhängigkeit zur Dauer der Leichenzeit besteht,
2. ob postmortal bestimmte Kalium- und Calcium-Konzentrationen im Myokard Rückschlüsse auf intravitale Verhältnisse zulassen.

Für diese Problemstellung erschienen uns Todesfälle im Kindesalter besonders geeignet. Von Maresch (1960—1968) wird behauptet, eine Entgleisung des Mineralstoffwechsels, und zwar eine am Herzmuskel postmortal nachweisbare Verschiebung des Kalium-Calcium-Quotienten durch Calcium-Mangel, sei entscheidend ursächlich für den plötzlichen Kindstod. Da die Ergebnisse von Maresch und auch ähnliche Vorstellungen von Geertinger (1966—1969) Eingang in die Pädiatrie gefunden haben, war eine Überprüfung unseres Sektionsgutes angezeigt.

Maresch stützt sich auf Ergebnisse komplexometrischer Verfahren von Flaschka u. Holasek (1956—1957). Er glaubt, daß die mit dieser Methode bei plötzlichen Kindstodesfällen postmortal nachgewiesenen Verschiebungen des Kalium-Calcium-Quotienten bereits intravital bestanden. Er geht davon aus, daß wegen der isolierten Lage des Herzens eine postmortale Änderung des Elektrolytgehalts nicht zu erwarten ist.

Untersuchungsgut und -technik

Kalium- und Calcium-Bestimmungen im Herzmuskel wurden bei 61 Todesfällen im Alter zwischen 1 und 36 Monaten durchgeführt. Am häufigsten war die Altersgruppe bis zum 6. Lebensmonat. Bei 43 Fällen handelte es sich um typische plötzliche Kindstodesfälle mit morphologisch erwiesener akuter Infektion im Bereich des Respirationstrakts, bei 7 Kindern war der Tod Folge von Unfall, akuter Vergiftung oder Mord, bei den übrigen 11 Fällen führten subchronische oder chronische Erkrankungen bzw. Mißbildungen zum Tod. In allen 3 Gruppen gab es Fälle mit unterschiedlich langer Leichenzeit zwischen 4 und 72 Std.

Es erschien sinnvoll, wegen der unterschiedlichen funktionellen Bedeutung, Myokard der rechten und linken Kammer getrennt zu untersuchen. Das Gewebe wurde bei der Obduktion entnommen und bis zur Untersuchung bei -18°C aufbewahrt.

Zur Analyse-Vorbereitung wurde das Gewebe (ca. 1—2 g) nach Trocknung entweder im Trockenschrank bzw. durch Gefriertrocknung über 12 Std im Muffelofen bei 550°C verascht. Der weiße Rückstand wurde mit 5 ml heißer 0,5 n HCl gelöst und in einen 20 ml-Meßkolben überführt. Nach Zugabe von 4 ml 5%iger Lanthan-Lösung und Auffüllung bis zur Eichmarke mit demineralisiertem Wasser konnte der Calcium-Gehalt sofort gemessen werden. Die Messung erfolgte mit dem Atomabsorptions-Spektralphotometer Modell 303, Zweistrahlgerät der Firma Perkin-Elmer, für Calcium bei 422,7 nm. Die Lösung war so eingestellt, daß die Calcium-

Tabelle 1

Lebensalter	Kalium-Konzentration (mg/100 g Feuchtgewicht)															
	Myokard rechts							Myokard links								
	pT ₂₄	pT ₄₈	pT ₇₂	U ₂₄	U ₄₈	U ₇₂	Ch ₄₈	Ch ₇₂	pT ₂₄	pT ₄₈	pT ₇₂	U ₃₄	U ₄₈	U ₇₂	Ch ₄₈	Ch ₇₂
1—6 Monate	204	159	152	233		124	218	195	301	219	227	274	197	296	236	270
	183	134	175				188		304	252	192					
	198	157	185						320	242	226					
	128	129	176						286	260	267					
	110	192	194						118	174	246					
	202	150	157						299	248	192					
	150	165	153						220	253	257					
	179	162	165						272	274	272					
		149	153						249	284						
		348	210						236	253						
		152	102						239	225						
		217							323							
7—12 Monate	168	140	161		151	175	106	150	263	250	264	256	153	168	278	
	108	144	127						216	255	293					
		137	171							326	264					
		373								253						
		153								347						
13—36 Monate		136	165	196	134		132	140		224	215	280	281	154	160	
				207			159	116				281		232	212	
							153							207		
							133							244		
Mittelwerte	163	178	163	212	143	150	150	158	260	257	245	278	268	175	217	233
	169				174		154			254			246		224	
																247

pT = typischer plötzlicher Kindstod, U = unnatürlicher Tod eines Kindes, Ch = Kinder mit chronischen Erkrankungen.

Tabelle 2

Lebensalter	Calcium-Konzentration (mg/100 g Feuchtgewicht)															
	Myokard rechts						Myokard links									
	pT ₂₄	pT ₄₈	pT ₇₂	U ₂₄	U ₄₈	U ₇₂	Ch ₇₂	Ch ₄₈	Ch ₇₂	pT ₂₄	pT ₄₈	pT ₇₂	U ₂₄	U ₄₈	U ₇₂	Ch ₄₈
1—6 Monate	8,3	18,9	9,9	8,5	11,2	11,7	9,0	6,8	5,4	7,3	7,3	5,9	6,9	9,5	6,4	6,1
	9,7	22,0	10,6						6,4	11,0	9,7					
	8,6	18,4	10,0						7,7	6,8	7,7					
	8,6	12,9	9,7						6,3	7,5	5,6					
	8,5	17,4	8,9						6,3	5,6	6,3					
	10,6	21,9	15,3						6,9	14,3	6,0					
	10,3	17,7	8,8						4,2	9,8	5,2					
	21,5	20,2	18,0						20,6	6,4	13,4					
		12,4	17,1							6,6	9,2					
		10,3	10,4							4,4	5,7					
		11,7	9,4							6,1	5,0					
		15,6								8,2						
7—12 Monate	20,5	12,2	13,6		9,6	27,7	9,8		13,1	7,4	7,6		5,8	6,4	15,7	6,4
	4,9	13,5	12,2						8,3	10,6	7,2					
		15,7	8,6							5,9	5,6					
		7,8								4,4						
		7,8								5,1						
13—36 Monate		8,9	9,8	6,5	7,8	15,2	32,6			6,4	6,7	4,5	5,1	10,3	18,8	
			6,8			6,7	28,8					4,9		5,5	37,2	
						6,0								4,7		
						9,1								6,2		
Mittelwerte	11,2	14,7	11,5	7,3	8,7	18,1	15,4		8,5	7,4	7,2	5,1	5,5	6,7	8,7	15,0
		12,8			10,8	14,9				7,6			5,7		11,5	
					12,9								8,1			

pT = typischer plötzlicher Kindstod, U = unnatürlicher Tod eines Kindes, Ch = Kinder mit chronischen Erkrankungen.

Konzentration im Bereich der Eichkurve zwischen 2 und 10 ppm lag. Die Zugabe von Lanthan ist unbedingt wegen des Phosphorgehaltes des Gewebes notwendig, um zu vermeiden, daß das Calcium als Phosphat abgefangen wird.

Zur Kaliumbestimmung bei 766,5 nm wurde ein aliquoter Teil der Meßlösung verdünnt und auf den Bereich der Eichkurve von ebenfalls 2 bis 10 ppm eingestellt.

Die Atomabsorption bietet beim Calcium-Nachweis aus organischem Material den Vorteil, Störungen durch andere Kationen, z. B. Natrium wie bei der Flammenphotometrie, zu vermeiden. Die Meßergebnisse sind zu Vergleichszwecken mit anderen Veröffentlichungen in mg/100 g Feuchtgewicht berechnet und jeweils für die einzelnen Elemente und den aus ihnen gebildeten Quotienten getrennt für die rechte und linke Herzkammer und nach Dauer der Leichenzeit (z. B. Leichenzeit bis 24, bis 48, bis 72 Std) sowie nach unterschiedlicher Todesart geordnet aufgeführt (Tabelle 1—3), ferner wurden für die einzelnen Untersuchungsgruppen Mittelwerte errechnet.

Diskussion der Ergebnisse

Die mathematische Auswertung¹ erfolgte nach dem U-Test von Wilcoxon, Mann und Whitney. Die Anwendung des t-Tests ist beim vorliegenden Material nicht möglich, da nicht sichergestellt ist, daß es sich um eine normal verteilte Grundgesamtheit handelt.

Als Ergebnis ist festzustellen, daß die Verteilungen zwischen den Gruppen mit unterschiedlich langer Leichenzeit (z. B. bis 24, bis 48, bis 72 Std) nicht signifikant unterschiedlich sind ($\alpha = 0,01$).

Auch zwischen den Verteilungen der Gruppen: typischer plötzlicher Kindstod, unnatürlicher Tod und Tod im Kindesalter durch chronische Erkrankungen bestehen nach dem U-Test keine signifikanten Unterschiede der Werteverteilung des Kalium-Calcium-Quotienten ($\alpha = 0,01$).

Dagegen ergeben sich signifikante Unterschiede zwischen den Verteilungen bezüglich Kalium- und Calcium-Konzentration und des Quotienten zwischen rechter und linker Herzkammer ($\alpha = 0,01$); Vorzeichentest von Dixon und Mood). Die Kalium-Konzentration im Myokard der linken Herzkammer ist immer signifikant höher als die der rechten. Für Calcium ist das Verhalten genau umgekehrt. Der aus den Kalium- und Calcium-Konzentrationen gebildete Quotient hat für das Myokard der rechten Kammer immer einen kleineren Zahlenwert als für die linke Kammer.

Das bedeutet, daß Quotienten, die aus dem Kalium-Calcium-Gehalt bei Aufschluß des *ganzen Herzens* berechnet werden, auf differenten Konzentrationen in verschiedenen Herzanteilen beruhen. Es erscheint deshalb fraglich, ob von solchen Berechnungsergebnissen überhaupt Rückschlüsse auf einen funktionell bedeutsamen Kalium- und Calcium-Gehalt im Herzmuskel gezogen werden können.

Daran schließt sich die Frage, inwieweit postmortal bestimmte Kalium- und Calcium-Konzentrationen im Herzmuskel durch Agonie und unterschiedlich lange Leichenzeit Änderungen erfahren. Die statistischen Berechnungen lassen bezüglich der Dauer der Leichenzeit keine feste Regel erkennen. Die Phase der Agonie und der frühen Leichenzeit läßt sich nicht fassen, deshalb müssen wir Kenntnisse

¹ Die statistischen Berechnungen verdanken wir Herrn Berghaus.

über intravitale, physiologisch-chemische und elektro-chemische Gesetzmäßigkeiten berücksichtigen und überlegen, welche Änderungen schon in der Agonie und der frühen Leichenzeit zu erwarten sind.

Kalium steht als wichtigstes Zellkation den strukturfixierten Anionen der Eiweiße und der vorwiegend organisch gebundenen Phosphate gegenüber. Bisherige Überlegungen und Experimente sprechen dafür, daß das Binnenkalium, wie auch das der Körpersäfte vollständig ionisiert ist. Im Gegensatz zu den Zellen des Blutes lassen die Körperzellen intravital Kalium-Ionen durchtreten (Netter, 1959). An den Grenzflächen der einzelnen Zellen des Organismus bestehen im dynamischen Gleichgewicht charakteristische intra- bzw. extracelluläre Ionen-Konzentrationsgradienten.

So beträgt die intracelluläre Kalium-Konzentration etwa 150 mval/l Zellwasser (Herz- und Skelettmuskelzellen), die extracelluläre Kalium-Konzentration dagegen nur 4,5 mval/l. Die für jede Ionen-Art verschiedene Durchlässigkeit der Zellmembran (unterschiedlicher Diffusionswiderstand für verschiedene Ionen) bewirkt die Entstehung von elektrischen Potentialdifferenzen an den Zellgrenzflächen. Die Membranspannung an der Zellgrenzfläche sowie die Ionen-Leitfähigkeit ist besonders empfindlich auf Änderungen der extracellulären Kalium-Konzentration. Änderungen dieser ionalen Funktionsgrößen haben weitreichende Auswirkungen für den Erregungsablauf an Herz- und Skelettmuskulatur sowie Nervensystem (Hoff, 1961; Bolte u. Lüderitz, 1971).

Es gibt sowohl erhebliche intravitale Schwankungen im Kalium- und Calcium-Gehalt verschiedener Organe und Körperflüssigkeiten als auch zwischen Neugeborenen, Säuglingen und Erwachsenen (Cremer u. Führ, 1953). Andererseits wurden in autoptischem Material eindeutige Konzentrationsdifferenzen zwischen dem Myokard der linken und rechten Herzkammer festgestellt (Jansen u. Stappenbeck, 1962; Schuman u. Conradi, 1968)

Bei Erwachsenen ist der Kalium-Gehalt der linken Kammer immer um ein Drittel höher als der der rechten, während der Calcium-Gehalt der beiden Herzkammern fast gleich groß ist (Widdowson u. Dickerson, 1960).

Calcium ist in den meisten Körperzellen in sehr geringer Konzentration vorhanden (Götze, 1964). In Rattenmuskulatur hat Conway (1952) bei einem pH von 6 bzw. 6,5 einen Calcium-Gehalt von 4 mval/l nachgewiesen. Die von Widdowson u. Dickerson (1960) gemessenen Werte in verschiedenen Lebensaltern schwankten zwischen 3,8 und 8,2 mval/l. In Experimenten konnten Matthews u. Mitarb. (1970) zeigen, daß das zweiwertige Kation Calcium in vitro an mitochondriale Membranen verankert ist.

Der Gehalt an Calcium-Ionen ist in Körperflüssigkeiten, so zum Beispiel im Serum, mehrfach größer, als seiner Löslichkeit in Gegenwart von Phosphaten und Hydrogencarbonaten entspricht. Man glaubt deshalb, daß der überschüssige Anteil in undissoziierter Form an Eiweiß gebunden vorliegt. Das trifft weitgehend, aber insofern nicht vollständig zu, als ein Teil des Serum-Calciums in übersättigter Lösung vorhanden ist. Im Blutserum sind etwa 40% des Calciums an Eiweiß gebunden (Netter, 1959). Diese Bindung ist dissoziabel und unterliegt dem Massenwirkungsgesetz, d. h., eine Verringerung der Calcium-Aktivität der Flüssigkeit führt zum entsprechenden Nachdissoziieren des eiweißgebundenen Calciums.

Vom Calcium hängt die neuro-muskuläre Erregbarkeit ab. Calcium-Steigerung wirkt dämpfend, die Minderung erregend, letztere Wirkung aber besteht nur in Grenzen, eine stärkere Verminderung bringt einen umgekehrten Effekt mit sich, da Calcium auch zur Übertragung der Erregung vom Nerven auf den Muskel benötigt wird. Ein entsprechender Mangel verhindert weiterhin die Freisetzung von Acetylcholin.

Das bisher referierte Grundlagenwissen sollte die sehr deutliche Abhängigkeit optimaler Elektrolytkonzentrationen von vielen Reglersystemen deutlich werden lassen (Dobler, 1969). Ohne näher im einzelnen darauf einzugehen, sei nur auf die enge Verknüpfung zwischen Elektrolyt-, Wasserhaushalt und Konstanz des intravitale pH-Wertes zwischen 7,33 und 7,44 hingewiesen. Diese Konstanz ist nur durch das an aktive Organleistung gebundene Puffersystem im Organismus aufrechtzuerhalten.

Damit ist klar, daß bereits agonal, sicher aber unmittelbar nach dem Tode umfangreiche Änderungen aller physiologisch-chemischen Vorgänge im Organismus ablaufen müssen. Es liegen in zahlreichen Veröffentlichungen entsprechende Untersuchungsergebnisse vor, so z. B. von Jetter u. Mitarb. (1949), Hartl u. Mitarb. (1954), Waldmann (1954), Schleyer u. Sellier (1958), Dotzauer u. Naeve (1959), Schmidt u. Mitarb. (1959—1961), Dotzauer (1962), Berg (1963), Laves u. Berg (1965), Mallach u. Laudahn (1964), Schleyer (1967).

Die organisches Leben kennzeichnenden charakteristischen Lebensvorgänge in den Körperzellen sind bereits bei länger dauernder Agonie reduziert und mit dem Eintritt des Todes weitgehend erloschen, so etwa der osmotische Druck in Zellen und Geweben, der durch kolloid-osmotischen Druck der Eiweiße, aber auch durch bestimmte optimale Konzentrationen von Natrium, Calcium und Chlor aufrechterhalten wird.

Das durch Kalium regulierte Membranpotential an den Zellgrenzen bricht mit dem Tod zusammen. Postmortal kommt es zur Diffusion extra- und intracellulärer Flüssigkeit und damit auch zum Ausgleich unterschiedlicher Elektrolytkonzentrationen. Zwangsläufig ist damit auch eine postmortale Änderung des pH-Wertes verbunden.

Neben den chemischen Vorgängen spielt für unser Problem sicher auch die postmortal veränderte Blutverteilung (Karplus, 1965) eine bedeutsame Rolle, weil der stark vascularisierte Herzmuskel ebenfalls davon betroffen ist. Mit zunehmender Leichenzeit diffundieren mit fortschreitender Hämolyse Elektrolyte aus dem Blut in das umgebende Gewebe. Es ist nicht ersichtlich, warum der Herzmuskel gegenüber anderen Geweben und Körperflüssigkeiten in dieser Hinsicht eine Ausnahme bilden soll, da er gleichen Autolysevorgängen unterliegt wie alle anderen Organe (Bernheim u. Mitarb., 1966). Der Hinweis von Maresch, das Herz nehme wegen seiner „isolierten Lagerung“ an postmortalen Vorgängen nicht oder erst spät teil und postmortal bestimmte Kalium- und Calcium-Konzentrationen im Myokard seien intravitalen Werten gleichzusetzen, scheint uns deshalb nicht ausreichend stichhaltig.

Da nach unseren Untersuchungen über den sogenannten plötzlichen Kindstod nicht von einem reflexartigen, d. h. sehr schnellem Todesgeschehen ausgegangen werden kann, sondern durch eine akute Infektion der Atemwege eine mehr oder weniger lange Agonie dem Todeseintritt vorausgeht, sind durch Erkrankung und auch agonal Änderungen im Elektrolythaushalt so auch bezüglich des Kalium- und Calcium-Gehaltes im Herzmuskel zu erwarten. Das gilt insbesondere bei Säuglingen, die nach klinischer Erfahrung leicht und aus verschiedener Ursache zu Elektrolyt-Entgleisungen neigen (Riegel, 1969). Ferner darf nicht übersehen werden, daß bereits intravital altersabhängige Konzentrationsunterschiede im Elektrolythaushalt bestehen (Gyllenswärd u. Josephson, 1957; Janssen, 1958).

Ergänzend sei erwähnt, daß Müller (1963), der sich wie Maresch intensiv mit dem plötzlichen Kindstod beschäftigt hat, bei experimentell gesetzten Virusinfektionen postmortal im Herzmuskel der Ratten zwar auch Verschiebungen des Kalium-Calcium-Quotienten feststellte; allerdings war diese Verschiebung im Gegensatz zu Befunden von Maresch durch eine deutliche Erhöhung der Kalium-Werte bedingt.

Literatur

- Althoff, H.: Der forensische Beweiswert histopathologischer Bronchien- und Lungenveränderungen beim plötzlichen Kindstod. *Beitr. gerichtl. Med.* **25**, 253 (1969).
- Althoff, H.: Kritik der Befunde Geertinger's: Bedeutung von Anomalien der Nebenschilddrüse für den plötzlichen Kindstod. *Beitr. gerichtl. Med.* **27**, 267 (1970).
- Althoff, H.: Der plötzliche Tod im Säuglings- und Kleinkindesalter. Medizinische Habilitationsschrift, Köln 1970.
- Berg, S.: Physiologisch-chemische Befunde im Leichenblut. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **54**, 136 (1963).
- Bernheim, P., Willot, M., Muller, P.: Quelques aspects de l'autolyse du muscle strié humain aux microscopes optique et électronique. *Ann. Méd. lég.* **46**, 447 (1966).
- Bolte, H.-D., Lüderitz, B.: Störungen des Wasser- und Elektrolythaushaltes. *Fortschr. Med.* **89**, 877 (1971).
- Conway, B. E.: *Elektrochemical data*. Amsterdam-Houston-London-New York: Elsevier Publ. Co. 1952.
- Cremer, H. D., Führ, J.: In: Hoppe-Seyler/Thierfelder, *Handbuch der physiologisch- und pathologisch-chemischen Analyse*, Bd. V., S. 542 ff. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1953.
- Dobler, H. J.: Parenteraler Wasser-, Elektrolyt-, Säuren-, Basen-, Energie-Ausgleich. *Fort-schr. Med.* **87**, 836 (1969).
- Dotzauer, G.: Enzymatische Aktivitätsuntersuchungen im Leichenserum. *Beitr. gerichtl. Med.* **22**, 78 (1962).
- Dotzauer, G., Naeve, W.: Vergleichende Untersuchungen über den Natrium- und Calciumgehalt im Serum wie im Liquor post mortem. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **49**, 406 (1960).
- Flaschka, H., Holasek, A.: Über eine verbesserte komplexometrische Bestimmung des Kalium im Blutserum. *Hoppe-Seylers Z. physiol. Chem.* **303**, 9 (1956); **308**, 183 (1957).
- Geertinger, P.: Cot death: Incomplete foetal development of the parathyroids as a general cause. Experimental parathyroid anomalies in rats with special reference to sudden unexpected death in infancy. In: H. Asperger und G. Weippl: *Pädiatrie und Pädologie*, Bd. 3, S. 317 u. 322. Wien-New York: Springer 1967.
- Geertinger, P.: Cot deaths associated with congenital anomalies of the parathyroids of infants. Experimental production of parathyroid abnormalities in the offspring of rats. *J. forens. Med.* **14**, 46 (1967).
- Geertinger, P.: Parathyroid abnormalities. *Acta path. microbiol. scand.* **75**, 270 (1969).
- Goetze, E.: *Lehrbuch der pathologischen Physiologie*, S. 110 ff. Jena: Fischer 1964.
- Gyllenswärd, C., Josephson, B.: The development of the serum electrolyte concentration in normal infants and children. *Scand. J. clin. Lab. Invest.* **9**, 21 (1957).
- Hartl, F., Waldmann, J., Eder, M.: Der postmortale Calcium-Phosphor-Spiegel im Blutserum und seine Brauchbarkeit als Indikator für den Mineralhaushalt besonders im Hinblick auf das Skelet. *Klin. Wschr.* **32**, 546 (1954).
- Herrmann, R., Alkemade, C. Th. J.: *Flammenphotometrie*. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1960.
- Hoff, F.: *Klinische Physiologie und Pathologie*. Stuttgart: Thieme 1961.
- Jansen, H. H., Stappenbeck, L.: Die regionale Verteilung von Kalium und Natrium im Herzmuskel. *Klin. Wschr.* **40**, 470 (1962).
- Janssen, G.: Die Abhängigkeit des Serum-Kaliumgehaltes vom Lebensalter des Kindes. *Arch. Kinderheilk.* **157**, 42 (1958).
- Jetter, W. W., McLean, R., Nutter, M. K.: Post-mortem biochemical changes. *Amer. J. Path.* **25**, 789 (1949).
- Karplus, H.: Investigation of post-mortem changes in blood distribution. *J. forens. Med.* **12**, 146 (1965).
- Laves, W., Berg, S.: *Agonie; physiologisch-chemische Befunde im Leichenblut*. Lübeck: Schmidt-Römhild 1965.
- Mallach, H., Laudahn, G.: Vergleichende Untersuchungen mit enzymatischen Methoden am Vital- und Leichenblut. *Klin. Wschr.* **42**, 693 (1964).

- Maresch, W.: Zur Ätiologie von plötzlichen Todesfällen im Säuglingsalter. *Z. Kinderheilk.* **84**, 565 (1960).
- Maresch, W.: Plötzliche Todesfälle im Kindesalter. *Schweiz. Rdsch. Med.* **32**, 804 (1961).
- Maresch, W.: Die Bedeutung der Elektrolytbestimmungen des Herzmuskels zur Klärung plötzlicher Todesfälle im Säuglingsalter. *Wien. klin. Wschr.* **74**, 21 (1962).
- Maresch, W.: Der plötzliche Tod im Kindesalter. Vortrag 47. Tg. Dtsch. Ges. Gerichtl. und Soziale Medizin, Innsbruck 1968.
- Matthews, J. L., Martin, I. H., Collins, E. J.: Intracellular calcium in epithelial, cartilage and bone cells. *Calc. Tiss. Res.* **4**, Suppl., 37 (1970).
- Müller, G.: Der plötzliche Kindstod. Stuttgart: Thieme 1963.
- Netter, H.: Theoretische Biochemie. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1959.
- Paschen, K.: Eine neue Mikromethode zum spezifischen Nachweis von Natrium, Kalium, Calcium und Magnesium in einer einzigen Serumverdünnung. *Dtsch. med. Wschr.* **95**, 2570 (1970).
- Paschen, K., Spieckermann, P. G.: Atomabsorptions-Spektralphotometrie. *Dtsch. med. Wschr.* **95**, 2677 (1970).
- Riegel, K.: Therapie von Störungen des Säure-Basen-Gleichgewichtes bei Kindern. *Dtsch. med. Wschr.* **94**, 102 (1969).
- Schleyer, F.: Neuere Erkenntnisse über agonale und frühpostmortale chemische Vorgänge in den Körperflüssigkeiten. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **59**, 48 (1967).
- Schleyer, F., Sellier, K.: Untersuchungen über den postmortalen Kaliumgehalt in den verschiedenen Venengebieten der Leiche. *Z. ges. inn. Med.* **13**, 805 (1958).
- Schmidt, O., Forster, B., Schulz, G.: Untersuchungen über die Anteile der Eigen- und Fremdenzyme am postmortalen Eiweißzerfall. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **52**, 28 (1961).
- Schmidt, O., Lorke, D., Forster, B.: Studie über postmortale Abbauvorgänge. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **49**, 208 (1959).
- Schuman, H.-J., Conradi, G.: Topochemische Verteilung von K^+ , Na^+ , Mg^{++} und Ca^{++} im normalen Herzmuskel. *Virchows Arch. path. Anat. Abt. A* **346**, 50 (1968).
- Trudeau, D. L., Freier, E. F.: Determination of calcium in urine and serum by atomic absorption spectrophotometry. *Clin. Chem.* **13**, 101 (1967).
- Waldmann, I.: Der postmortale Calcium-Phosphorspiegel im Blut und seine Bedeutung für die Pathologie des Stoffwechsels unter besonderer Berücksichtigung des Skelets. Inaugural-Dissertation, München 1954.
- Widdowson, E. M., Dickerson, J. W. T.: The effects of growth and function on the chemical composition of soft tissues. *Biochem. J.* **77**, 30 (1960).
- Willis, J. B.: The determination of metals in blood serum by atomic absorption spectroscopy. I. Calcium. *Spectrochim. Acta* **16**, 259 (1960).
- Willis, J. B.: The determination of metals in blood by atomic absorption spectroscopy. III. Sodium and potassium. *Spectrochim. Acta* **16**, 551 (1960).
- Zettner, A., Seligson, D.: Application of atomic absorption spectrophotometry in the determination of calcium in serum. *Clin. Chem.* **10**, 869 (1964).

Priv.-Doz. Dr. H. Althoff
Dipl.-Phys. R. Iffland
D-5000 Köln 30, Melatengürtel 60—62
Deutschland