

ANNALES
UNIVERSITATIS MARIAE CURIE - SKŁODOWSKA
LUBLIN—POLONIA

VOL. XX, 12

SECTIO D

1965

Katedra i II Klinika Chorób Wewnętrznych. Wydział Lekarski. Akademia Medyczna w Lublinie
Kierownik: prof. dr med. Alfred Tuszkwicz
Centralne Laboratorium Kliniczne P. S. K. Nr 4 w Lublinie
Kierownik: doc. dr med. Tomasz Borkowski

Leszek SZCZEPAŃSKI, Henryk BERBEĆ,
Lucyna JANICKA i Maria WIŚNIEWSKA

Badania nad elektrolitami mięśnia serca po zgonie

Исследования электролитов сердечной мышцы после смерти

Post-mortem Investigations of the Electrolytes of the Heart Muscle

Nasze badania nad zmianami pośmiertnymi w stężeniu elektrolitów w mięśniach szkieletowych wykazały, że oznaczanie elektrolitów po zgonie może służyć do oceny zaburzeń powstałych za życia (7). Badania przyżyciowe składu elektrolitowego mięśnia serca są praktycznie niemożliwe z uwagi na konieczność pobierania wycinka. Uzyskanie informacji o stężeniu elektrolitów w mięśniu serca może pomóc w interpretacji patogenezy wielu schorzeń i zaburzeń czynności serca. Obecność krwi w jamach serca po zgonie stwarza warunki, w których stężenie elektrolitów może ulec zmianom na skutek przemieszczania się elektrolitów między surowicą a mięśniem.

Celem naszej pracy było określenie stopnia zmiany składu elektrolitów w mięśniu serca i w surowicy krwi zawartej w sercu w czasie pierwszych dni po zgonie.

MATERIAŁ I METODY

Z 26 zwłok osób dorosłych i 4 dzieci zmarłych nagle z powodu urazów, schorzeń ośrodkowego układu nerwowego i kilku innych rzadszych przyczyn, pobierano wycinki ze środka mięśnia przedniej ściany lewej komory serca. W 10 przypadkach pobrano ponadto skrawki z podwsięrdziowej i podnasięrdziowej warstwy mięśnia. We wszystkich wycinkach oznaczono zawartości H_2O , Na^+ , Cl^- , K^+ , Mg^{++} i Ca^{++} w sposób podany poprzednio (7).

Z 16 zwłok pobrano igłą z mandrynem krew z lewej komory serca. W części przypadków krew pobrano ponownie po około 20 godzinach. W 5 przypadkach stwierdzono różnego stopnia hemolizę i krwi tej dalej nie badano. W 11 przypadkach oznaczono w osoczu stężenie K^+ , Mg^{++} , N^+ i Cl^- . Chlorki w osoczu oznaczano według metody Schalesa i Schalesa (6) bez odbiałczania. Część krwi

z 10 próbek przechowywano w probówce w temperaturze pokojowej przez 26 godzin i ponownie oznaczano poziom elektrolitów.

Od 10 zdrowych osób pobrano każdorazowo krew do 8 próbek, z których 4 zawierały niewielką ilość heparyny. W osoczu i surowicy tej krwi oznaczano stężenie K^+ , Mg^{++} , Na^+ i Cl^- natychmiast po pobraniu oraz po 5, 26 i 48 godzinach przechowywania krwi w probówce. Magnez w surowicy i osoczu odbiałczonym wg sposobu Malmstada (4) oznaczano kompleksometrycznie w sposób podany poprzednio (7).

WYNIKI

Z tab. 1 wynika, że rodzaj nagłej śmierci nie wpłynął w sposób decydujący na zawartości wody i elektrolitów w mięśniu serca. Analiza korelacji pomiędzy zawartością wody i elektrolitów w mięśniu serca a czasem, jaki upłynął od zgonu (tab. 2 i ryc. 1) nie wykazała statystycznie znamiennej zależności. Proste równania regresji wykazują jednak niewielkie odchylenia od poziomu, wskazując na tendencję spadku zawartości $(H_2O)_m$, $(Cl)_m$ i $(Na)_m$ oraz wzrostu $(K)_m$ i $(Mg)_m$.

Tab. 1. Średnie wartości wody i elektrolitów w mięśniu serca zestawione wg przyczyn zgonów

Mean values of water and electrolytes of the heart muscle in respect to the cause of death

Przyczyna zgonu	Ilość przyp.	$(H_2O)_m$	$(H_2O)_e$	$(H_2O)_l$	$(Cl)_m$	$(Na)_m$	Na/Cl	$(Ca)_m$	$(K)_m$	$(K)_l$	$(Mg)_m$	$(Mg)_l$
Guz mózgu	6	794	404	389	48,6	60,0	1,24	5,6	66,1	166	16,5	43,5
Uraz z krwotokiem	8	777	349	429	42,1	50,8	1,22	4,6	83,3	191	19,7	44,8
Uraz bez krwotoku	4	784	359	424	43,8	50,3	1,16	5,7	83,8	193	18,8	42,8
<i>Apoplexia cerebri</i>	3	764	406	364	49,0	55,7	1,13	4,0	71,4	189	17,4	47,7
Inne	7	795	375	424	44,4	55,8	1,27	4,4	74,3	170	17,5	40,4
Ogólnie	28	784	375	411	45,1	54,5	1,22	4,9	76,1	181	18,0	43,5

Również pomiędzy zawartością wody i elektrolitów w mięśniu serca a wiekiem zmarłych osobników dorosłych nie wykazano statystycznie znamiennej korelacji. Natomiast różnice w zawartości wody i elektrolitów w mięśniu serca dzieci w porównaniu z dorosłymi były znaczne i równoległe do różnic stwierdzonych w mięśniach szkieletowych.

Wartości (H₂O)m, (Na)m, (Cl)m, (K)m i (Mg)m w warstwie podwsierdziowej i podnasierdziowej różniły się między sobą w sposób statystycznie znamienny. Różnica ta polegała na przewodze wody i elektrolitów pozakomórkowych w warstwie podnasierdziowej (tab. 3).

Tab. 2. Woda i elektrolity w mięśniu serca a czas od zgonu i wiek zmarłych
Correlation between water and electrolytes of the heart muscle, and interval from death to testing and the age of the deceased

		(H ₂ O) m	(Cl) m	(Na) m	(K) m	(Mg) m	(K) i	(Mg) i
Korelacja z czasem od zgonu	Współczynnik korelacji	-0,358	-0,160	-0,094	+0,065	+0,178		
	Współczynnik regresji	-0,460	-0,064	-0,047	+0,036	+0,028		
Korelacja z wiekiem	Współczynnik korelacji	-0,002	+0,011	-0,083	+0,061	-0,021	-0,095	-0,055
	Współczynnik regresji	-0,004	+0,006	-0,059	+0,049	-0,005	-0,238	-0,042

Tab. 3. Zawartość wody i elektrolitów w warstwie podwsierdziowej i podnasierdziowej mięśnia serca
Content of water and electrolytes in endocardial and pericardial parts of the myocardium

		(H ₂ O) m	(Cl) m	(Na) m	(K) m	(K) i	(Mg) m	(Mg) i
Warstwa podwsierdziowa	10 przypadków	797	45,6	59,3	75,8	184	16,8	41,2
Warstwa podnasierdziowa		790	49,0	64,4	72,7	198	16,0	42,7
Znamiennosc statystyczna		znam.	znam.	znam.	znam.	—	znam.	—

Stężenie elektrolitów w osoczu krwi pobranej z serca zwłok oraz w surowicy i osoczu krwi osobników zdrowych ulegało niewielkim zmianom w czasie przechowywania krwi w probówce przez 5, 26 i 48 godzin. W osoczu krwi zawartej w sercu zwłok stwierdza się już w czasie pierwszych 2 dni po zgonie wybitny wzrost stężenia potasu, wyraźny, lecz mniejszy wzrost stężenia magnezu oraz spadek stężenia sodu i chlorków w porównaniu ze średnimi prawidłowymi wartościami tych elektrolitów w osoczu osobników zdrowych (tab. 4, ryc. 2 i 3).

Tab. 4. Wpływ czasu na elektrolity surowicy i osocza krwi pozostającej w różnych warunkach
 Influence of time upon electrolyte contents in the plasma and serum kept under various conditions

Czas w godz.	Potas				Magnez				Sód				Chlorki			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
	0	18,1	4,8	4,8	4,8	3,02	1,80	1,83	1,83	124	135	135	135	93,1	104	104
5		5,0	5,0	5,0		1,85	1,86	1,86		135	135	135		104	104	104
26	23,8	19,4	6,2	5,8	3,21	1,96	1,91	1,91	124	124	135	135	87,6	91,7	102	103
48		7,6	7,0	7,0		2,10	2,02	2,02		135	135	135		100	100	101
wzrost (+) lub spadek (—) w mEq/l godz.	+7,2	+0,5	+0,54	+0,46	+0,54	+0,06	+0,04	+0,04	+5,4	0	0	0	-6,7	-0,54	-0,88	-0,62

A — Krew z serca zwłok. Średnia wartość w średnim czasie 26 godz. po zgonie.

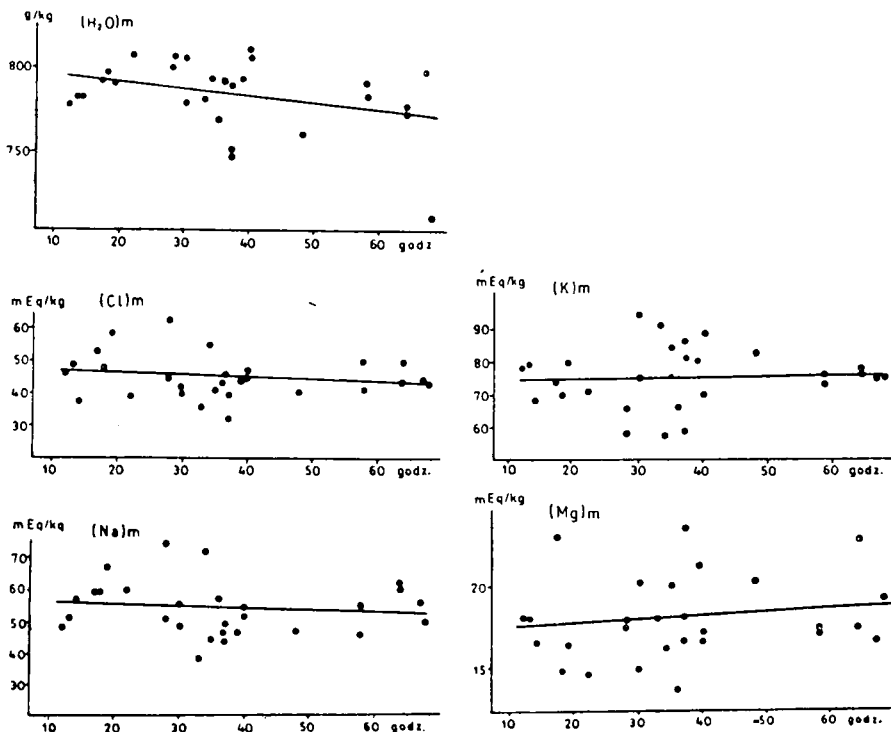
B — Krew z serca zwłok przechowywana w probówce — czas liczony od pobrania.

C — Skrzepla krwi przechowywana w probówce.

D — Heparynizowana krew przechowywana w probówce.

OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

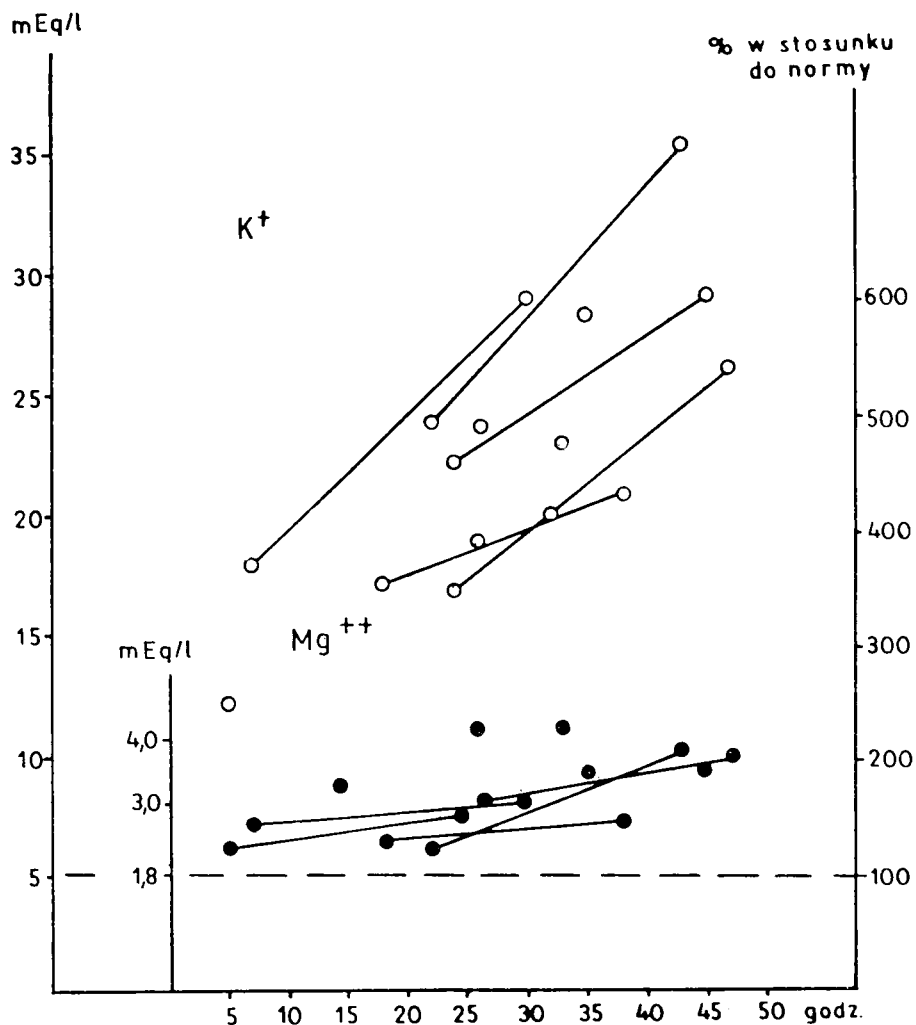
Na podstawie naszych badań można stwierdzić, że jest małe prawdopodobieństwo, aby rodzaj schorzenia powodującego nagły zgon oraz wiek zmarłych osób dorosłych miały wpływ na zawartość wody i elektrolitów w mięśniu serca. Nasze badania nad zmianami w stężeniu elektrolitów w osoczu krwi pozostającej w różnych warunkach wykazały, że między surowicą a mięśniem serca zachodzi od pierwszych godzin po zgonie dość



Ryc. 1. Wykresy rozrzutu zawartości wody i stężeń elektrolitów w mięśniu serca w odniesieniu do czasu, jaki upłynął od zgonu

Diagram of scatterings of electrolyte concentrations in the heart muscle in relation to interval from death to testing

szybki proces wyrównywania stężeń elektrolitów. Towarzyszy mu podobny proces wymiany elektrolitów między surowicą a krwinkami czerwonymi, jednak nasilenie tego ostatniego jest wielokrotnie mniejsze. Szybkość przechodzenia poszczególnych jonów przez błony komórkowe po zgonie nie jest jednakowa. Procentowy wzrost stężenia potasu w osoczu krwi po zgonie jest w porównaniu ze wzrostem stężenia magnezu zbyt duży, by można go było tłumaczyć samą tylko większą różnicą stężeń

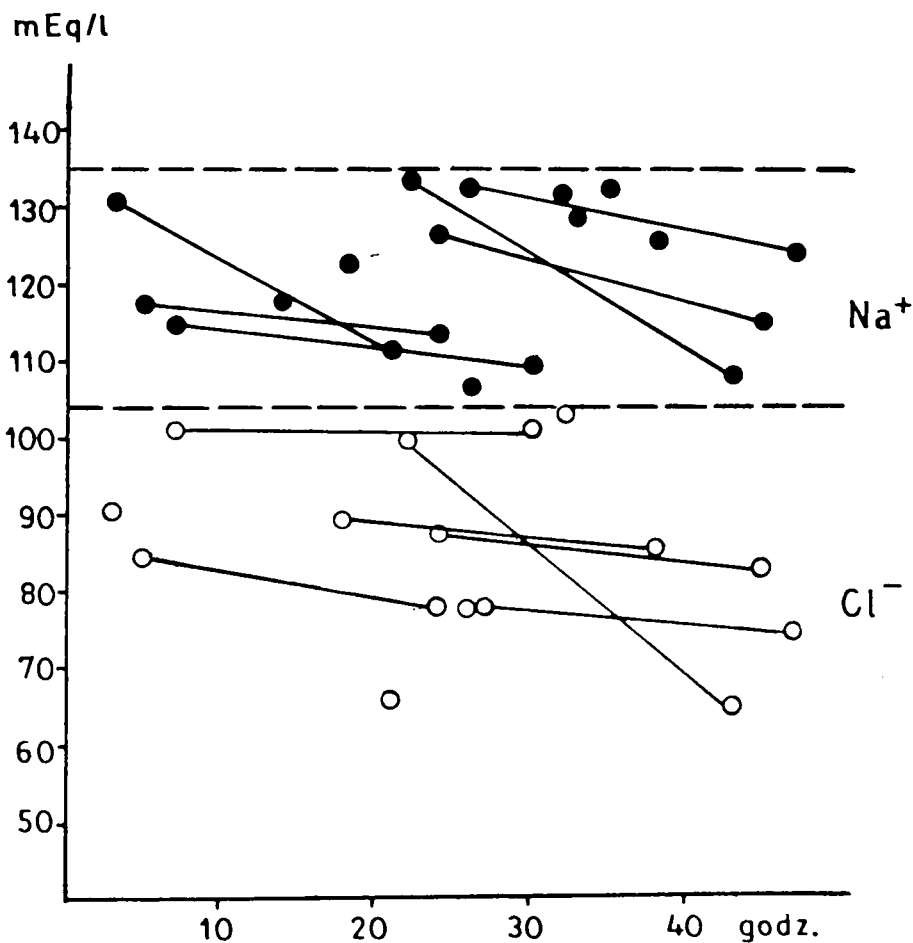


Ryc. 2. Zależność stężenia potasu i magnezu w osoczu krwi z serca od czasu, jaki upłynął od zgonu

Relationship between concentrations of K⁺ and Mg⁺⁺ in the plasma taken from the heart of a corpse and an interval from death to testing

potasu między płynem pozakomórkowym i wewnątrzkomórkowym. Zjawisko to polega prawdopodobnie na większej „ruchliwości” jonu potasowego. Również nieco większą swobodę przechodzenia przez błony komórkowe wykazywał jon chlorkowy w porównaniu z jonem sodowym. Nasze spostrzeżenia są zgodne z wynikami badań innych autorów nad zdolnością przenikania jonów przez błony komórkowe mięśni *in vitro* (1, 2, 5).

Wyraźna przewaga masy mięśnia serca nad objętością osocza krwi zawartej w sercu sprawia, że proces wyrównywania stężeń elektrolitów wpływa w znacznie mniejszym stopniu na elektrolity serca niż osocza. Ze względu na różną wielkość serca zmarłych i różną objętość krwi w sercu, trudno jest dokładnie ocenić spodziewany stopień zmian elektrolitowych w mięśniu serca, ale można sądzić, że wzrost Cl^- i Na^+ oraz spadek K^+ i Mg^{++} w pierwszych 3 dniach po zgonie nie powinien przekraczać kilku procent.



Ryc. 3. Zależność stężenia sodu i chlorków w osoczu krwi z serca od czasu, jaki upłynął od zgonu

Relationship between concentrations of Na^+ and Cl^- in the plasma drawn from the heart of a corpse and an interval from death to testing

Stwierdzone przez nas różnice w zawartości elektrolitów w warstwie podwsierdziowej i podnasionerzowej mięśnia serca nie mogły powstać na skutek różnic w nasileniu wymiany elektrolitów w tych warstwach mięśnia. Intensywniejsza wymiana elektrolitów w głębszych warstwach mięśnia winna doprowadzić do przewagi w stężeniu elektrolitów pozakomórkowych w warstwie podwsierdziowej nad podnasionerzową. Wiadomo, że skład elektrolitowy mięśnia serca nie jest ściśle jednakowy we wszystkich ścianach mięśnia, prawdopodobnie na skutek różnic w budowie histologicznej mięśnia (3). Tak więc przyczyną zaobserwowanych przez nas różnic może być odmienna budowa obu warstw mięśnia.

Stały proces wymiany elektrolitów między mięśniem serca a osoczem krwi po zgonie znacznie zmniejsza wartość badań prowadzonych dla oceny zaburzeń elektrolitowych, powstałych przed zgonem. Badania postmortalne pozostają jednak nadal jedynym praktycznie dostępnym źródłem informacji o elektrolitach w mięśniu serca. Pobranie wycinka możliwie jak najszybciej po zgonie pozwala na zmniejszenie błędu powstałego na skutek wymiany elektrolitów między mięśniem a osoczem.

Wyraźnym zmianom w czasie ulega stężenie elektrolitów w osoczu krwi zawartej w sercu zwłok. Stężenie potasu wzrasta szczególnie szybko i równomiernie. Wydaje się, że oznaczanie stężenia potasu w osoczu krwi pobranej z serca zwłok może służyć jako badanie uzupełniające dla określenia czasu zgonu do celów sądowo-lekarskich.

WNIOSKI

1. Zawartość wody i stężenie elektrolitów w wycinkach z mięśnia serca osób zmarłych nagle nie zależy od przyczyny wywołującej nagły zgon.

2. Stężenie elektrolitów w mięśniu serca jest różne u dzieci i u dorosłych, a nie wykazuje wyraźnej zależności od wieku osobników dorosłych.

3. W warstwie podnasionerzowej mięśnia serca w porównaniu z warstwą podwsierdziową stwierdza się wyższą zawartość wody, sodu i chlorków a niższą potasu i magnezu.

4. W pierwszych dwóch dniach po zgonie obserwuje się wzrost stężenia potasu i magnezu oraz spadek stężenia sodu i chlorków w osoczu krwi zawartej w sercu.

5. Woda i elektrolity w mięśniu serca ulegają niewielkim zmianom ilościowym w czasie pierwszych 3 dni po zgonie, co zmniejsza wartość badań wycinków z mięśnia serca pobranych po zgonie dla oceny zaburzeń elektrolitowych powstałych przed zgonem.

PIŚMIENNICTWO

1. Clarke H. T., Nachmansohn D.: Ion Transport across Membranes. New York 1954, ss. 3—22.
2. Hoffman W. S.: The Biochemistry of Clinical Medicine. Chicago 1960.
3. Jansen H. H., Stappenbeck L.: Klin. Wschr., **40**, 470—471, 1962.
4. Malmstadt H. V., Hadjiioannou T. P.: Clin. Chem. **5**, 50—56, 1959.
5. Murphy Q. R.: Metabolic Aspects of Transport across Cell Membranes. Madison 1957, ss. 23—38, 73—114, 155—126.
6. Schales O., Schales S. S.: J. Biol. Chem., **140**, 879—884, 1941.
7. Szczepański L., Berbeć H., Janicka L., Wiśniewska M.: Ann. Univ. Mariae Curie-Skłodowska, Lublin, Sec. D **20**, 83—92, 1965.

Pracę otrzymano 22 II 1965.

РЕЗЮМЕ

Исследовано содержание H_2O , Cl^- , Na^+ , Mg^{++} , K^+ и Ca^{++} в отрезках мышцы сердца, взятых после смерти. В плазме крови, извлеченной из сердца трупа обозначена концентрация Cl^- , Na^+ , Mg^{++} и K^+ . Установлено, что род заболевания как причина скорострительной смерти и возраст людей не имеют решающего влияния на концентрацию электролитов в мышцах сердца. Концентрация электролитов плазмы крови в сердце подвергается после смерти довольно быстрым изменениям. Вода и электролиты в сердечной мышце подвергаются небольшим изменениям в течение первых трех дней после смерти.

Рис. 1. Диаграмма дисперсии содержания воды и электролитов в сердечной мышце в зависимости от срока с момента наступления смерти.

Рис. 2. Зависимость концентрации K^+ и Mg^{++} в плазме крови сердца от времени истекшего после смерти.

Рис. 3. Зависимость концентрации Na^+ и Cl^- в плазме крови сердца от срока с момента смерти.

Табл. 1. Средние количества воды и электролитов в мышце сердца составленные на основании причин смерти.

Табл. 2. Вода и электролиты в мышце сердца в сопоставлении с временем истекшим от смерти и возрастом умерших.

Табл. 3. Содержание воды и электролитов в подэндокардном и подэпикардном слоях мышцы сердца.

Табл. 4. Влияние времени на электролиты сыворотки и плазмы крови при разных условиях.

S U M M A R Y

Contents of H_2O , Cl^- , Na^+ , K^+ , Mg^{++} and Ca^{++} of the heart muscle of deceased persons were estimated. Concentration of Cl^- , Na^+ , Mg^{++} and K^+ present in the plasma of the heart of the deceased was also determined. It was found that the kind of disease which caused sudden death and the age of the adults had no significant effect on the content of electrolytes in the heart muscle. The concentration of the plasma in the heart quickly changed after death. The level of the electrolytes in the heart muscles changed slightly during the first three days after death.