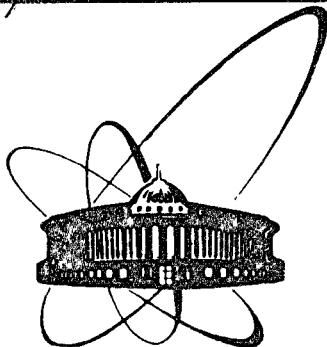


4533/82

22/IX-82



ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА

18-82-313

Э.Бразевич, Я.Бразевич, Лю Зай Ик, С.Новак,¹
Г.М.Осетинский, Ю.Плосконка,² А.Пурэв

МИКРОЭЛЕМЕНТНЫЙ СОСТАВ
СПИННОМОЗГОВОЙ ЖИДКОСТИ

¹ Клиническое отделение Института неврологии,
г.Кельце /ПНР/.

² Институт физики Высшей педагогической школы,
г.Кельце /ПНР/.

Направлено в журнал "Nucleonika" (ПНР)

1982

Современное учение о микроэлементах, входящих в состав биологических объектов, в том числе организм человека, установление закономерности и характера изменений их химического состава под влиянием воздействия извне и при различных патологических состояниях находится на стадии накопления фактического материала. Изучаются микроэлементы как факторы, принимающие участие в основных жизненных процессах организма, определяется уровень их содержания в клетках, тканях в норме и патологии, выясняется их значение при определении этиологии, патогенеза, диагностики, лечения и профилактики заболеваний, особенно злокачественных и лейкозов. Возрастающая необходимость определения микроэлементного состава ряда биологических объектов стимулировала расширение области применения различных аналитических методов анализа. Одним из наиболее перспективных в настоящий момент является метод анализа, основанный на измерении характеристического рентгеновского излучения, которое образуется при возбуждении исследуемого образца пучком протонов от электростатического ускорителя Ван-де-Граафа. При указанном возбуждении происходит вырывание электронов с оболочек атома. На освободившееся место переходят электроны других оболочек, что и сопровождается излучением с энергией, соответствующей этому переходу. К достоинству этого метода анализа следует отнести быстроту получения информации, измерение не приводит к разрушению образца и не вносит практически искажений в элементный состав многокомпонентной смеси. Метод не требует больших количеств исследуемого вещества /достаточно нескольких десятков микрограмм/см²/ и обеспечивает одновременное определение концентрации нескольких микроэлементов с пороговой чувствительностью ~10⁻⁷ -10⁻⁸ г/г.

Между выходом Y_{is}^{ℓ} характеристического рентгеновского излучения i -линии s -серии (K,L,M...) элемента, входящего в состав мишени, и концентрацией этого элемента в мишени p^{ℓ} для общего случая толстой мишени $/d > 1 \text{ мг/см}^2$ / существует соотношение вида

$$Y_{is}^{\ell} = p^{\ell} \frac{n_p L}{A^{\ell}} \epsilon \int_0^R \sigma_{is}^{\ell}(x) \exp(-\mu_i^{\ell} x \frac{\cos\theta}{\cos\phi}) dx, \quad /1/$$

где n_p - число протонов, падающих на мишень; L, A^{ℓ} - число Авогадро, атомный вес; ϵ - эффективность регистрации рентгеновского излучения детектором; R - максимальный пробег прото-

нов в мишени; μ_i^{ℓ} - массовый коэффициент ослабления рентгеновского излучения i -линии от ℓ -элемента элементами, входящими в состав мишени:

$$\mu_i^{\ell} = \sum_k \mu_i^{\ell k} p^k,$$

$\mu_i^{\ell k}$ - ослабление излучения i -линии ℓ -элемента элементом k , входящим в состав мишени с определенной концентрацией p^k ; θ, ϕ - углы между нормалью к облучаемой поверхности и направлением оси пучка и к детектору соответственно.

Для тонких образцов $/d < 1 \text{ мг/см}^2$ /, в которых можно пренебречь как потерей энергии проходящих через них протонов, так и поглощением возникающего при этом рентгеновского излучения, выход этого излучения из образца определяется уравнением

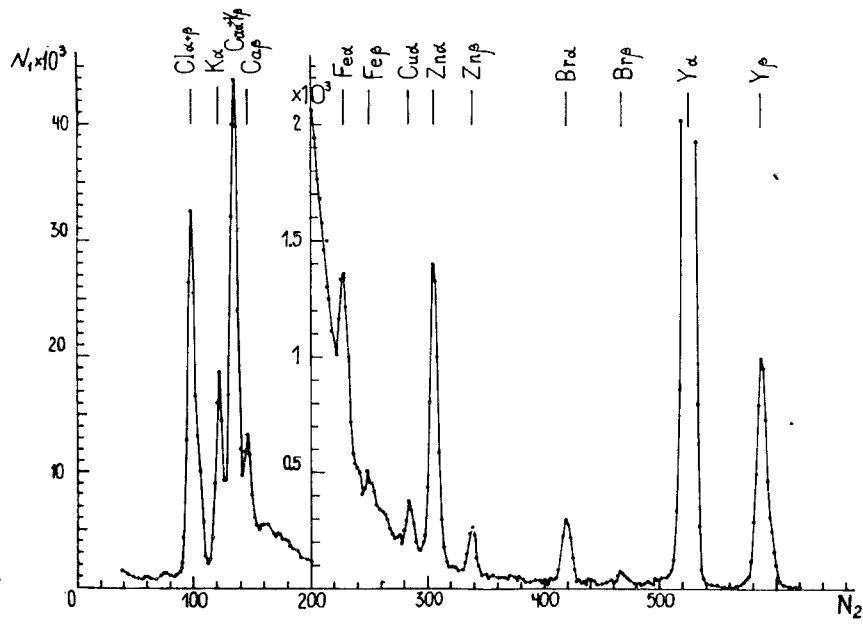
$$Y_{is}^{\ell} = \sigma_{is}^{\ell}(E_0) n_p \epsilon N^{\ell}, \quad /2/$$

N^{ℓ} - число атомов элемента в $/\text{ат/см}^2$ /. Другие значения величин, входящих в формулу, обозначены ранее. Определение элементного состава упрощается, если имеется возможность ввести в исследуемый образец внутренний стандарт - элемент известной концентрации p^{cm} , отличающийся по Z от исследуемых элементов. Тогда искомая концентрация может быть определена уравнением вида

$$p^{\ell} = \frac{Y_{is}^{\ell} A^{\ell} \sigma_{is}^{cm} \epsilon^{cm}}{Y_{is}^{cm} A^{cm} \sigma_{is}^{\ell} \epsilon^{\ell}} p^{cm}. \quad /3/$$

МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

Измерение выхода характеристического рентгеновского излучения проводилось на пучке протонов электростатического ускорителя Ван-де-Граафа Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ. Измерения проводились на тонких мишенях. Принята следующая технология их изготовления. Спинномозговая жидкость, взятая в результате поясничной пункции у больных клинического отделения Института неврологии в г.Кельце /ПНР/, помещалась в центрифугу для отделения самой жидкости от примесей крови и тканей. Из очищенной таким образом жидкости отбиралась проба известного объема, в которую затем вводился в качестве внутреннего стандарта $Y(\text{NO}_3)_3$ известной концентрации (~10ppm). Смесь наносилась на пленку микрофоля $/d = 3,5 \text{ мкм/}$, укрепленную на рамке из чистого $\text{Al}/99,9995\%$ и тщательно просушивалась. Толщина нанесенного слоя ~900мкг/см². В дальнейшем рамка с мишенью помещалась в камеру измерений, установленную на одном из ионопроводов электростатического ускорителя. Измерение



рентгеновского излучения от исследуемых мишеней проводилось детектором, установленным вне вакуумного объема камеры под углом 90° по отношению к падающему пучку. Расстояние от центра мишени до детектора - 50 мм. Для обеспечения прохождения рентгеновского излучения в указанном направлении в камере имеется отверстие, перекрываемое пленкой металлизированного майлара толщиной 25 мкм. Импульсы от детектора через предусилитель и усилитель направлялись на многоканальный анализатор импульсов DIDAC для их последующей записи и обработки. Обработка энергетических спектров производилась по программе ОИЯИ АСТІV на ЭВМ БЭСМ-6. Подробное описание экспериментальной установки и методика определения элементного состава опубликованы ранее^{1/1}. На рисунке представлен типичный энергетический спектр характеристического рентгеновского излучения при возбуждении одной из мишеней пучком протонов с энергией 3 МэВ.

В таблице приведены результаты измерений, рассчитанные по формуле [3]. Они получены на пробах, взятых у 15 больных, имеющих различные заболевания центральной нервной системы. Для каждой пробы изготовлялись 5 мишеней и результат, приведенный в таблице /в мкг/мл/, является усредненным значением. Приведенные в таблице ошибки измерения являются средними квадратичными ошибками определения концентрации. Ее величина ме-

Таблица

Наблюдаемые микроэлементы в мкг/мл

Элем. Пробы	Cl	K	Ca	Fe	Cu	Zn	Br
1	664±66	31,9±2,8	22,6±2,7	0,172±0,024	0,026±0,004	0,142±0,019	0,322±0,045
2	1117±110	54,3±5,7	25,7±3,1	0,314±0,044	0,091±0,013	0,276±0,038	0,588±0,082
3	1336±134	66,2±6,6	32,5±3,9	0,267±0,037	0,071±0,011	0,28±0,039	0,48±0,065
4	712±70	33,9±3,9	24,9±3,0	0,326±0,046	0,092±0,013	0,481±0,067	0,261±0,036
5	893±89	44,3±4,4	27±3,2	0,579±0,081	0,081±0,011	0,219±0,031	0,267±0,037
6	928±93	53,0±4,7	21,9±2,6	0,15±0,021	0,06±0,008	0,187±0,028	2,33±0,326
7	557±56	25,2±2,4	18,8±2,6	0,115±0,016	0,048±0,007	0,16±0,023	2,77±0,38
8	498±50	23,7±2,5	21±2,5	0,113±0,016	0,0385±0,0054	0,211±0,029	0,306±0,043
9	323±32	18,8±2,0	19±2,3	0,274±0,038	0,097±0,013	0,109±0,015	2,06±0,288
10	581±58	28,3±2,8	24,7±2,9	0,237±0,033	0,092±0,013	0,236±0,033	0,199±0,017
11	225±22	10,8±0,9	20,8±2,5	0,096±0,013	0,043±0,006	0,238±0,033	0,058±0,008
12	489±49	26,2±2,6	48,9±5,9	1,13±0,16	0,063±0,009	0,404±0,057	0,188±0,026
13	234±23	11,9±1,63	14,16±1,63	0,363±0,049	0,345±0,048	0,406±0,057	0,733±0,103
14	313±32	16,2±1,6	23,88±2,9	0,176±0,025	0,063±0,009	0,333±0,048	0,12±0,018
15	326±32	17,1±1,73	25,4±3,0	0,163±0,023	0,059±0,008	0,642±0,090	0,544±0,076

няется для различных измерений в пределах 9-14%. Она складывается из статистической ошибки определения площади энергетического спектра /1% для Cl, K, Ca, Y и 4% для остальных элементов/, ошибки в определении σ_{is} /5-7%/, ошибки определения эффективности ~ /5-6%/ и ошибки определения концентрации иттрия при приготовлении соединения $Y(NO_3)_3$ - 1%. Как видно из таблицы и рисунка, в спинномозговой жидкости человека наблюдаются Cl, K, Ca, Fe, Cu, Zn, Br. Заметим, что для всех проб, за исключением измерений №12 и 13, концентрация кальция в пределах ошибок измерения остается постоянной /23,7±3/мкг/см², в то время как для остальных микроэлементов ее разброс весьма существен. Однако окончательное заключение о неизменности концентрации кальция в спинномозговой жидкости, так же как и заключение о корреляции между микроэлементным составом и заболеваниями, будут сделаны после проведения измерений на значительно большем числе проб. В этой связи представленный в настоящей работе материал следует считать предварительным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бразевич Э. и др. ОИЯИ, Б1,18-81-503, Дубна, 1981.

Рукопись поступила в издательский отдел
3 мая 1982 года.

Бразевич Э. и др.

18-82-313

Микроэлементный состав спинномозговой жидкости

Измерен микроэлементный состав спинномозговой жидкости пациентов клинического отделения Института неврологии г.Кельце /ПНР/. Показано, что в состав спинномозговой жидкости входят: Cl, K, Fe, Cu, Zn, Br, Ca. Измерения проводились методом детектирования характеристического рентгеновского излучения, образуемого при возбуждении мишеней пучком протонов от электростатического ускорителя Ван-де-Граафа ОИЯИ.

Работа выполнена в Лаборатории нейтронной физики ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1982

Braziewicz E. et al.

18-82-313

The Microelement Composition of the Spinal-Cord Liquid

The microelement composition of the spinal-cord liquid taken from the patients in the hospital in Keltz (Poland) was measured. It was shown that there enter the following elements: Cl, K, Fe, Cu, Zn, Br, Ca. The measurements were performed by the method of detection of characteristic X-ray radiation formed under excitation of the targets with proton beam from the electrostatic Van der Graaf accelerator of JINR.

The investigation has been performed at the Laboratory of Neutron Physics, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1982

Перевод авторов.