

УДК: 616.43-008.6-071+616.441/.447:546.4:616-001.28

О. В. Камінський✉, О. В. Копилова, Д. Є. Афанасьєв, І. Г. Чикалова, І. М. Муравйова,
Н. С. Домбровська, О. П. Ліщенко, Л. О. Цвет

Державна установа «Національний науковий центр радіаційної медицини Національної академії медичних наук України», вул. Юрія Ілленка, 53, м. Київ, 04050, Україна

ДОСЛІДЖЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ НЕРЕНАЛЬНОГО НОРМОКАЛЬЦІЄМІЧНОГО ГІПЕРПАРАТИРЕОЗУ У ОСІБ, ПОСТРАЖДАЛИХ ВНАСЛІДОК АВАРІЇ НА ЧАЕС

Мета: оцінити гормонально-метаболічні патологічні зміни в осіб, постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС, з вторинним нормокальціємічним неренальним гіперпаратиреозом у віддаленому періоді опромінення.

Матеріали та методи. Методи дослідження: загальноновизнані клінічні, антропометричні, інструментальні (ультразвукове дослідження щитоподібної (ЩЗ) та прищитоподібних залоз), лабораторні (біохімічні, гормональні), статистичні. У проспективному дослідженні у 48 осіб (група контролю 19 неопромінених осіб) та в ретроспективному дослідженні оцінені дані 2234 осіб, серед яких було 1 372 опромінених осіб дорослого віку (група контролю – 862 неопромінені особи), було оцінено клінічні наслідки дії іонізуючого випромінювання на ендокринну систему постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС.

Результати. Встановлена висока поширеність нестачі або дефіциту вітаміну D, що виявлено ретроспективно у 81,8 % постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС та у 89,5% контрольної групи. В цілому забезпеченість організму вітаміном D не залежала від дії радіаційного чинника, не відрізняючись в осіб різних груп спостереження. За даними УЗД, гіперплазія прищитоподібної залози виявлена у 629 обстежених, що становило 28,2 %. Серед постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС гіперплазію прищитоподібних залоз мали 450 осіб (32,7 %), що в 1,6 разу більше, ніж в осіб контрольної групи, в яких цей показник становив 20,7 % ($p > 0,005$). Гіперпаратиреоз (паратгормон > 65 нг/мл) діагностовано у 123 осіб, що становить 21,1 %, тобто практично у кожного п'ятого. Серед постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС підвищення концентрації паратгормону у сироватці крові було виявлено у 94 осіб та у 25 осіб групи порівняння. Тобто частота гіперпаратиреозу дорівнювала 23,7 % серед постраждалих, що суттєво більше, ніж в осіб групи порівняння, у яких частота гіперпаратиреозу була 13,2 % ($p < 0,005$). Частота виявленого нормокальціємічного неренального гіперпаратиреозу дещо відрізнялася у різні роки спостереження та зростає щороку.

Висновки. Встановлена висока поширеність нестачі або дефіциту вітаміну D у постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС, яка, однак, не залежала від опромінення. Частота гіперплазій/аденом прищитоподібних залоз була в 1,6 разу більша у опромінених, ніж в осіб контрольної групи. Також виявлено щорічне зростання частоти неренального нормокальціємічного гіпертиреозу, частота котрого становила 23,7 % серед постраждалих, що суттєво більше, ніж в осіб групи порівняння.

Ключові слова: аварія на ЧАЕС, опромінення, постраждалі внаслідок аварії, учасники ліквідації наслідків аварії, іонізуюче випромінювання, прищитоподібні залози, гіперплазія, гіперпаратиреоз, щитоподібна залоза.

Проблеми радіаційної медицини та радіобіології. 2023. Вип. 28. С. 316–328. doi: 10.33145/2304-8336-2023-28-316-328

✉ Камінський Олександр Валентинович, e-mail: endocriner@gmail.com

O. V. Kaminskyi✉, O. V. Kopylova, D. E. Afanasyev, I. G. Chikalova, I. M. Muraviova,
O. O. Dombrowska, O. P. Lischenko, L. O. Tsvet

State Institution «National Research Center for Radiation Medicine of the National Academy of Medical Sciences of Ukraine», 53 Yurii Illienka St., Kyiv, 04050, Ukraine

CHARACTERISTICS OF NON-RENAL NORMOCALCEMIC HYPERPARATHYROIDISM IN THE CHORNOBYL NPP ACCIDENT SURVIVORS

Objective: to assess the hormonal and metabolic disorders in the Chernobyl nuclear power plant (ChNPP) accident survivors (AS), having got secondary normocalcemic non-renal hyperparathyroidism (HPT) in the late period upon exposure to ionizing radiation (IR).

Materials and methods. The routine clinical, anthropometric, instrumental (thyroid and parathyroid diagnostic ultrasound), laboratory (biochemical, hormonal), statistical methods were applied. In both prospective (n = 48, control group n = 19) and retrospective studies the data of 2,234 subjects including 1,372 irradiated adults (862 non-irradiated persons in the control group) were evaluated. Clinical consequences of exposure to IR on the endocrine system were evaluated in ChNPP AS.

Results. High prevalence of vitamin D lack or deficiency was established retrospectively in 81.8 % of the ChNPP AS and in 89.5 % of the control group subjects. In general, there was neither effect of exposure to IR on the vitamin D status in study subjects, nor any difference between the study groups. According to diagnostic ultrasound patterns the parathyroid hyperplasia was diagnosed in 629 cases (28.2 %). Among the ChNPP AS it was found in 32.7 % of cases (n = 450) vs. 20.7 % (p > 0.005) in the control group (a 1.6-fold difference). HPT diagnosed as serum parathyroid hormone content > 65 ng/ml was diagnosed in 123 cases (21.1 %) i.e. in almost every fifth person. Increased serum level of parathyroid hormone was found in the 94 ChNPP AS and in 25 persons of the comparison group. In other words, the frequency of HPT was 23.7 % among the AS being significantly more than in the comparison group (13.2 %, p < 0.005). Frequency of normocalcemic non-renal HPT was slightly different by years of observation with a trend to the year-by-year increase.

Conclusions. High prevalence of vitamin D lack or deficiency was established in the ChNPP AS, being however independent of exposure to IR. Frequency of parathyroid hyperplasia/adenoma was 1.6 times higher in the irradiated subjects than in persons of the control group. Annual increase in frequency of the non-renal normocalcemic HPT was also revealed reaching nowadays 23.7 % among the AS, which is significantly higher than in the comparison group.

Key words: Chernobyl nuclear power plant accident, ionizing radiation, exposure to ionizing radiation, accident survivors, participants of the accident consequences clean-up, parathyroids, hyperplasia, hyperparathyroidism, thyroid.

Problems of Radiation Medicine and Radiobiology. 2023;28:316-328. doi: 10.33145/2304-8336-2023-28-316-328

ВСТУП

Прищитоподібні залози (ПЩЗ) є важливою частиною ендокринної системи на яку часто не звертають увагу лікарі та науковці, оскільки мають обмежені дані про їхню важливу роль, функціонування, діагностику та лікування. Це призвело до того, що вивчення наслідків опромінення ПЩЗ в осіб, постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС почали вивчати тільки через 25 років після катастрофи. Однак, стало ясно що дія чинників радіаційної аварії (ізотопи йоду, зовнішнє гамма-випромінення, та особливо ізотопи цезію і стронцію) вагомо

INTRODUCTION

Parathyroid glands (parathyroids) are an important part of endocrine system that is often overlooked by healthcare professionals and scientists because of a limited data on their important role/function and also on their disorders with respective diagnosis and treatment. That's why the study of the effects of parathyroid exposure to ionizing radiation (IR) in the Chernobyl nuclear power plant (ChNPP) accident survivors (AS) began to be studied only 25 years upon. However, it became clear that factors of the radiation accident (iodine isotopes, external gamma radiation,

✉ Oleksiy V. Kaminskyi, e-mail: endocriner@gmail.com

вплинула на зростання частоти патології ПЩЗ (аденоми, гіперплазія, неренальний гіперпаратиреоз) у осіб, постраждалих від наслідків Чорнобильської катастрофи [1].

ПЩЗ є головними регуляторами кальцієво-фосфорного обміну, завдяки паратгормону (ПРГ) реагують на будь-які зміни рівня цих іонів у крові та визначають цілісність скелету, впливають на майже всі системи та клітини, де діють кальцій та фосфор. З цим пов'язані значні ускладнення, які супроводжують гіперпаратиреоз (аритмії, артеріальна гіпертензія, нейропатії, остеопороз/остеопенія, утворення каменів у нирках та жовчному міхурі та т. ін. Стан ПЩЗ залежить значним чином від концентрацій вітаміну D у сироватці крові, що використовують з лікувальною метою [2–3].

Історично вважалося, що ПЩЗ є більш стійкими до іонізуючого випромінювання (ІВ), ніж ЩЗ, хоча відзначалося, що латентний період розвитку радіаційного гіперпаратиреозу вельми тривалий (25–47 років) [4]. Проте на даний час наявні переконливі дані про ближчі за часом наслідки опромінення ПЩЗ.

Гіперпаратиреоз (ГПТ) – симптомокомплекс, що виникає в результаті надмірної продукції паратгормону однією або декількома ПЩЗ. Це відносно поширене ендокринне захворювання, за нашими даними воно зустрічається у 14 % українців дорослого віку та 0,1 % дітей. Дані про підвищений вміст у крові ПРГ та надлишковий ризик гіперпаратиреозу (ГПТ) свого часу були опубліковані японськими авторами за результатами тривалих досліджень в осіб, які пережили атомні бомбардування [5]. За узагальненими результатами, серед віддалених радіаційних ефектів випромінювання від атомних вибухів доброякісні новоутворення ПЩЗ та щитоподібної залози (ЩЗ) є статистично достовірними та дозозалежними [5].

Нещодавно з'явилися дані щодо найближчих паратиреоїдних ефектів променевої терапії [7–9]. Наприклад, зовнішня променева терапія пов'язана з ризиком виникнення ГПТ з латентним періодом 20–45 років, тоді як іонізуюче опромінення радіоактивним йодом достовірно загрожує виникненням гіпопаратиреозу у коротші терміни [8–9]. Вельми варті уваги відомості про те, що променевий вплив у дитячому віці вирізняється, з одного боку, дещо меншою частотою виникнення ГПТ, проте й набагато коротшим латентним періодом появи ефекту – менше 20 років у ~80 % випадків [8].

З огляду на вищезазначене, ми провели дослідження стану прищитоподібних залоз у віддаленому

and especially exposure from cesium and strontium isotopes) had a significant impact on the incidence of parathyroid disorders featuring adenomas, hyperplasia, and non-renal hyperparathyroidism (HPT) in the ChNPP AS [1].

Parathyroids are the key regulators of calcium-phosphorus metabolism through the parathyroid hormone (PTH) responding to any changes in the serum content level of these ions and determine the integrity of skeleton, affect almost all functional body systems and cells where calcium and phosphorus have a physiological role. This is associated with significant complications that are concomitant to HPT, namely arrhythmia, arterial hypertension, neuropathy, osteoporosis/osteopenia, urolithiasis, cholelithiasis, etc. To a large extent the state of parathyroids depends on serum concentration of vitamin D, that is used in therapy [2–3].

Historically, it was believed that parathyroids are more resistant to IR than thyroid, although it was noted that the latent period for development of radiation HPT is rather long (25–47 years) [4]. However, at present, there are convincing data about the more prompt consequences of parathyroid exposure to IR.

HPT is a symptom cluster resulted from excessive production of PTH by one or more parathyroids. According to our data it is a relatively common endocrine disease occurring in about 14% of adults and 0.1% of children in Ukraine. Data on the increased serum content of PTH and excess risk of HPT were once published by the Japanese authors based on results of the long-term studies of people who survived the atomic bombings [5]. According to generalized data benign neoplasms of thyroid and parathyroids are the statistically reliable and dose-dependent radiation effects of atomic explosions [5].

Recently, data on the prompt parathyroid effects of radiotherapy have emerged [7–9]. Namely the external beam radiation therapy is associated with HPT risk with a latency period of 20–45 years, while IR with radioactive iodine reliably threatens the occurrence of hypoparathyroidism in shorter terms [8–9]. It is worth noting the information that radiation exposure in childhood is peculiar, on the one hand, by a slightly lower frequency of HPT, but also by a much shorter latent period of the effect occurrence i.e. less than 20 years in ~80% of cases [8].

In view of the above, we have conducted a study of the state of parathyroids in the late period upon

періоді опромінення, оскільки аварія на ЧАЕС, гіперплазія/аденоми ПЩЗ та гіпертиреоз є пов'язаними.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Оцінити гормонально-метаболичні патологічні зміни в осіб, постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС, з вторинним нормокальціємічним неренальним гіперпаратиреозом у віддаленому періоді опромінення.

МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

У проспективному дослідженні у 48 осіб (група контролю 19 неопромінених осіб) та в ретроспективному дослідженні 1372 опромінених осіб дорослого віку (група контролю – 862 неопромінених осіб) було оцінено клінічні наслідки дії іонізуючого випромінювання на ендокринну систему постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС.

Всім пацієнтам було запроваджено проведення ультразвукового дослідження (УЗД) ЩЗ та ПЩЗ. В окремих випадках додатково проводилось вибіркоче дослідження вмісту вітаміну D (25-гідрокси) у сироватці крові, а також паратгормону й іонізованого кальцію, деяких інших показників.

Гіперплазія ПЩЗ (МКХ-10: E21.0 та E21.5) виявлялася за допомогою УЗД на загальних принципах. Однак вважали, що вони ПЩЗ в нормі незмінні та не візуалізуються, оскільки збігаються за структурою та ехогенністю із ЩЗ, яка знаходиться поруч. При їх виявленні виставлявся діагноз «гіперплазія ПЩЗ» або «аденома ПЩЗ».

Гіперпаратиреоз (МКХ-10: E21) є клініко-лабораторним станом, який діагностується за наявності підвищення рівня паратгормону в сироватці крові понад норму (10–65 пг/мл), а гіпопаратиреоз (МКХ-10: E20) – при виявленні низького рівня. За клінічними проявами і лабораторними маркерами гіперпаратиреоз поділяють на первинний, вторинний та третинний. Первинний гіперпаратиреоз (МКХ-10: E21.0) діагностують при виявленні підвищеної концентрації паратгормону та іонізованого кальцію в сироватці крові при нормальному рівні вітаміну D (25-гідрокси) (> 75 нмоль/л). За нашими даними найбільш частим варіантом гіперпаратиреозу є саме вторинний неренальний (МКХ-10: E21.1), який діагностується при підвищенні рівня паратгормону в сироватці крові на тлі нормальної концентрації кальцію (1,05–1,35 ммоль/л) і низького рівня вітаміну D (25-гідрокси) в сироватці крові.

Гормональні дослідження проводили у сертифікованих лабораторіях. Дослідження вмісту паратгормону,

exposure to IR since the ChNPP accident, parathyroid hyperplasia/adenomas and HPT are interrelated.

OBJECTIVE

Assessment of hormonal and metabolic disorders in the ChNPP AS, having got secondary normocalcemic non-renal HPT in the late period upon exposure to IR.

MATERIALS AND METHODS

Clinical consequences of endocrine system exposure to IR were evaluated in a prospective study in the ChNPP AS (n = 48) and in the control group of non-irradiated subjects (n = 19), and in a retrospective study of 1,372 irradiated adults with a control group of non-irradiated persons (n = 862).

Thyroid and parathyroid diagnostic ultrasound was carried on in all study subjects. In some cases the serum content of vitamin D (25-hydroxy), PTH and ionized calcium and some other biochemical parameters was assayed.

Parathyroid hyperplasia (ICD-10: E21.0 and E21.5) was diagnosed by ultrasound examination according to the general principles. Parathyroids were considered normal and unchanged if not visualized, as they match the structure and echogenicity of the nearby thyroid tissue. Otherwise in case of their visualization a «parathyroid hyperplasia» or «parathyroid adenoma» were diagnosed.

HPT (ICD-10: E21) is a clinical and laboratory condition diagnosed under an increased serum content PTH above the norm (10–65 pg/ml), and hypoparathyroidism (ICD-10: E20) when a low level of PTH is detected. According to clinical manifestations and laboratory markers HPT is classified into primary, secondary and tertiary one. Primary HPT (ICD-10: E21.0) is diagnosed when an elevated serum concentration of PTH and ionized calcium is detected with a normal level of vitamin D (25-hydroxy, > 75 nmol/l). According to our data, secondary non-renal HPT (ICD-10: E21.1) is the most frequent HPT variant, diagnosed with an increased serum content of PTH against a background of normal calcium concentration (1.05–1.35 mmol/l) and a low level of vitamin D (25-hydroxy).

Hormonal studies were conducted in the certified laboratories. Assay of PTH, vitamin D (25-hydroxy), and thyroid-stimulating hormone (TSH) in

вітаміну D (25-гідрокси), ТТГ у сироватці крові проводили за допомогою імунохімічного аналізатора ADVIA Centaur XP Architect i2000 SR компанії Siemens (Німеччина), LABLINE-022 компанії LABLINE (Австрія). Іонізований кальцій у крові визначали на аналізаторі електролітів E-Lyte-5 PLUS.

Статистичний аналіз даних здійснювали за допомогою програми Statistica 6 з визначенням параметричних і непараметричних критеріїв (χ^2_{Yates}), за допомогою середніх значень $M \pm m$, при достовірних значеннях $p \leq 0,05$. Використовували програми Microsoft Excel 2003 для Windows XP2, SPSS v.15 для Windows XP2.

РЕЗУЛЬТАТИ

В проспективному дослідженні клініко-гормонального стану ПЩЗ серед осіб, опромінених внаслідок аварії на ЧАЕС у порівнянні з контрольною групою, була виявлена більша частота нестачі вітаміну D (72,72 % та 57,89 %, відповідно) та менша його дефіциту (9,1% та 31,6%, відповідно) з тенденцією до незначного збільшення частоти гіперпаратиреозу (табл. 1).

Важливим коментарем до таблиці 1 є те, що для апроксимації частотного аналізу з малою кількістю спостережень була застосована поправка Йетса, яка дає можливість достовірної оцінки малої вибірки. Можливість використання критерія Стьюдента на малих вибірках було перевірено дослідженням нормальності розподілу за допомогою гістограм та використанням критеріїв нормальності (F-критерій, критерій Левена). При поглибленому дослідженні клініко-гормонального стану ПЩПЗ серед осіб, опромінених внаслідок аварії на ЧАЕС, у порівнянні з контрольною групою було виявлено зниження забезпеченості вітаміном D в осіб з наявною нормокальціємічною патологією незалежно від радіаційного чинника (табл. 1).

blood serum was carried out using an immunochemical analyzer ADVIA Centaur XP Architect i2000 SR (Siemens, Germany) and LABLINE-022 (LABLINE, Austria). Serum concentration of ionized calcium was determined on the E-Lyte-5 PLUS electrolyte analyzer.

Statistical data analysis was carried out using the Statistica 6 software with determination of parametric and non-parametric criteria (χ^2_{Yates}), using the average values of $M \pm m$, with reliable values of $p \leq 0.05$. Microsoft Excel 2003 for Windows XP2, SPSS v.15 for Windows XP2 software were used.

RESULTS

In a prospective study of clinical and hormonal parathyroid status among persons irradiated as a result of the ChNPP accident in comparison with the control group, a higher frequency of vitamin D deficiency (72.72 % vs. 57.89 %, respectively) and a lower frequency of vitamin D deficiency (9.1 % vs. 31.6 %, respectively) were revealed with a trend to a slight increase in frequency of HPT (Table 1).

An important comment on Table 1 is that Yates' correction was applied to approximate the frequency analysis with a small number of observations, which allows for reliable estimation of such a small sample. Availability to use the Student's *t*-test on small samples was checked by studying the normality of distribution using histograms and normality criteria (F-test, Levene's test). In an in-depth study of clinical and hormonal parathyroid status among the ChNPP AS in comparison with the control group a decreased serum content of vitamin D was found in persons with underlying normocalcemic disorders, regardless of radiation factor (Table 1).

Таблиця 1

Частота виявлення гіперпаратиреозу та нестачі/дефіциту вітаміну D (25-ОН) у різних груп пацієнтів, в яких виявлена гіперплазія прищитоподібних залоз, в проспективному дослідженні (абс., %)

Table 1

HPT and vitamin D (25-OH) lack/deficiency in study groups of subjects with diagnosed parathyroid hyperplasia within a prospective study (n, %)

Стан Parathyroid status	Основна група / Main study group n = 11	Контрольна група / Control group n = 19	p
Гіперпаратиреоз HPT	2 (18,2%)	3 (15,8 %)	> 0,05
Нестача/дефіцит вітаміну D Vitamin D (25-OH) lack/deficiency	9 (81,8%)	17 (89,5 %)	> 0,05
Нормальний рівень вітаміну D (25-ОН) Vitamin D (25-OH) normal serum content	2 (18,2%)	2 (10,5 %)	> 0,05

Таблиця 2

Порівняльна характеристика показників кальцієвого обміну різних груп пацієнтів, в яких виявлена гіперплазія прищитоподібних залоз, в проспективному дослідженні ($M \pm \sigma$)

Table 2

Comparative characteristics of calcium metabolism parameters in groups of patients with parathyroid hyperplasia within a prospective study ($M \pm \sigma$)

Показник Parameter	Групи / Groups		p
	опромінені / exposed, n = 11	контроль / control, n = 19	
Паратгормон, пг/мл PTH, pg/ml	57,23 ± 4,87	31,88 ± 4,82	< 0,05
Вітамін D, нмоль/л Vitamin D, nmol/l	67,82±1,27	58,3±1,14	> 0,05
Кальцій іонізований, ммоль/л Ionized calcium, mmol/l	1,21 ± 0,15	1,20 ± 0,83	> 0,05

Отже, виявлено суттєве зниження забезпеченості вітаміном D в осіб з наявною нормокальціємічною патологією ПЩЗ в усіх групах проспективного дослідження.

Нестача або дефіцит вітаміну D виявлено у 81,8 % постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС та у 89,5% контрольної групи в проспективному дослідженні. Рівень вітаміну D (25-гідроксикальциферол) коливався від 43,42 нмоль/л до 88,9 нмоль/л, середнє значення – (67,82 ± 1,27) нмоль/л у постраждалих та (58,3 ± 1,14) нмоль/л у контрольній групі, що підтверджує частотний аналіз (табл. 2). В цілому забезпеченість організму вітаміном D не залежала від дії радіаційного чинника, не відрізняючись в осіб різних груп спостереження. Проте у пацієнтів з ожирінням середня концентрація вітаміну D становила (52,6 ± 1,33) нмоль/л, а в обстежених з передожирінням та нормальною вагою цей показник дорівнював (64,9 ± 1,09) нмоль/л та (72,1 ± 1,15) нмоль/л, відповідно. Отже, виявлено суттєве зниження забезпеченості вітаміном D в осіб обох груп, індекс маси тіла яких перевищував 30 кг/м².

У проспективному дослідженні, незважаючи на значне зниження забезпеченості організму вітаміном D, у 26 (86,7 %) обстежених пацієнтів не виявлено суттєвих змін вмісту ПТГ, середня концентрація якого у сироватці крові становила (42,54 ± 3,21) пг/мл та знаходилася у межах від 24,1 нг/мл до 95,41 нг/мл. Тільки у 5 осіб (16,7 %) було діагностовано нормокальціємічний неренальний гіперпаратиреоз.

Серед постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС, у яких виявлена гіперплазія ПЩЗ, середній рівень ПТГ у сироватці крові становив (57,2 ± 2,87) пг/мл та вірогідно перевищував даний показник групи контролю – (31,88 ± 4,82) пг/мл ($p < 0,05$), що може

Therefore, a significant decrease in vitamin D content was found in subjects with pre-existing normocalcemic parathyroid disorders in all groups of the prospective study.

Lack or deficiency of vitamin D was found in 81.8% of the ChNPP AS and in 89.5% of the control group in a prospective study. The level of vitamin D (25-hydroxycalciferol) varied from 43.42 nmol/l to 88.9 nmol/l with an average value of (67.82 ± 1.27) nmol/l in AS and (58.3 ± 1.14) nmol/l in the control group, which was confirmed by frequency analysis (Table 2). In general, the level of vitamin D neither depended on radiation factor, not differed between the study groups. However, the average concentration of vitamin D in obese patients was (52.6 ± 1.33) nmol/l, and in subjects with pre-obesity and normal body mass was (64.9 ± 1.09) nmol/l and (72, 1 ± 1.15) nmol/l, respectively. Therefore, a significantly decreased serum content of vitamin D was found in both groups of individuals whose body mass index exceeded 30 kg/m².

No significant changes in PTH content was found in the prospective study, despite a significant decrease in the body's supply of vitamin D, in 26 (86.7 %) of the examined patients, as its average serum concentration was (42.54 ± 3.21) pg/ml ranging from 24.1 ng/ml to 95.41 ng/ml. Finally, only 5 subjects (16.7%) were diagnosed with normocalcemic non-renal HPT.

Average serum level of PTH among the ChNPP AS with diagnosed parathyroid hyperplasia was (57.2 ± 2.87) pg/ml and significantly exceeded the respective value in the control group (31.88 ± 4.82) pg/ml ($p < 0.05$), which could indicate a

свідчити про більшу імовірність ризику розвитку гіперпаратиреозу у даної категорії пацієнтів.

У проспективному дослідженні вміст іонізованого кальцію в сироватці крові у всіх пацієнтів знаходився в межах референтних значень та варіював від 1,18 ммоль/л до 1,32 ммоль/л, середнє значення складало 1,26 ммоль/л. Концентрація іонізованого кальцію була однаковою в осіб різних груп спостереження та не залежала від наявності гіперпаратиреозу, що свідчить на користь нормокальціємічної патології ПЩЗ в усіх випадках.

В ретроспективному дослідженні продовж чотирьох років (період 2019–2022 рр.) досліджено 2234 пацієнтів. Із них 1372 – постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС (61,4 %), 862 (38,6 %) – ті, хто не зазнав дії радіоактивних чинників. Вік обстежених становив від 19 до 76 років, середній вік – (59,33 ± 7,15) років. Більшість із них були госпіталізовані з приводу декомпенсації цукрового діабету (64,2 %), на другому місці – захворювання ЩЗ (25,9 %). Серед постраждалих: УЛНА на ЧАЕС – 629 осіб, евакуйовані з 30-км зони відчуження – 384 осіб, мешканці радіаційно забруднених територій – 359 осіб.

За даними УЗД, гіперплазія ПЩЗ виявлена у 629 обстежених, що становило 28,2 %. Серед постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС гіперплазію ПЩЗ мали 450 осіб (32,7 %), що в 1,6 разу більше, ніж в осіб контрольної групи, в яких цей показник становив 20,7 % ($p > 0,005$).

Таким чином, спостерігається висока поширеність гіперплазій ПЩЗ серед населення України, яке отримало різні дози опромінення тропними ізотопами йоду, цезію і стронцію, в тому числі в діапазоні низьких доз. До таких контингентів належать евакуйовані

higher probability of the HPT risk in this category of patients.

In prospective study the serum content of ionized calcium in all patients was within reference values varying from 1.18 mmol/l to 1.32 mmol/l with average value of 1.26 mmol/l. Concentration of ionized calcium was the same in individuals of both study groups with no dependence on presence or absence of HPT, which indicates in favor of normocalcemic parathyroid disease in all cases.

In retrospective study over four years (2019–2022) the 2,234 patients were examined. Of them 1,372 were the ChNPP AS (61.4 %) and 862 (38.6 %) were not exposed to IR. The age of examinees ranged from 19 to 76 years with an average of (59.33 ± 7.15) years. Most of them were hospitalized due to decompensation of diabetes mellitus (64.2 %) and thyroid disease (25.9 %). Among the ChNPP AS 629 persons were the accident clean-up workers, 384 people were the 30-km exclusion zone evacuees, and 359 ones lived in the radiation-contaminated areas.

According to diagnostic ultrasound data the parathyroid hyperplasia was diagnosed in 629 examinees (28.2 %). Among the ChNPP AS 450 persons (32.7 %) had parathyroid hyperplasia, which was 1.6 times more than in the control group (20.7 %, $p > 0.005$).

Thus, there was a high prevalence of parathyroid hyperplasia the population of Ukraine, which had been exposed to IR with tissue-tropical isotopes of iodine, cesium, and strontium in a wide dose range including the low doses. Such population groups were evacuees from the 30-km exclusion zone who

Таблиця 3

Частота виявлення гіперплазії прищитоподібних залоз (період 2019–2022 рр.), за даними ультразвукового дослідження, при ретроспективному аналізі

Table 3

Parathyroid hyperplasia frequency in 2019–2022 study period (diagnostic ultrasound data, retrospective analysis)

Категорія обстежених осіб Study subjects category	Гіперплазія ПЩЗ		Порівняння з групою контролю	
	n	%	$\chi^2_{\text{Ятса}} / \chi^2_{\text{yates'}}$	p
Учасники ліквідації наслідків аварії на ЧАЕС (1986–1990 рр.), n = 629 ChNPP accident clean-up workers (1986–1990 рр.), n = 629	182	28,9 ± 3,54	0,63	> 0,005
Евакуйовані з 30-км зони відчуження, n = 384 30-km exclusion zone evacuees, n = 384	149	38,8 ± 4,87	18,3	< 0,005
Мешканці РЗТ, n = 359 Residents of contaminated territories, n = 359	119	33,1 ± 4,86	11,3	< 0,005
Контрольна група, n = 862 Control group, n = 862	179		20,7±2,7	

з 30-км зони відчуження, які отримали значне комбіноване короткочасне опромінення ізотопами і зовнішнім гамма-випромінюванням, та мешканці РЗТ, котрі знаходяться щоденно довгий час (роки, десятиліття) в умовах впливу ізотопного забруднення (повітря, продукти харчування) цезієм та стронцієм.

У ретроспективному дослідженні середня концентрація ПРГ у сироватці крові становила $(49,6 \pm 3,88)$ нг/мл та коливалася від 31,5 нг/мл до 173,1 нг/мл.

Гіперпаратиреоз (ПРГ > 65 нг/мл) діагностовано у 123 осіб, що становить 21,1 %, тобто практично у кожного п'ятого. Серед постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС підвищення концентрації ПРГ у сироватці крові було виявлено у 94 осіб та у 25 осіб групи порівняння. Тобто частота гіперпаратиреозу дорівнювала 23,7 % серед постраждалих, що суттєво більше, ніж в осіб групи порівняння, в яких частота гіперпаратиреозу була 13,2 % ($p < 0,005$) (табл. 4).

Серед 119 осіб, у котрих виявлено ГПТ, підвищення рівня кальцію було зафіксовано лише у 4 осіб (1 – постраждалий внаслідок аварії на ЧАЕС, 3 особи – із групи контролю). У інших 115 осіб, після виключення вторинних причин ГПТ (ХХН, мальабсорбція кальцію, прийом біфосфонатів, деносумабу, бариатрична хірургія, целіакія), діагностовано нормокальціємічний неренальний ГПТ. Із них 93 особи – постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС (23,5 %), 22 особи – ті, хто не зазнав дії радіаційного чинника (11,7 %), $p < 0,005$.

Частота виявленого нормокальціємічного ГПТ де-що відрізнялася у різні роки спостереження. Так, серед постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС та групи контролю у 2019, 2020, 2021 та 2022 роках вона була 18,2 % та 10,4 %, 21,2 % та 11,1 %, 22,7 % та 12,6 %, 26,4 % та 14,3 %, відповідно. Дані частоти (%) гіперпаратиреозу серед постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС та осіб контрольної групи, госпіталізованих до відділення радіаційної ендокринології у різні роки спостереження, наведені на рис. 1.

Таблиця 4

Частота функціонального статусу ПЩЗ у дорослих осіб, опромінених внаслідок аварії на ЧАЕС, у порівнянні із загальною популяцією мешканців України, при ретроспективному аналізі

Table 4

Frequency of parathyroid functional status in adults irradiated after the ChNPP accident in comparison with the general population of Ukraine in retrospective analysis

Функціональний стан ПЩЗ Parathyroid function state	Постраждалі внаслідок аварії на ЧАЕС ChNPP AS n = 396	Група контролю Control group n = 188	p
Гіпопаратиреоз / Hypoparathyroidism	0 (0 %)	2 (0,6 %)	> 0,005
Еупаратиреоз / Euparathyroidism	302 (76,3 %)	161 (85,6 %)	< 0,005
Гіперпаратиреоз / Hyperparathyroidism	94 (27,7 %)	25 (13,2 %)	< 0,005

had experienced a significant combined short-term exposure to radioactive isotopes and external gamma radiation and residents of contaminated territories, who receive daily exposure to cesium and strontium contamination from air and food for years and decades.

The mean serum PTH concentration in retrospective study was (49.6 ± 3.88) ng/ml ranging from 31.5 ng/ml to 173.1 ng/ml.

HPT (PTH > 65 ng/ml) was diagnosed in 123 people (21.1 %), i.e. in almost every fifth person. Among the ChNPP AS an increase in serum PTH concentration was found in 94 cases and in 25 subjects of the comparison group. That is, the frequency of HPT was 23.7% among the AS, which was significantly more than in the comparison group (13.2%, $p < 0.005$) (Table 4).

Among 119 people in whom HPT was detected, an increase in serum calcium level was recorded in only 4 cases (1 survivor of ChNPP accident and 3 control group members). In other 115 people the normocalcemic non-renal GPT was diagnosed upon excluding secondary causes of HPT i.e. chronic renal failure, calcium malabsorption, bisphosphonates or denosumab medication, conducted bariatric surgery, celiac disease). Of them 93 people were ChNPP AS (23.5 %) and 22 were not exposed to radiation (11.7%, $p < 0.005$).

Frequency of the detected normocalcemic HPT differed slightly along the years of survey. This way among the ChNPP AS and in the control group in 2019, 2020, 2021, and 2022, it was 18.2 % and 10.4 %, 21.2 % and 11.1 %, 22.7 % and 12.6 %, and 26.4 % and 14.3 %, respectively. Frequency of HPT (in %) among the ChNPP AS and persons of the control group managed at the Radiation Endocrinology Department in different years of survey is shown in Fig. 1.

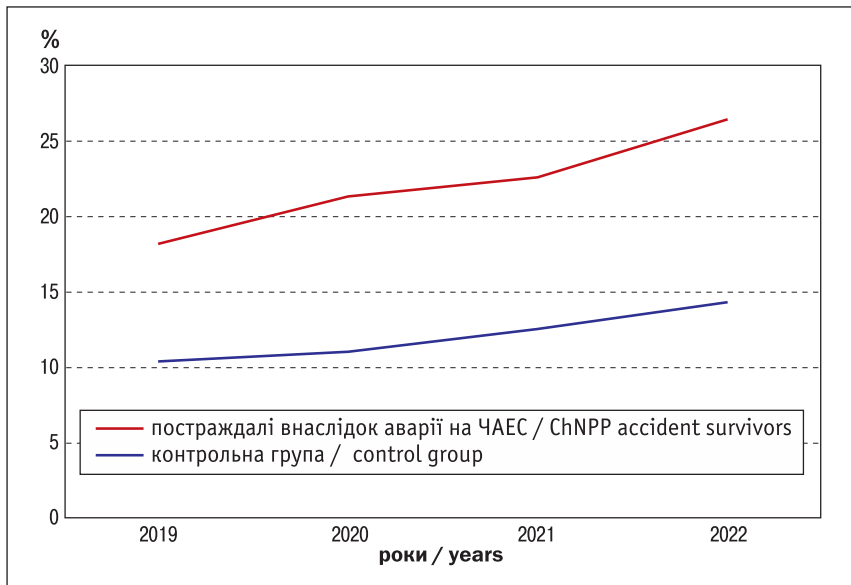


Рисунок 1. Частота нормокальціємічного гіперпаратиреозу серед постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС та осіб контрольної групи, в динаміці за роками

Figure 1. Time pattern of normocalcemic HPT frequency among the ChNPP AS and in the control group by years

Отже за період спостереження (2019–2022 рр.) відмічається тенденція збільшення частоти нормокальціємічного ГПТ з часом як у постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС, так і в групі контролю. За чотири роки частота гіперпаратиреозу у групі постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС збільшилася в 1,5 разу.

Розподіл обстежених за статтю виявив збільшення частоти ГПТ у жінок порівняно з чоловіками незалежно від наявності дії радіаційного чинника. У жінок, опромінених внаслідок аварії на ЧАЕС, та в групі контролю, частота нормокальціємічного ГПТ становила 29,3 % (55 жінок) та 15,1 % (14 жінок), що суттєво вище порівняно з чоловіками, у яких цей показник дорівнював 18,2 % (38 чоловіків), $p < 0,005$, та 8,4% (8 чоловіків), $p < 0,005$, відповідно (табл. 5).

Отже, концентрація ПРГ в сироватці крові у жінок була вищою порівняно з чоловіками, як в осіб, які постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС, так і в обстежених, котрі не зазнали дії радіоактивних чинників. Для визначення існування залежності нормокальціємічного ГПТ від віку всі обстежені були розподілені на 6 вікових груп. Частота неренального

So, there is a trend to increase the frequency of normocalcemic HPT over time both in the ChNPP AS and control group during the 2019–2022 survey period. HPT frequency in the group of ChNPP AS has increased by 1.5 times over the four years.

Distribution of study subjects by gender showed an increase in HPT frequency in women compared to men, regardless of the radiation factor. Frequency of normocalcemic HPT in women irradiated after the ChNPP accident and in the control group was 29.3% (n = 55) and 15.1% (n = 14) respectively being significantly higher compared to men, in whom the same parameters were 18.2 % (n = 38, $p < 0.005$) and 8.4 % (n = 8 men, $p < 0.005$), respectively (Table 5).

Therefore, serum PTH concentration was higher in women compared to men, both in the ChNPP AS and persons not exposed to IR. Further all study subjects were selected into 6 age groups to find a dependence, if any, of normocalcemic HPT on age. Frequency of non-renal nor-

Таблиця 5

Концентрація паратгормону в сироватці крові у чоловіків та жінок, постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС, та групи контролю при ретроспективному аналізі (нг/мл)

Table 5

Serum PTH content in male and female ChNPP AS and the control group members in retrospective analysis (ng/ml)

Група спостереження Study group	Чоловіки Men	Жінки Women	<i>p</i>
Постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС (n = 396) ChNPP AS (n = 396)	41,4 ± 4,3 (n = 208)	62,4 ± 5,1 (n = 188)	< 0,005
Контрольна група (n = 188) Control group (n = 188)	36,5±3,9 (n = 95)	58,1±4,6 (n = 93)	< 0,005

Таблиця 6

Частота виявлення нормокальціємічного ГПТ в осіб різних груп спостереження залежно від віку, при ретроспективному аналізі

Table 6

Frequency of normocalcemic HPT within retrospective analysis in study groups depending on age

Вік, роки Age, years	Постраждали внаслідок аварії на ЧАЕС ChNPP AS n = 396		Група контролю Control group n = 188		p
	частота (абс. число) frequency (n)	всього обстежених all examined	частота (абс. число) frequency (n)	всього обстежених all examined	
19–30	4,7 % (1)	21	0	9	> 0,005
31–40	5,5 % (2)	36	9,1 % (1)	11	> 0,005
41–50	8,6 % (8)	93	3,1 % (1)	32	> 0,005
51–60	16,9 % (19)	112	3,7 % (2)	54	< 0,005
61–70	47,4 % (37)	78	22,1 % (15)	68	< 0,005
> 70	46,4 % (26)	56	21,4 % (3)	14	< 0,005

нормокальціємічного гіперпаратиреозу коливалася від 3,1 % до 23 % (табл. 6).

Отже, вторинний неренальний гіперпаратиреоз на тлі нестачі/дефіциту вітаміну D – є найчастішою формою гіперпаратиреозу. Вторинний гіперпаратиреоз має стадійний перебіг, за відсутності своєчасного діагностування та адекватного лікування в індивідуальних дозах поступово викликає тяжкі ураження багатьох систем організму (кісток, серцево-судинної та нервової систем, нирок, інших), що буде потребувати хірургічного лікування і призводить до інвалідизації. Це потребує віднести паратгормон до обов'язкових скринінгових показників.

Нами встановлено, що існує стійка вірогідна залежність між забезпеченістю вітаміном D та рівнями іонізованого кальцію і паратгормону. Це доведено за допомогою множинного регресійного аналізу ($R = 0,6543$; $p = 0,0005$), який підтверджує адекватність моделі процесу, що досліджується, а саме вторинного нормокальціємічного гіперпаратиреозу (рис. 2).

ВИСНОВКИ

1. У проспективному дослідженні встановлена висока поширеність нестачі або дефіциту вітаміну D, що виявлено у 81,8 % постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС та у 89,5% контрольної групи. В цілому забезпеченість організму вітаміном D не залежала від дії радіаційного чинника, не відрізняючись в осіб різних груп спостереження.
2. Вміст іонізованого кальцію в сироватці крові у всіх пацієнтів знаходився у межах референтних значень та варіював від 1,18 ммоль/л до 1,32 ммоль/л, середнє значення склало 1,26 ммоль/л. Концентрація іонізованого кальцію була однаковою в осіб різних груп спостереження та не залежала від наявності гіперпа-

mocalcemic HPT ranged from 3.1 % to 23 % (Table 6).

Therefore, secondary non-renal HPT against the background of vitamin D lack/deficiency is the most frequent form of HPT. Secondary HPT features a staged course. In absence of timely diagnosis and adequate treatment in personalized pharmacological doses it gradually causes severe damage to many body systems (bones, cardiovascular and nervous systems, kidneys etc.), which requires surgical treatment and leads to disability. It is expedient to include serum PTH assay to the mandatory screening markers.

We have found a stable and strong relationship between the serum vitamin D content and levels of ionized calcium and PTH. This was proven by multiple regression analysis ($R = 0.6543$; $p = 0.0005$), which confirmed an adequacy of the process model under study, namely of the secondary normocalcemic HPT (Fig. 2).

CONCLUSIONS

1. High prevalence of lack or deficiency of vitamin D was established in 81.8 % survivors of the ChNPP accident and in 89.5 % subjects of the control group in a prospective study. In general, serum content vitamin D neither depended on radiation factor, nor differed between the study groups.
2. Serum content of ionized calcium in all patients was within the reference values varying from 1.18 mmol/l to 1.32 mmol/l with an average value of 1.26 mmol/l. Concentration of ionized calcium was the same in both study groups with no dependence on presence or absence of HPT, which indi-

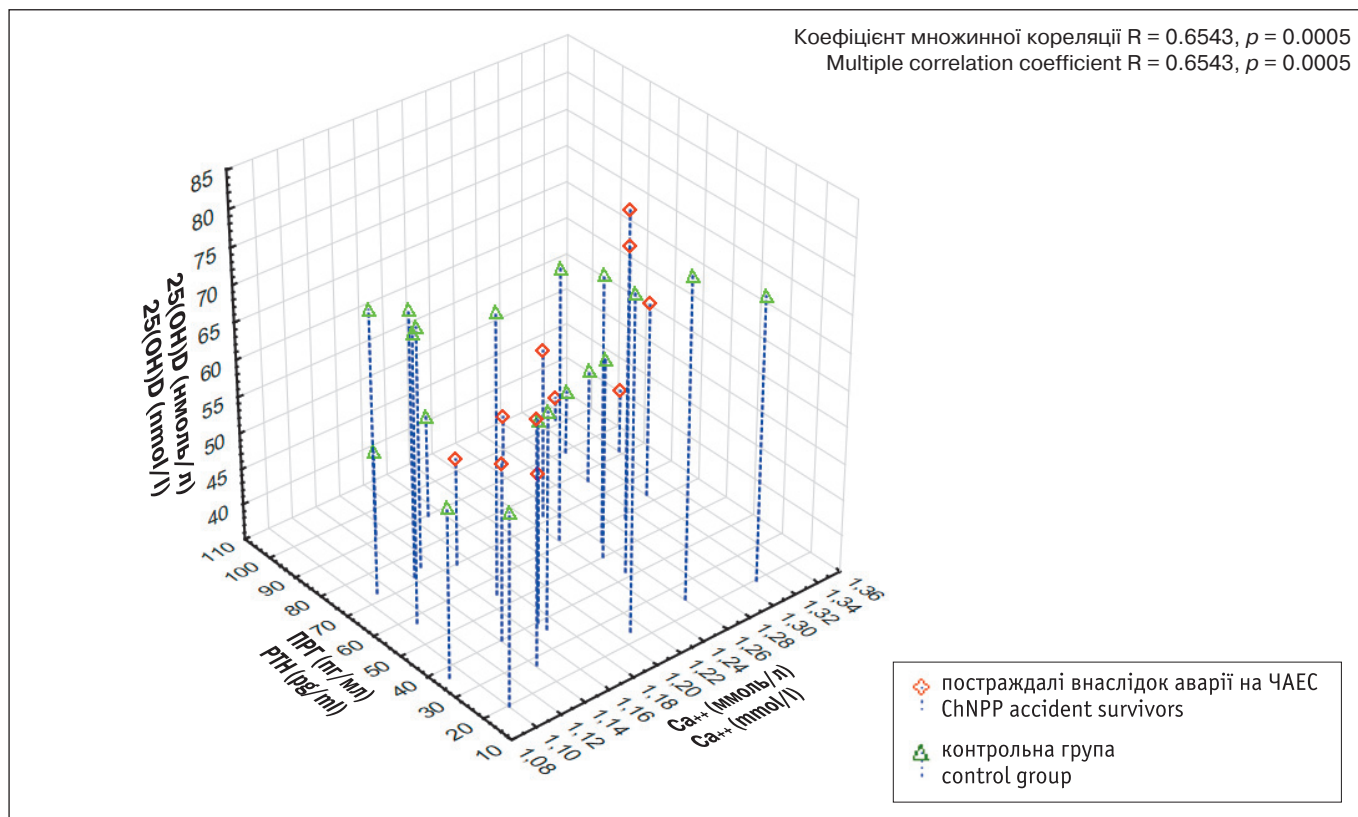


Рисунок 2. Множинний регресійний аналіз вірогідної залежності між забезпеченістю вітаміном D та рівнями іонізованого кальцію і паратгормону в постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС та контрольної групи, в яких виявлений гіперпаратиреоз

Figure 2. Multiple regression analysis of significant dependence between serum content of vitamin D and levels of ionized calcium and PTH in the ChNPP AS and control group in whom the HPT was diagnosed

ратиреозу, що свідчить на користь нормокальціємічної патології прищитоподібних залоз в усіх випадках.

3. За даними ретроспективного аналізу УЗД, гіперплазія ПЩЗ виявлена у 629 обстежених, що становило 28,2 %. Серед постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС гіперплазію прищитоподібних залоз мали 450 осіб (32,7 %), що в 1,6 разу більше, ніж в осіб контрольної групи, в яких цей показник становив 20,7 % ($p > 0,005$). Таким чином, спостерігається висока поширеність гіперплазій прищитоподібних залоз серед населення України, яке отримало різні дози опромінення тропними ізотопами йоду, цезію і стронцію, в тому числі в діапазоні низьких доз.

4. Ретроспективно гіперпаратиреоз (паратгормон > 65 нг/мл) діагностовано у 123 осіб, що становить 21,1 %, тобто практично у кожного п'ятого. Серед постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС підвищення концентрації паратгормону у сироватці крові було виявлено у 94 осіб та у 25 осіб групи порівняння. Тобто, частота гіперпаратиреозу дорівнювала 23,7 % серед постраждалих, що суттєво більше, ніж в осіб групи порівняння, у яких частота гіперпаратиреозу була 13,2 % ($p < 0,005$).

5. Частота виявленого нормокальціємічного нереального гіперпаратиреозу дещо відрізнялася у різні

категорії внаслідок аварії на ЧАЕС та контрольної групи, в яких виявлений гіперпаратиреоз.

3. Retrospective analysis of diagnostic ultrasound data indicated the diagnosis of parathyroid hyperplasia in 629 cases (28.2 %), with 450 of them (32.7%) in the ChNPP AS, which was 1.6 times more than in the control group (20.7 %, $p > 0.005$). Thus, there was high prevalence of parathyroid hyperplasia in population of Ukraine exposed to IR with tropical isotopes of iodine, cesium, and strontium in a range of doses including the low ones.

4. HPT (PTH > 65 ng/ml) was diagnosed retrospectively in 123 people (21.1 %), i.e. in almost every fifth person. Increased serum concentration of PTH was found in 94 survivors of the ChNPP accident and in 25 people of the comparison group. That is, the frequency of HPT was 23.7 % among survivors, which was significantly more than in the comparison group where HPT frequency was 13.2 % ($p < 0.005$).

5. Frequency of the detected normocalcemic non-renal HPT was slightly different along the

роки спостереження та зростає щороку. Так, серед постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС і групи контролю у 2019, 2020, 2021 та 2022 роках вона була 18,2 % та 10,4 %, 21,2 % та 11,1 %, 22,7 % та 12,6 %, 26,4 % та 14,3 %, відповідно.

year-by-year observation with an annual increase. Namely among the ChNPP AS and in the control group it was 18.2% and 10.4%, 21.2% and 11.1%, 22.7% and 12.6 %, 26.4% and 14.3%, in 2019, 2020, 2021, and 2022 respectively.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Клініко-метаболичні та гормональні взаємозв'язки між патологією прищитоподібних залоз та іншими незлоякісними ендокринними захворюваннями у постраждалих внаслідок аварії на ЧАЕС / О. В. Камінський, О. В. Копилова, Д. Є. Афанасьєв та ін. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*. 2021. Вип. 26. С. 410-425. doi: 10.33145/2304-8336-2021-26-410-425.
2. European expert consensus on practical management of specific aspects of parathyroid disorders in adults and in pregnancy: recommendations of the ESE Educational Program of Parathyroid Disorders (PARAT 2021) / J. Bollerslev, L. Rejnmark, A. Zahn et al. *Eur. J. Endocrinol.* 2022. Vol. 186. P. R33-R63. doi: 10.1530/EJE-21-1044.
3. Вміст вітаміну D у населення радіоактивно забруднених територій Чернівецької області (пілотний проект) / О. В. Камінський, В. І. Паньків, І. В. Паньків, Д. Є. Афанасьєв. *Проблеми радіаційної медицини та радіобіології*. 2018. Вип. 23. С. 442-451. doi: 10.33145/2304-8336-2018-23-442-451.
4. Dose-response relationships for radiation-induced hyperparathyroidism / A. B. Schneider, T. C. Gierlowski, E. Shore-Freedman et al. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 1995. Vol. 80. P. 254-257. doi: 10.1210/jcem.80.1.7829622.
5. Levels of parathyroid hormone and calcitonin in serum among atomic bomb survivors / S. Fujiwara, R. Sposto, M. Shiraki et al. *Radiat. Res.* 1994. Vol. 137. P. 96-103.
6. Nagataki S. Latest knowledge on radiological effects: radiation health effects of atomic bomb explosions and nuclear power plant accidents. *Jpn. J. Health Phys.* 2010. Vol. 45, no. 4. P. 370-378.
7. Hyperparathyroidism after radioactive iodine therapy / S. M. Colaco, M. Si, E. Reiff, O. H. Clark. *Am. J. Surg.* 2007. Vol. 194, no. 3. P. 323-327. doi: 10.1016/j.amjsurg.2007.04.005.
8. Hyperparathyroidism after irradiation for childhood malignancy / T. McMullen, G. Bodie, A. Gill et al. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2009. Vol. 73, no. 4. P. 1164-1168.
9. The parathyroid as a target for radiation damage / B. O. Boehm, S. Rosinger, D. Belyi, J. W. Dietrich. *NEJM.* 2011. Vol. 365, no. 7. P. 676-678. doi: 10.1056/NEJMc1104982.

ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

Камінський Олексій Валентинович – доктор медичних наук, лікар-ендокринолог вищої категорії, завідувач відділу радіаційної ендокринології, Інститут клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ. ORCID ID: 0000-0001-6692-2137

Копилова Ольга Василівна – кандидат медичних наук, провідний науковий співробітник, відділ радіаційної ен-

REFERENCES

1. Kaminskyi OV, Kopylova OV, Afanasyev DE, Muraviova IM, Chikalova IG, Dombrovska NS. Clinical-metabolic and hormonal relationships between parathyroid disease and other non-cancerous endocrine disorders in the Chernobyl NPP accident survivors. *Probl. Radiac. Med. Radiobiol.* 2021;26:410-425. doi: 10.33145/2304-8336-2021-26-410-425.
2. Bollerslev J, Rejnmark L, Zahn A, et al. European expert consensus on practical management of specific aspects of parathyroid disorders in adults and in pregnancy: recommendations of the ESE Educational Program of Parathyroid Disorders (PARAT 2021). *Eur. J. Endocrinol.* 2022;186:R33-R63. doi: 10.1530/EJE-21-1044.
3. Kaminskyi OV, Pankiv VI, Pankiv IV, Afanasyev DE. Vitamin D content in population of radiologically contaminated areas in Chernivtsi oblast (pilot project). *Probl. Radiac. Med. Radiobiol.* 2018;23:442-451. doi: 10.33145/2304-8336-2018-23-442-451.
4. Schneider AB, Gierlowski TC, Shore-Freedman E, et al. Dose-response relationships for radiation-induced hyperparathyroidism. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 1995;80:254-257. doi: 10.1210/jcem.80.1.7829622.
5. Fujiwara S, Sposto R, Shiraki M, et al. Levels of parathyroid hormone and calcitonin in serum among atomic bomb survivors. *Radiat. Res.* 1994;137:96-103.
6. Nagataki S. Latest knowledge on radiological effects: radiation health effects of atomic bomb explosions and nuclear power plant accidents. *Jpn. J. Health Phys.* 2010;45(4):370-378.
7. Colaco SM, Si M, Reiff E, Clark OH. Hyperparathyroidism after radioactive iodine therapy. *Am. J. Surg.* 2007;194(3):323-327. doi: 10.1016/j.amjsurg.2007.04.005.
8. McMullen T, Bodie G, Gill A, et al. Hyperparathyroidism after irradiation for childhood malignancy. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys.* 2009;73(4):1164-1168.
9. Boehm BO, Rosinger S, Belyi D, Dietrich JW. The parathyroid as a target for radiation damage. *NEJM.* 2011;365(7):676-678. doi: 10.1056/NEJMc1104982.

INFORMATION ABOUT AUTHORS

Oleksiy V. Kaminskyi – Doctor of Medical Sciences, superior category certified endocrinologist, Head Radiation Endocrinology Department, Clinical Radiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine. ORCID ID: 0000-0001-6692-2137

Olga V. Kopylova – Candidate of Medical Sciences, Leading Research Associate, Radiation Endocrinology Depart-

докринології, Інститут клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ.
ORCID ID: 0000-0002-4159-0954

Афанасьєв Дмитро Євгенович – кандидат медичних наук, провідний науковий співробітник, відділ радіаційної ендокринології, Інститут клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ.
ORCID ID: 0000-0002-8008-3074

Чикалова Ірина Григорівна – кандидат медичних наук, старший науковий співробітник, відділ радіаційної ендокринології, Інститут клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ.
ORCID ID: 0000-0003-3980-4711

Муравйова Ірина Миколаївна – кандидат медичних наук, науковий співробітник, відділ радіаційної ендокринології, Інститут клінічної радіології ННЦРМ, м. Київ. ORCID ID: 0000-0003-1438-0780

Домбровська Наталія Сергіївна – кандидат медичних наук, ННЦРМ, м. Київ.

Ліщенко Олексій Петрович – в/о завідувача відділенням радіоіндукованих онкологічних захворювань клініки ННЦРМ, м. Київ.

Цвет Леся Олексіївна – завідувачка відділенням радіаційної ендокринології дитячого віку клініки ННЦРМ, м. Київ

ment, Clinical Radiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine. ORCID ID: 0000-0002-4159-0954

Dmytro E. Afanasyev – Candidate of Medical Sciences, Leading Research Associate, Radiation Endocrinology Department, Clinical Radiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine. ORCID ID: 0000-0002-8008-3074

Iryna G. Chikalova – Candidate of Medical Sciences, Senior Research Associate, Radiation Endocrinology Department, Clinical Radiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine. ORCID ID: 0000-0003-3980-4711

Iryna M. Muraviova – Candidate of Medical Sciences, Research Associate, Radiation Endocrinology Department, Clinical Radiology Institute, NRCRM, Kyiv, Ukraine. ORCID ID: 0000-0003-1438-0780

Nataliya S. Dombrovska – Candidate of Medical Sciences, NRCRM, Kyiv, Ukraine.

Oleksiy P. Lischenko – Acting Head Radioinduced Cancer Disease Department, NRCRM Clinic, Kyiv, Ukraine.

Lesya O. Tzvet – Head Pediatric Radiation Endocrinology Department, NRCRM Clinic, Kyiv, Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 04.09.2023

Received: 04.09.2023