

AAB, Arkadiusz, ZARAŃSKA, Julia, KĘDRA, Kamila, MICHALIK, Izabela, BIELAK, Maciej and ZARAŃSKI, Bartosz. Analysis of the relationship between serum sodium concentration and laboratory parameters in diabetic patients. *Journal of Education, Health and Sport*. 2023;42(1):87-104. eISSN 2391-8306. DOI <http://dx.doi.org/10.12775/JEHS.2023.42.01.008>
<https://apcz.umk.pl/JEHS/article/view/44361>
<https://zenodo.org/record/8104260>

The journal has had 40 points in Ministry of Education and Science of Poland parametric evaluation. Annex to the announcement of the Minister of Education and Science of December 21, 2021. No. 32343. Has a Journal's Unique Identifier: 201159. Scientific disciplines assigned: Physical Culture Sciences (Field of Medical sciences and health sciences); Health Sciences (Field of Medical Sciences and Health Sciences). Punkty Ministerialne z 2019 - aktualny rok 40 punktów. Załącznik do komunikatu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 21 grudnia 2021 r. Lp. 32343. Posiada Unikatowy Identyfikator Czasopisma: 201159. Przynależność dyscypliny naukowej: Nauki o kulturze fizycznej (Dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu); Nauki o zdrowiu (Dziedzina nauk medycznych i nauk o zdrowiu).
© The Authors 2023;
This article is published with open access at Licensee Open Journal Systems of Nicolaus Copernicus University in Torun, Poland
Open Access. This article is distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Noncommercial License which permits any noncommercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author (s) and source are credited. This is an open access article licensed under the terms of the Creative Commons Attribution Non commercial license Share alike. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>) which permits unrestricted, non commercial use, distribution and reproduction in any medium, provided the work is properly cited.
The authors declare that there is no conflict of interests regarding the publication of this paper.
Received: 03.06.2023. Revised: 30.06.2023. Accepted: 01.07.2023. Published: 04.07.2023.

Analysis of the relationship between serum sodium concentration and laboratory parameters in diabetic patients

Analiza związku między stężeniem sodu w surowicy a wybranymi parametrami laboratoryjnymi u pacjentów z cukrzycą

Arkadiusz Aab

Clinical Regional Hospital No. 2 of St. Jadwiga The Queen in Rzeszów, ul. Lwowska 60, 35-301–Rzeszów

ORCID 0009-0002-3329-2620

<https://orcid.org/0009-0002-3329-2620>

arcziaab@gmail.com

Julia Zarańska

City Hospital of John Paul II in Rzeszów, ul. Rycerska 4, 35-241–Rzeszów

ORCID 0009-0004-4080-0472

<https://orcid.org/0009-0004-4080-0472>

zaranskaj@gmail.com

Kamila Kędra

Medical Center in Łańcut Sp. z o. o. - Hospital of St. Michael the Archangel, ul. Ignacego Paderewskiego 5, 37-100 Łańcut

ORCID 0000-0002-3072-4697

<https://orcid.org/0000-0002-3072-4697>

kedra.kamilaa@gmail.com

Izabela Michalik

Medical Center in Łańcut Sp. z o. o. - Hospital of St. Michael the Archangel, ul. Ignacego Paderewskiego 5, 37-100 Łańcut

ORCID 0009-0002-6238-1729

<https://orcid.org/0009-0002-6238-1729>

izkam20@gmail.com

Maciej Bielak

Medical Center in Łańcut Sp. z o. o. - Hospital of St. Michael the Archangel, ul. Ignacego Paderewskiego 5, 37-100 Łańcut

ORCID 0009-0005-4150-1869

<https://orcid.org/0009-0005-4150-1869>

bielakmj@gmail.com

Bartosz Zarański

College of Medical Sciences of University of Rzeszów, al. Rejtana 16c, 35-959 Rzeszów

ORCID 0009-0002-5952-694X

<https://orcid.org/0009-0002-5952-694X>

zarbar7823@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: Diabetes is a chronic civilization disease that is associated with numerous complications and disturbances in laboratory parameters. One of the observed changes in laboratory studies of individuals suffering from diabetes is a significantly low level of sodium.

Aim of study: The aim of study was to compare natremia with selected blood parameters determined on admission to hospital, and then to find correlation, if any, between those parameters.

Materials and methods: We retrospectively reviewed the medical records of 169 patients with diagnosed type 2 diabetes and the average age of 72.43 ± 11.62 years. We tested the correlation between natremia and: total, LDL and HDL cholesterol; creatinine; potassium; calcium; $eGFR_{CKD-EPI}$ and alanine aminotransferase levels in the patients. Statistical analysis was run on STATISTICA 13. The nonparametric Mann-Whitney, Spearman's' rank correlation and the Shapiro-Wilk tests were used to analyse factors affecting laboratory test results for the patients, perform correlation analyses and check the conformity with normal distribution, respectively.

Research results: A positive correlation was revealed between LDL level and natremia ($p = 0.023$), as well as between natremia and chloride ion concentration ($p < 0.001$) in the patients' blood. No correlation was found between natremia and sex, age, $eGFR_{CKD-EPI}$, alanine aminotransferase, HDL cholesterol, triglycerides, creatinine, as well as calcium and potassium concentrations.

Conclusions: Statistically significant correlations were found exclusively between LDL level and natremia, and between chloride and sodium concentrations. High LDL level was correlated with high natremia, which requires further research due to the scant literature. The sodium, potassium and chloride concentrations are known to be interconnected by the need to

ensure the electrolyte balance, as seen in the Gamble diagram. The remaining parameters were not statistically significant.

Key words: diabetes mellitus, hyponatremia, LDL, cardiovascular risk

ABSTRAKT

Wprowadzenie: Cukrzyca to przewlekła choroba cywilizacyjna, która wiąże się z licznymi powikłaniami i zaburzeniami parametrów laboratoryjnych. Jedną z obserwowanych zmian u osób cierpiących na cukrzycę jest istotnie niski poziom sodu.

Cel badania: Celem badania było porównanie natremii z wybranymi parametrami krwi oznaczonymi przy przyjęciu do szpitala oraz znalezienie ewentualnej korelacji między tymi parametrami.

Materiały i metody: Retrospektywnie przeanalizowano dokumentację medyczną 169 pacjentów ze zdiagnozowaną cukrzycą typu 2 i średnim wiekiem $72,43 \pm 11,62$ lat. Przetestowano korelację między natremią a: całkowitym cholesterolem, LDL i HDL, kreatyniną, potasem, wapniem, eGFRCKD-EPI oraz poziomem alaninowej aminotransferazy. Analiza statystyczna została przeprowadzona za pomocą programu STATISTICA 13. Do analizy czynników wpływających na wyniki badań laboratoryjnych u pacjentów, przeprowadzenia analizy korelacji oraz sprawdzenia zgodności z rozkładem normalnym, zastosowano nieparametryczne testy rangowe Manna-Whitneya, korelacji rangowej Spearmana oraz test Shapiro-Wilka.

Wyniki badań: Wykazano dodatnią korelację między poziomem LDL a natremią ($p = 0,023$), a także między natremią a stężeniem jonów chlorkowych ($p < 0,001$) we krwi pacjentów. Nie stwierdzono korelacji między natremią a płcią, wiekiem, eGFRCKD-EPI, alaninową aminotransferazą, HDL cholesterolem, triglicydami, kreatyniną oraz stężeniami wapnia i potasu.

Wnioski: Wykazano statystycznie istotne korelacje wyłącznie między poziomem LDL a natremią oraz między stężeniem chlorków a sodem. Wysoki poziom LDL korelował z wysoką natremią, co wymaga dalszych badań ze względu na niewielką liczbę dostępnej literatury. Znane jest powiązanie stężeń sodu, potasu i chlorku w celu zapewnienia równowagi elektrolitowej, co można zaobserwować na diagramie Gamble'a. Pozostałe parametry nie wykazywały istotności statystycznej.

Słowa kluczowe: cukrzyca, hiponatremia, LDL, ryzyko sercowo-naczyniowe

WPROWADZENIE

Cukrzyca przez wielu naukowców bywa nazywana epidemią XXI wieku. Jest to choroba metaboliczna która należy do najczęstszych i najszybciej rozwijających się schorzeń. Z uwagi na liczne negatywne następstwa i powikłania należy dokładnie przyjrzeć się zmianom poszczególnych parametrów laboratoryjnych u pacjentów i zastanowić się nad konsekwencjami które mogą ze sobą nieść te zmiany.

Jedną ze zmian obserwowanych w badaniach laboratoryjnych u osób cierpiących na cukrzycę jest zbyt niski poziom sodu. Hiponatremia definiowana jest jako stężenie sodu w surowicy <135 mEq/l. Jest to najczęstsze zaburzenie elektrolitowe u hospitalizowanych pacjentów [1]. Stanowi dla klinicystów wyzwanie diagnostyczne i terapeutyczne. W zdecydowanej większości pacjent z hiponatremią to taki pacjent, który cierpi na konkretną chorobę podstawową, a ta z kolei może być powikłaną hiponatremią. Częste przyczyny tego stanu to hipowolemia, zespół nieadekwatnego wydzielania wazopresyny (SIADH), stosowanie diuretyków, polidypsja, niewydolność serca, zaburzenia czynności wątroby, zaburzenia metaboliczne [2]. Hiponatremię możemy podzielić na 2 główne grupy: niehipotoniczną zwykle spowodowaną hiperglikemią, a rzadziej traktowaną jako pseudohiponatremię lub artefakt laboratoryjny oraz hipotoniczną. Ta ostatnia może być z kolei podzielona na hipowolemiczną, euwolemiczną oraz hiperwolemiczną [3,4]. Jeżeli chodzi o diagnostykę hiponatremii to według europejskich wytycznych lekarze powinni się opierać na algorytmie biorącym pod uwagę osmolalność moczu oraz stężenie sodu w moczu. Parametry te mają priorytet nad oceną objętości [5].

W diagnozowaniu oraz terapii hiponatremii jawi się niezmiernie wymagająca precyzja z uwagi na wysoką zmienność kliniczną tego stanu oraz konieczność uwzględnienia różnorodnych czynników, które mogą wpływać na skomplikowaną równowagę elektrolitową organizmu. Bezwzględne wyzwanie stanowi właściwa diagnostyka i leczenie hiponatremii, wymagające niezwyklej biegłości w identyfikacji podstawowych przyczyn tej patologii, szczegółowego rozpoznania obecności ukrytych chorób i oceny skomplikowanego mechanizmu regulacji sodowej w celu osiągnięcia optymalnej stabilizacji stanu elektrolitowego.

OBECNY STAN WIEDZY

Pacjenci cierpiący na cukrzycę dość często doświadczają hiponatremii. To zaburzenie elektrolitowe jest niezależnym czynnikiem ryzyka cukrzycy. Zbyt niski poziom sodu zewnątrzkomórkowego powoduje niekorzystne skutki w funkcjonowaniu komórek

nerwowych takie jak utrata pobudzających neuroprzekaźników lub opóźnienia w transmisji potencjału czynnościowego neuronów ruchowych. Ponieważ nawet niewielkie zmiany w ilości sodu w osoczu krwi mogą prowadzić do śmiertelnych skutków, istnieje możliwość znacznego poprawienia skuteczności leczenia pacjentów poprzez monitorowanie poziomu elektrolitów i, w razie konieczności, zaprzestanie przyjmowania leków, które mogą wywoływać niekorzystne efekty [6,7]. Hiponatremia przy przyjęciu do szpitala wiąże się ze zwiększoną śmiertelnością wewnątrzszpitalną. Ponadto koreluje ze zwiększonym ryzykiem przyjęcia na oddział intensywnej terapii i prawdopodobieństwem wentylacji mechanicznej, dłuższym pobytem w szpitalu, a co za tym idzie wyższymi kosztami pobytu w szpitalu [8, 9].

Nadmierny poziom glukozy we krwi, utrzymujący się przez dłuższy czas, skutkuje wzrostem stężenia zaawansowanych produktów końcowych glikacji (AGEs). Te substancje mają bezpośredni wpływ na komórki, wywołując procesy zapalne oraz zwiększając stres oksydacyjny [10]. U pacjentów z cukrzycą często obserwuje się podwyższone stężenie lipidów we krwi (cholesterolu, trójglicerydów) co zwiększa ryzyko sercowo – naczyniowe. Podobne mechanizmy patofizjologiczne leżą u podstaw cukrzycy oraz miażdżycy tętnic jednak ich dokładne poznanie nadal pozostaje wyzwaniem dla badaczy [11]. Cukrzycowa choroba nerek (DKD) często manifestuje się trwałą obecnością albuminy w moczu, wzrostem stężenia kreatyniny we krwi i postępującym spadkiem szacowanej filtracji kłębuszkowej (eGFR). W miarę upływu czasu postępująca DKD prowadzi do zwiększonego ryzyka wystąpienia incydentów sercowo-naczyniowych i mózgowo-naczyniowych, a także zwiększonej zachorowalności i śmiertelności związanej z funkcjonowaniem nerek [12].

CEL PRACY

Celem pracy było porównanie stężenia jonów sodu w surowicy z wybranymi parametrami krwi oznaczonymi przy przyjęciu do szpitala u pacjentów z cukrzycą, a następnie znalezienie między nimi ewentualnych korelacji.

MATERIAŁ BADANY

Badanie obejmowało retrospektywną analizę pod kątem wybranych parametrów laboratoryjnych 169 pacjentów chorujących na cukrzycę z obecną hiponatremią, hospitalizowanych pierwotnie w SOR, a następnie (w zależności od schorzeń towarzyszących) na oddziale neurologii lub oddziale chorób wewnętrznych. Średnia wieku badanej populacji wynosiła $72,43 \pm 11,62$ lat.

Sprawdzano korelację pomiędzy poziomem sodu w surowicy (sNa) a: cholesterolem całkowitym, LDL i HDL; kreatyniną; potasem (K); wapniem (Ca); eGFR CKD-EPI i poziomem aminotransferazy alaninowej (ALT) u pacjentów w grupie badanej.

METODY ANALIZY STATYSTYCZNEJ

Porównania statystyczne zostały przeprowadzone w oprogramowaniu Statistica 13 stosując wszystkie zasady analiz statystycznych. Wyniki dla utworzonej kategorii poziomu zaburzeń posiadały charakter skali porządkowej. Rezultaty przedstawiono przy zastosowaniu metod statystyki opisowej gdzie wyniki scharakteryzowano jako wartości minimalne i maksymalne (min. i maks.) wartości kwartyli (Q1, Me, Q3) oraz średniej (\bar{x}) i odchylenia standardowego (SD). Do określenia zgodności z rozkładem normalnym zastosowano test Shapiro-Wilka.

Wyniki jakościowe, przedstawiono w tabelach lub wykresach jako procentową część grupy.

Badanie statystyczne czynników mających wpływ na poziom schorzenia wykonano za pomocą nieparametrycznego testu Manna-Whitneya – dla grup niezależnych. Analizy korelacji zostały przeprowadzone przy wykorzystaniu testu korelacji rang Spearmana. Interpretacja stopnia związku analizowanych wyników dla analiz korelacji przedstawiono w tabeli 1. Interpretacja wyników jako istotnych statystycznie występowała przy $p < 0,05$.

Tab. 1. Określenie współczynnika korelacji w stosunku do siły związku

Współczynnik korelacji R	Siła związku korelacyjnego
0.0 - 0.3	brak
0.3 - 0.4	słaba
0.4 - 0.7	średnia
0.7 - 0.9	silna
0.9 - 1.0	bardzo silna

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

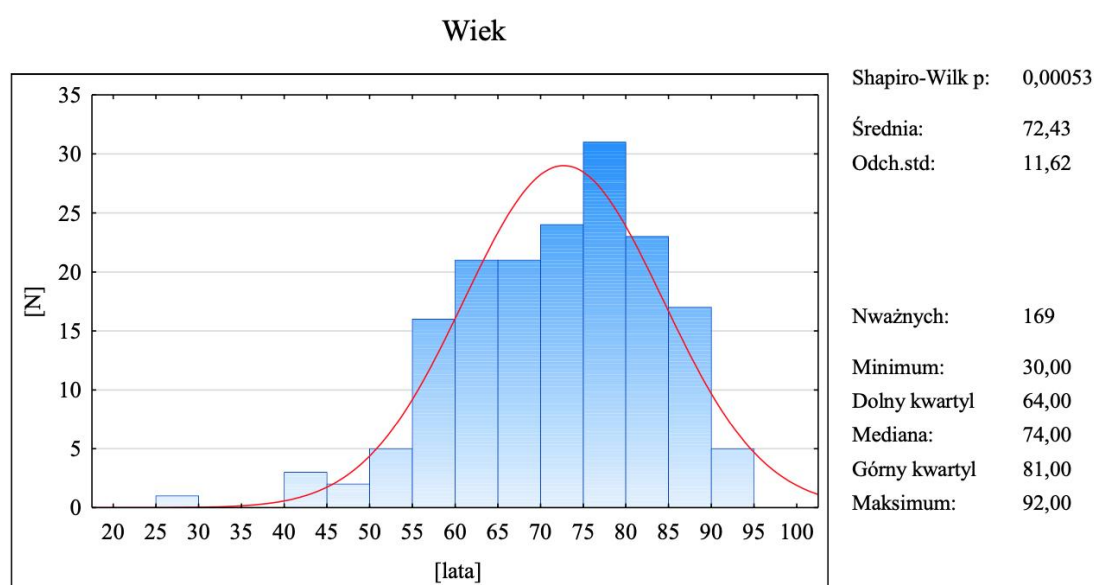
CHARAKTERYSTYKA BADANEJ POPULACJI

Parametry socjodemograficzne

Badaną populację tworzyło 169 pacjentów chorujących na cukrzycę. W jej skład wchodziło 77 (45,56%) mężczyzn oraz 92 (54,44%) kobiety w wieku między 30 a 92 lata.

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że średnia wartość dla wieku osób z badanej grupy wynosiła $72,43 \pm 11,62$ lata. Wartość mediany była zbliżona do wyznaczonej wartości średniej dla tego parametru i wynosiła 74 lata. Najliczniejszą grupę w badanej populacji stanowiły osoby w wieku między 75 a 80 lat.

Rozkład wieku pacjentów z badanej grupy zobrazowano na ryc. 1.



Ryc. 1. Rozkład wieku wśród pacjentów zakwalifikowanych do grupy badanej

Parametry biochemiczne

W poniższym fragmencie prezentujemy wyniki wybranych parametrów biochemicznych ocenionych u pacjentów włączonych do badanej populacji. Dla poszczególnych oznaczeń zaprezentowano wartości uśrednione oraz wyznaczone wartości median oraz kwartyli (dolnego i górnego). Dokonano także weryfikacji, czy rozkład pomiarów dokonanych dla danego parametru w badanej grupie jest zgodny z rozkładem normalnym, wykorzystując w tym celu test statystyczny Shapiro-Wilka.

Sód

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że rozkład wartości dokonanych pomiarów stężeń jonów sodu we krwi wśród osób z badanej grupy jest różny od rozkładu normalnego ($p < 0,001$).

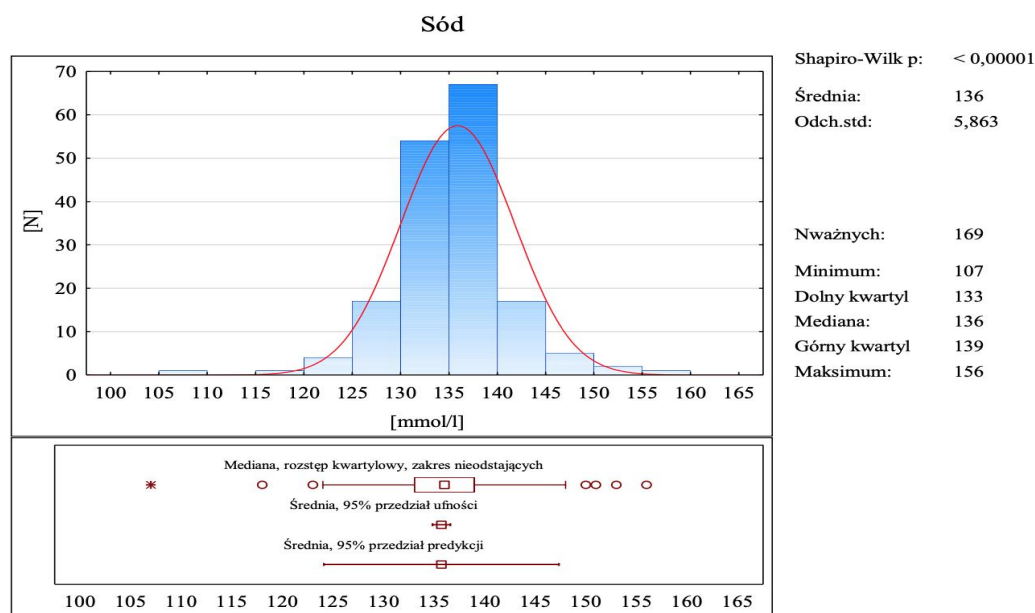
Przeciętne stężenie jonów sodu we krwi dla badanej populacji wynosiło $135,71 \pm 5,86$ mmol/l. Mediana dla tego parametru była na zbliżonym poziomie i wynosiła 136 mmol/l. Wśród dokonanych pomiarów, najniższa odnotowana wartość wynosiła 107 mmol/l, zaś najwyższa 156 mmol/l. Najliczniejszą grupę pacjentów w badanej populacji stanowiły osoby u których stężenie jonów sodu we krwi mieściło się w przedziale między 135 mmol/l a 140 mmol/l.

Powyższe informacje oraz szczegóły dotyczące przeprowadzonej analizy statystycznej i dystrybucji wartości dokonanych pomiarów zebrano w tabeli 2. oraz przedstawiono na ryc. 2.

Tab. 2 Ocena stężenia jonów sodu wśród pacjentów z badanej populacji

Parametr	\bar{x}	SD	Min	Q1	Me	Q3	Maks	Wynik testu	Wartość p
Sód [mmol/l]	135,71	5,86	107	133	136	139	156	0,938	<0,001

Analiza wykonana testem: Shapiro-Wilka



Ryc. 2. Dystrybucja wartości pomiarów stężenia jonów sodu we krwi pacjentów z badanej populacji

Kreatynina (przy przyjęciu i wypisie pacjenta)

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że rozkład wartości dokonanych pomiarów dla poziomu kreatyniny we krwi oznaczanego zarówno przy przyjęciu pacjenta jak i przy jego wypisie jest różny od rozkładu normalnego ($p < 0,001$).

Przeciętny poziom kreatyniny we krwi dla badanej populacji przy przyjęciu wynosił $1,62 \pm 1,40$. Z kolei mediana dla tego parametru kształtowała się na poziomie 1,11. Wśród dokonanych pomiarów, najniższa odnotowana wartość wynosiła 0,32, zaś najwyższa 8,8.

Przy wypisie wartości odnotowywanych pomiarów były niższe. Przeciętny poziom kreatyniny we krwi dla badanej populacji przy wypisie pacjenta wynosił $1,24 \pm 1,25$. Z kolei mediana dla tego parametru kształtowała się na poziomie 0,90. Wśród dokonanych pomiarów, najniższa odnotowana wartość wynosiła 0,35, zaś najwyższa 10,00. Powyższe informacje oraz szczegóły dotyczące przeprowadzonej analizy statystycznej zebrano w tabeli 3.

Tab. 3 Ocena poziomu kreatyniny dokonana przy przyjęciu i wypisie pacjentów

Parametr	\bar{x}	SD	Min	Q1	Me	Q3	Maks	Wynik testu	Wartość p
Kreatynina (przyjęcie)	1,62	1,40	0,32	0,84	1,11	1,81	8,80	0,683	<0,001
Kreatynina (wypis)	1,24	1,25	0,35	0,73	0,90	1,30	10,00	0,479	<0,001

Analiza wykonana testem: Shapiro-Wilka

eGFR CKD-EPI (przy przyjęciu i wypisie pacjenta)

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że rozkład wartości pomiarów dla poziomu eGFR CKD-EPI wykonanych zarówno przy przyjęciu pacjenta jak i przy jego wypisie jest różny od rozkładu normalnego ($p < 0,05$).

Przeciętny poziom eGFR CKD-EPI dla badanej populacji przy przyjęciu wynosił $55,96 \pm 30,04$. Z kolei mediana dla tego parametru kształtowała się na poziomie 55. Wśród dokonanych pomiarów, najniższa odnotowana wartość wynosiła 4, zaś najwyższa 126.

Przy wypisie wartości odnotowywanych pomiarów były wyższe. Przeciętny poziom eGFR CKD-EPI dla badanej populacji przy wypisie pacjenta wynosił $67,67 \pm 27,97$. Z kolei mediana dla tego parametru kształtowała się na poziomie 73. Wśród dokonanych pomiarów, najniższa odnotowana wartość wynosiła 3, zaś najwyższa 155.

Powyższe informacje oraz szczegóły dotyczące przeprowadzonej analizy statystycznej zebrano w tabeli 4.

Tab. 4 Ocena poziomu eGFR CKD-EPI dokonana przy przyjęciu i wypisie pacjentów

Parametr	\bar{x}	SD	Min	Q1	Me	Q3	Maks	Wynik testu	Wartość p
eGFR CKD-EPI (przyjęcie)	55,96	30,04	4	33	55	82	126	0,970	0,001
eGFR CKD-EPI (wypis)	67,67	27,97	3	48	73	90	155	0,977	0,006

Analiza wykonana testem: Shapiro-Wilka

Mocznik

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że rozkład wartości dla dokonanych pomiarów poziomu mocznika we krwi wśród osób z badanej grupy jest różny od rozkładu normalnego ($p < 0,001$).

Przeciętny poziom mocznika we krwi dla badanej populacji wynosił $74,78 \pm 56,57$. Mediana dla tego parametru kształtowała się na poziomie 55. Wśród dokonanych pomiarów, najniższa odnotowana wartość wynosiła 11, zaś najwyższa 429.

Powyższe informacje oraz szczegóły dotyczące przeprowadzonej analizy statystycznej zebrano w tabeli 5.

Tab. 5 Ocena poziomu mocznika wśród pacjentów z badanej populacji

Parametr	\bar{x}	SD	Min	Q1	Me	Q3	Maks	Wynik testu	Wartość p
Mocznik	74,78	56,57	11	39	55	95	429	0,758	<0,001

Analiza wykonana testem: Shapiro-Wilka

Cholesterol całkowity

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że rozkład wartości dla dokonanych pomiarów poziomu cholesterolu całkowitego we krwi wśród osób z badanej grupy jest różny od rozkładu normalnego ($p < 0,001$).

Przeciętny poziom cholesterolu całkowitego we krwi dla badanej populacji wynosił $165,46 \pm 63,16$. Mediana dla tego parametru kształtowała się na poziomie 150. Wśród dokonanych pomiarów, najniższa odnotowana wartość wynosiła 69, zaś najwyższa 437.

Powyższe informacje oraz szczegóły dotyczące przeprowadzonej analizy statystycznej zebrano w tabeli 6.

Tab. 6 Ocena poziomu cholesterolu całkowitego wśród pacjentów z badanej populacji

Parametr	\bar{x}	SD	Min	Q1	Me	Q3	Maks	Wynik testu	Wartość p
Cholesterol całkowity	165,46	63,16	69	118	150	200	437	0,912	<0,001

Analiza wykonana testem: Shapiro-Wilka

Cholesterol HDL (ang. high density lipoprotein)

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że rozkład wartości dla dokonanych pomiarów poziomu cholesterolu HDL we krwi wśród osób z badanej grupy jest różny od rozkładu normalnego ($p < 0,001$).

Przeciętny poziom cholesterolu HDL we krwi dla badanej populacji wynosił $37,59 \pm 13,09$. Mediana dla tego parametru kształtowała się na poziomie 37. Wśród dokonanych pomiarów, najniższa odnotowana wartość wynosiła 5, zaś najwyższa 105.

Powyższe informacje oraz szczegóły dotyczące przeprowadzonej analizy statystycznej zebrano w tabeli 7.

Tab. 7 Ocena poziomu cholesterolu HDL wśród pacjentów z badanej populacji

Parametr	\bar{x}	SD	Min	Q1	Me	Q3	Maks	Wynik testu	Wartość p
Cholesterol HDL	37,59	13,09	5	29	37	47	105	0,962	<0,001

Analiza wykonana testem: Shapiro-Wilka

Cholesterol LDL (ang. low density lipoprotein)

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że rozkład wartości dla dokonanych pomiarów poziomu cholesterolu LDL we krwi wśród osób z badanej grupy jest różny od rozkładu normalnego ($p < 0,001$).

Przeciętny poziom cholesterolu LDL we krwi dla badanej populacji wynosił $97,37 \pm 49,84$. Mediana dla tego parametru kształtowała się na poziomie 84. Wśród dokonanych pomiarów, najniższa odnotowana wartość wynosiła 10, zaś najwyższa 308.

Powyższe informacje oraz szczegóły dotyczące przeprowadzonej analizy statystycznej zebrano w tabeli 8.

Tab. 8 Ocena poziomu cholesterolu LDL wśród pacjentów z badanej populacji

Parametr	\bar{x}	SD	Min	Q1	Me	Q3	Maks	Wynik testu	Wartość p
Cholesterol LDL	97,37	49,84	10	64	84	124	308	0,920	<0,001

Analiza wykonana testem: Shapiro-Wilka

ALT (Aminotransferaza alaninowa)

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że rozkład wartości dla dokonanych pomiarów poziomu ALT we krwi wśród osób z badanej grupy jest różny od rozkładu normalnego ($p < 0,001$).

Przeciętny poziom ALT we krwi dla badanej populacji wynosił $41,76 \pm 85,97$. Mediana dla tego parametru kształtowała się na poziomie 23. Wśród dokonanych pomiarów, najniższa odnotowana wartość wynosiła 2, zaś najwyższa 952.

Powyższe informacje oraz szczegóły dotyczące przeprowadzonej analizy statystycznej zebrano w tabeli 9.

Tab. 9 Ocena poziomu ALT wśród pacjentów z badanej populacji

Parametr	\bar{x}	SD	Min	Q1	Me	Q3	Maks	Wynik testu	Wartość p
ALT	41,76	85,97	2	14	23	39	952	0,322	<0,001

Analiza wykonana testem: Shapiro-Wilka

Wapń

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że rozkład wartości dla dokonanych pomiarów poziomu jonów wapnia we krwi wśród osób z badanej grupy jest różny od rozkładu normalnego ($p < 0,001$).

Przeciętny poziom jonów wapnia we krwi dla badanej populacji wynosił $9,46 \pm 6,92$. Mediana dla tego parametru kształtowała się na poziomie 8,9. Wśród dokonanych pomiarów, najniższa odnotowana wartość wynosiła 2,8, zaś najwyższa 98.

Powyższe informacje oraz szczegóły dotyczące przeprowadzonej analizy statystycznej zebrano w tabeli 10.

Tab. 10 Ocena poziomu jonów wapnia wśród pacjentów z badanej populacji

Parametr	\bar{x}	SD	Min	Q1	Me	Q3	Maks	Wynik testu	Wartość p
Wapń	9,46	6,92	2,8	8,5	8,9	9,4	98	0,118	<0,001

Analiza wykonana testem: Shapiro-Wilka

Potas

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że rozkład wartości dla dokonanych pomiarów poziomu jonów potasu we krwi wśród osób z badanej grupy jest różny od rozkładu normalnego ($p < 0,001$).

Przeciętny poziom jonów potasu we krwi dla badanej populacji wynosił $4,94 \pm 4,86$. Mediana dla tego parametru kształtowała się na poziomie 4,3. Wśród dokonanych pomiarów, najniższa odnotowana wartość wynosiła 2,9, zaś najwyższa 53.

Powyższe informacje oraz szczegóły dotyczące przeprowadzonej analizy statystycznej zebrano w tabeli 11.

Tab. 11 Ocena poziomu jonów potasu wśród pacjentów z badanej populacji

Parametr	\bar{x}	SD	Min	Q1	Me	Q3	Maks	Wynik testu	Wartość p
Potas	4,94	4,86	2,9	4	4,3	4,8	53	0,176	<0,001

Analiza wykonana testem: Shapiro-Wilka

Chlorki

Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała, że rozkład wartości dla dokonanych pomiarów stężenia jonów chlorkowych we krwi wśród osób z badanej grupy jest różny od rozkładu normalnego ($p < 0,001$).

Przeciętny poziom jonów chlorkowych we krwi dla badanej populacji wynosił $104,71 \pm 42,32$. Mediana dla tego parametru kształtowała się na poziomie 100. Wśród dokonanych pomiarów, najniższa odnotowana wartość wynosiła 12, zaś najwyższa 581.

Powyższe informacje oraz szczegóły dotyczące przeprowadzonej analizy statystycznej zebrano w tabeli 12.

Tab. 12 Ocena poziomu jonów chlorkowych wśród pacjentów z badanej populacji

Parametr	\bar{x}	SD	Min	Q1	Me	Q3	Maks	Wynik testu	Wartość p
Chlorki	104,71	42,32	12	96	100	104	581	0,242	<0,001

Analiza wykonana testem: Shapiro-Wilka

Analiza statystyczna

Analiza statystyczna wykazała statystycznie istotny związek pomiędzy stężeniem jonów sodu we krwi u badanych pacjentów z cukrzycą, a poziomem oznaczonego u nich stężenia cholesterolu LDL oraz chlorków.

Cholesterol LDL

Analiza korelacji przeprowadzona dla stężenia jonów sodu we krwi pacjentów z cukrzycą oraz poziomu oznaczonego u nich cholesterolu LDL dowiodła występowania statystycznie istotnego związku pomiędzy tymi dwoma parametrami ($p=0,023$).

Obserwowana zależność wykazywała charakter wprost proporcjonalny ($R>0$). Stężenie jonów sodu we krwi pacjentów z cukrzycą rosło wraz ze wzrostem poziomu cholesterolu LDL. Informacje szczegółowe na temat przeprowadzonej analizy zamieszczono w tabeli 13. poniżej.

Związek pomiędzy stężeniem jonów sodu [mmol/l] we krwi pacjentów z cukrzycą a poziomem cholesterolu LDL

Para zmiennych Sód względem Cholesterol LDL	Liczność N	Wskaźnik korelacji R	Wynik testu t(N-2)	Wartość p
	168	0,175	2,289	0,023

Analiza przeprowadzona testem: korelacji rang Spearmana

Chlorki

Analiza korelacji przeprowadzona dla stężenia jonów sodu we krwi pacjentów z cukrzycą oraz oznaczonego u nich stężenia jonów chlorkowych dowiodła występowania statystycznie istotnego związku pomiędzy tymi dwoma parametrami ($p<0,001$).

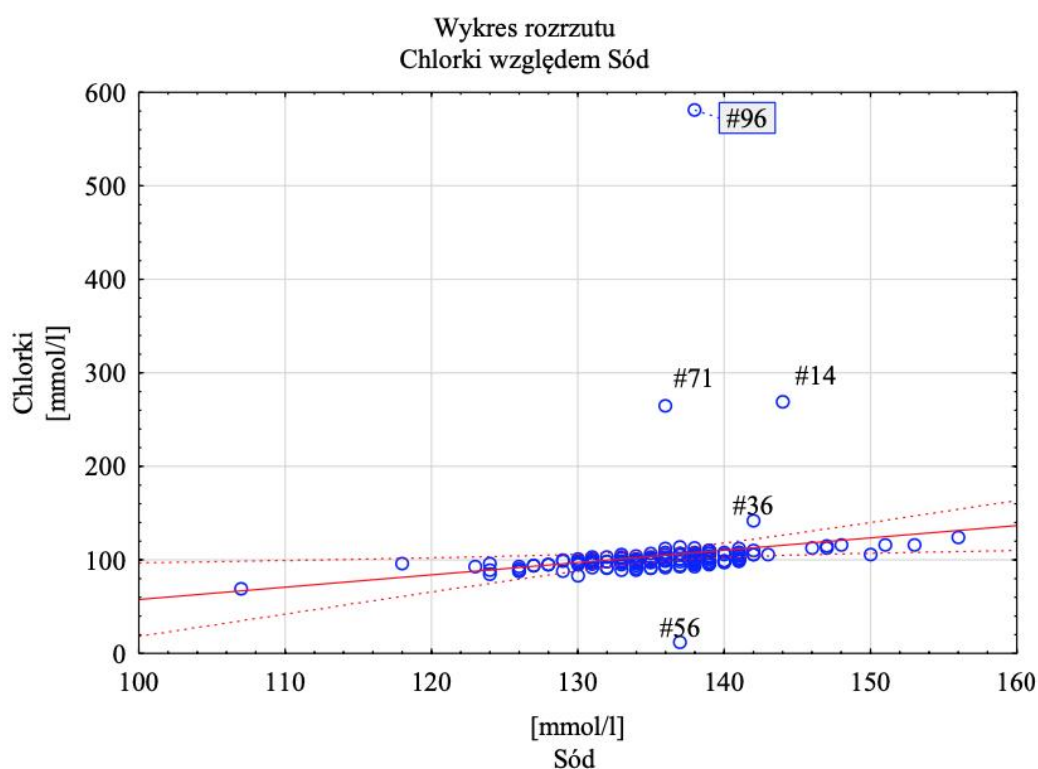
Obserwowana zależność wykazywała charakter wprost proporcjonalny ($R>0$). Stężenie jonów sodu we krwi pacjentów z cukrzycą rosło wraz ze wzrostem stężenia jonów chlorkowych.

Informacje szczegółowe na temat przeprowadzonej analizy zamieszczono w tabeli 14. poniżej. Na ryc. 3. zaprezentowano natomiast rozrzut pomiarów stężeń jonów sodu względem pomiarów stężeń jonów chlorkowych u pacjentów z cukrzycą.

Tab. 14

Para zmiennych Sód względem Chlorki	Liczność N	Wskaźnik korelacji R	Wynik testu t(N-2)	Wartość p
	169	0,616	10,103	<0,001

Analiza przeprowadzona testem: korelacji rang Spearmana



Ryc. 3. Rozrzut pomiarów stężeń jonów sodu względem pomiarów stężeń jonów chlorkowych u pacjentów z cukrzycą.

PODSUMOWANIE WYNIKÓW I DISKUSJA

Analiza wyników wykazała, że występuje statystycznie istotny związek pomiędzy stężeniem jonów sodu we krwi u badanych pacjentów z cukrzycą, a poziomem oznaczonego u nich stężenia cholesterolu LDL oraz chlorków. Stężenie kreatyniny, mocznika oraz wartość GFR wiążą się z odpowiednim stężeniem jonów sodowych w chorobach nerek, natomiast w przypadku naszego badania stwierdzono brak korelacji. Płeć, wiek oraz czas jaki upłynął od

diagnozy cukrzycy u pacjentów nie ma znaczenia statystycznie istotnego w związku ze stężeniem sodu.

Według dostępnego stanu wiedzy istnieje związek pomiędzy stężeniem sodu, potasu oraz chlorków, co wiąże się z wyrównaniem składu jonowego w surowicy krwi. W przedstawionych badaniach, wzrost stężenia chlorków odpowiada wzrostowi stężenia sodu, natomiast brak jest korelacji między stężeniami sodu i potasu.

Na podstawie literatury wiadomo również, że hiponatremia towarzyszy głównie hipertriglicydemii, natomiast wyniki naszego badania wskazują na związek między wzrostem sodu, a wzrostem cholesterolu LDL oraz brak korelacji natremii z cholesterolem całkowitym i HDL. Wzrost poziomu cholesterolu LDL u pacjentów z cukrzycą, wiąże się ze zwiększonym ryzykiem chorób sercowo-naczyniowych.

Wiedza wynikająca z powyższego badania sugeruje nam, że kontrola stężenia sodu może pośrednio wpływać na poziom cholesterolu LDL, co może mieć korzystny efekt w profilaktyce schorzeń kardiologicznych u pacjentów z cukrzycą. Badania na większej liczbie pacjentów i uwzględnienie innych czynników jest jednak konieczne. Klinikystom zaleca się monitorowanie i utrzymanie stężenia sodu w granicach normy, aby zmniejszyć ryzyko powikłań sercowo-naczyniowych u pacjentów cierpiących na cukrzycę.

Podsumowując, utrzymanie prawidłowego poziomu sodu u pacjentów z cukrzycą jest istotne z punktu widzenia zapobiegania poważnym powikłaniom, takim jak zaburzenia neurologiczne i nadciśnienie tętnicze. Ścisła kontrola elektrolitów, w tym sodu, jest zatem niezbędna dla zapewnienia optymalnego stanu zdrowia u tych pacjentów.

Disclosures

Author's contribution:

Conceptualization: Aab A., Zarańska J.; Methodology: Aab A., Zarańska J.; Software: Bielak M.; Check: Kędra K., Michalik I.; Formal analysis: Michalik I.; Investigation: Aab A.; Resources: Zarańska J.; Data curation: Zarański B.; Writing - rough preparation: Bielak M., Kędra K.; Writing - review and editing: Zarańska J., Michalik I., Zarański B.; Visualization: Kędra K.; Supervision: Aab A.; Project administration: Aab A., Bielak M.

All authors have read and agreed with the published version of the manuscript.

Funding Statement: No funding received.

Institutional Review Board Statement: Not applicable. The study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki. In accordance with the law in force in the Republic of Poland, retrospective studies do not require the opinion or consent of the

Bioethics Committee, as they are not a medical experiment in which human organisms would be interfered with. For this reason, we did not seek the consent of the Commission. What's more, the results of the study did not affect the management of patients at any stage, so the above-mentioned procedure was followed.

Informed Consent Statement: Not applicable. The study was retrospective and was conducted on the basis of collected medical documentation.

Data Availability Statement: The data presented in this study are available on request from the corresponding author.

Acknowledgments: The authors would like to thank prof. A. Gala-Błądzińska for taking care of the work.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

BIBLIOGRAFIA

1. Rodriguez M, Hernandez M, Cheungpasitporn W, Kashani KB, Riaz I, Rangaswami J, Herzog E, Guglin M, Krittanawong C. Hyponatremia in Heart Failure: Pathogenesis and Management. *Curr Cardiol Rev.* 2019;15(4):252-261. doi: 10.2174/1573403X15666190306111812. PMID: 30843491; PMCID: PMC8142352.
2. Hoorn EJ, Zietse R. Diagnosis and Treatment of Hyponatremia: Compilation of the Guidelines. *J Am Soc Nephrol.* 2017 May;28(5):1340-1349. doi: 10.1681/ASN.2016101139. Epub 2017 Feb 7. PMID: 28174217; PMCID: PMC5407738.
3. Spasovski G, Vanholder R, Allolio B, Annane D, Ball S, Bichet D, Decaux G, Fenske W, Hoorn EJ, Ichai C, Joannidis M, Soupart A, Zietse R, Haller M, van der Veer S, Van Biesen W, Nagler E; Hyponatraemia Guideline Development Group. Clinical practice guideline on diagnosis and treatment of hyponatraemia. *Nephrol Dial Transplant.* 2014 Apr;29 Suppl 2:i1-i39. doi: 10.1093/ndt/gfu040. Epub 2014 Feb 25. Erratum in: *Nephrol Dial Transplant.* 2014 Jun;40(6):924. PMID: 24569496.
4. Verbalis JG, Goldsmith SR, Greenberg A, Korzelius C, Schrier RW, Sterns RH, Thompson CJ. Diagnosis, evaluation, and treatment of hyponatremia: expert panel recommendations. *Am J Med.* 2013 Oct;126(10 Suppl 1):S1-42. doi: 10.1016/j.amjmed.2013.07.006. PMID: 24074529.
5. Fenske W, Maier SK, Blechschmidt A, Allolio B, Störk S. Utility and limitations of the traditional diagnostic approach to hyponatremia: a diagnostic study. *Am J Med.* 2010 Jul;123(7):652-7. doi: 10.1016/j.amjmed.2010.01.013. Erratum in: *Am J Med.* 2011 Oct;124(10):e9. PMID: 20609688.
6. Liamis G, Rodenburg EM, Hofman A, Zietse R, Stricker BH, Hoorn EJ. Electrolyte disorders in community subjects: prevalence and risk factors. *Am J Med.* 2013 Mar;126(3):256-63. doi: 10.1016/j.amjmed.2012.06.037. Epub 2013 Jan 18. PMID: 23332973.
7. Zhang Y, Li C, Huang L, Shen X, Zhao F, Wu C, Yan S. Relationship between Hyponatremia and Peripheral Neuropathy in Patients with Diabetes. *J Diabetes Res.* 2021 Aug 19;2021:9012887. doi: 10.1155/2021/9012887. PMID: 34458375; PMCID: PMC8397566.
8. Winzeler B, Jeanloz N, Nigro N, Suter-Widmer I, Schuetz P, Arici B, Bally M, Blum C, Bock A, Huber A, Mueller B, Christ-Crain M. Long-term outcome of profound hyponatremia: a prospective 12

months follow-up study. *Eur J Endocrinol.* 2016 Dec;175(6):499-507. doi: 10.1530/EJE-16-0500. Epub 2016 Sep 1. PMID: 27585594.

9. Monnerat S, Atila C, Refardt J, Christ-Crain M. Prevalence of Admission Hyponatremia in Patients With Diabetes Treated With and Without an SGLT2 inhibitor. *J Endocr Soc.* 2023 Jan 24;7(4):bvad011. doi: 10.1210/jendso/bvad011. PMID: 36819457; PMCID: PMC9933898.

10. Patergnani S, Bouhamida E, Leo S, Pinton P, Rimessi A. Mitochondrial Oxidative Stress and "Mito-Inflammation": Actors in the Diseases. *Biomedicines.* 2021 Feb 20;9(2):216. doi: 10.3390/biomedicines9020216. PMID: 33672477; PMCID: PMC7923430.

11. Poznyak A, Grechko AV, Poggio P, Myasoedova VA, Alfieri V, Orekhov AN. The Diabetes Mellitus-Atherosclerosis Connection: The Role of Lipid and Glucose Metabolism and Chronic Inflammation. *Int J Mol Sci.* 2020 Mar 6;21(5):1835. doi: 10.3390/ijms21051835. PMID: 32155866; PMCID: PMC7084712.

12. Perkovic V, Agarwal R, Fioretto P, Hemmelgarn BR, Levin A, Thomas MC, Wanner C, Kasiske BL, Wheeler DC, Groop PH; Conference Participants. Management of patients with diabetes and CKD: conclusions from a "Kidney Disease: Improving Global Outcomes" (KDIGO) Controversies Conference. *Kidney Int.* 2016 Dec;90(6):1175-1183. doi: 10.1016/j.kint.2016.09.010. PMID: 27884312.