

УДК 612.015.31

А. В. АВАКЯН

ВОЗРАСТНАЯ ДИНАМИКА МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В МЕЖПОЗВОНКОВОМ ДИСКЕ ЧЕЛОВЕКА

Изучен состав микроэлементов межпозвонкового диска человека в возрастном аспекте.

Установлено, что содержание лития, калия, алюминия, кремния, хрома, магния, цинка с возрастом снижается; количество кальция, фосфора, марганца, меди, железа — возрастает. Отмечено также внутрдисковое перераспределение титана, алюминия и кремния при старении.

Биологическую роль микроэлементов впервые научно обосновал выдающийся русский ученый В. И. Вернадский [4], создавший и творчески обосновавший новую отрасль науки, названную им биогеохимией.

В последующем А. П. Виноградов [5], В. В. Ковальский [8] на основе учения В. И. Вернадского создали учение о биогеохимических провинциях. Это учение позволило объяснить причину многих эндемических заболеваний как у животных (лизуха, акобальтоз), так и у людей (эндемический зуб, флюороз и зубной кариес, подагра и т. д.).

Благодаря исследованиям ряда отечественных и зарубежных авторов [1, 3, 10 — 17] накоплено много ценного в исследовании и распределении микроэлементов, определена их роль как во внешней среде, так и в организмах растений и животных.

Микроэлементы связаны с основными функциями организма: обменными процессами, ростом и развитием, размножением, кроветворением. Они входят в состав витаминов, металлоэнзимов, участвуют в синтезе белка, в обмене нуклеиновых кислот и т. д. Однако ни в советской литературе, ни в зарубежных сообщениях нам не удалось найти работ, касающихся изучения микроэлементного состава межпозвонкового диска в возрастном аспекте.

Химический состав неорганической части межпозвонковых дисков мы определяли приближенным количественным спектральным анализом по усовершенствованной методике М. М. Клера [7] с предварительным высушиванием и озолением первичного материала. Спектральный эмиссионный анализ проводили на спектрографе ИСП-28 с последующей расшифровкой спектрограмм на спектропроекторе ДСП-1 и микрофотомере МФ-2.

Нам удалось в каждой пробе золы межпозвонкового диска постоянно регистрировать 15 элементов: кремний, алюминий, магний, кальций, железо, натрий, калий, марганец, титан, медь, стронций, литий, фосфор,

хром, цинк. 5 элементов — никель, свинец, серебро, бор, цирконий — обнаруживали в единичных образцах.

Для изучения возрастных изменений в межпозвоночном диске поясничного отдела позвоночника нами произведено 63 наблюдения, которые подразделены на 3 группы: I — от 0 до 30 лет — 23, II — от 31 до 60 лет — 22, III — от 61 года и выше — 18 наблюдений.

Динамика 15 микроэлементов по возрастным группам представлена в табл. 1. Все микроэлементы изучались как в пульпозном ядре диска, так и в фиброзном кольце.

В I возрастной группе фиброзное кольцо диска содержит лития в 2,5 раза больше, чем пульпозное ядро. Во II группе в пульпозном ядре это количество почти не изменилось, в фиброзном кольце литий уменьшился в 4 раза. В третьей группе замечается также тенденция к снижению концентрации лития. Литий в пульпозном ядре снизился в 2, в фиброзном кольце — в 4 раза.

Наши исследования показали, что во всех трех возрастных группах натрий обнаружен в пульпозном ядре и в фиброзном кольце в равных количествах (от 955 ± 48 до 1000 ± 58 мг%). Изменений по возрастным группам не выявлено.

Таблица 1

Микроэлементы	Возрастные группы					
	I группа 0—30 лет		II группа 31—60 лет		III группа 61 и выше	
	пульпозное ядро	фиброзное кольцо	пульпозное ядро	фиброзное кольцо	пульпозное ядро	фиброзное кольцо
Si	9,76±2,4	10,34±3,4	4,55±1,5	3,0±1,5	7,2±1,2	3,0±0,9
Al	9,2±1,2	9,3±1,4	4,3±1,0	4,2±1,0	5,6±1,2	2,6±0,6
Mg	153,4±31,0	154,7±41,0	76,2±12,9	36,1±4,5	96,8±18,1	39,5±12,4
Ca	312±32	337,3±57	373,7±88	367,4±39	457,1±42,5	447,1±34
Fe	3,98±0,9	6,54±1,8	8,37±1,5	9,0±1,6	23,2±3,7	23,8±3,5
Na	1000±53	955±48	1000±56	1000±52	1000±56	1000±53
K	662±32	613,8±44	390±11,1	325±11,1	262,1±42,9	225±42,9
Mn	0,125±0,02	0,159±0,03	0,13±0,03	0,069±0,02	0,243±0,09	0,216±0,05
Ti	0,19±0,03	0,34±0,07	0,22±0,04	0,20±0,06	0,42±0,01	0,13±0,03
Cu	1,32±0,3	1,47±0,3	0,22±0,04	0,20±0,06	1,6±0,3	1,12±0,3
Sr	1,57±0,2	1,3±0,2	2,1±0,2	0,74±0,08	1,94±0,3	1,24±0,2
Li	0,203±0,06	0,49±0,2	0,182±0,06	0,126±0,03	0,137±0,03	0,115±0,04
P	36,4±1,6	57,0±1,9	45,4±10,1	32,8±10,0	165,4±13	188,3±13
Cr	0,45±0,13	0,92±0,3	0,31±0,01	0,21±0,01	0,34±0,1	0,25±0,03
Zn	1,25±0,3	2,38±0,7	1,22±0,3	1,89±0,1	0,8±0,3	0,64±0,09

Примечание. Все данные выражены в мг% на золу.

Содержание калия во II возрастной группе по сравнению с I группой снижается почти наполовину; это снижение продолжается и в III группе. Старше 61 года диск содержит почти в 3 раза меньше калия, чем у более молодых.

Содержание кальция после 31 г. повышается, особенно после 60 лет. Это объясняется тем, что с возрастом в органах и тканях опорно-двигательного аппарата, а также и в диске происходит скопление кальция. Диск постепенно обезвоживается, становится менее упругим, высыхает, дает трещины. Соотношение К:Са с возрастом меняется обратно пропорционально. В I возрастной группе в диске калия в два раза больше, чем кальция, во II группе это соотношение уравнивается, в третьей группе кальция становится в два раза больше, чем калия.

С возрастом снижается интенсивность обмена веществ, в частности углеводного, в котором активно участвуют литий и калий. В связи с этим их содержание в межпозвоночном диске уменьшается.

Стронций по своим химическим свойствам очень близок к кальцию. Обычно наблюдается обратно пропорциональная зависимость между распределением кальция и стронция в органах и тканях человека, с одной стороны, и содержанием магния — с другой. Это высказывание А. О. Войнар [6] подтверждается и на нашем материале. В трех возрастных группах наряду с увеличением кальция и стронция отмечается постепенное снижение содержания магния.

Динамика изменения алюминия и кремния однотипна: до 30 лет диск содержит больше алюминия и кремния. Позже наблюдается снижение концентрации их почти в 2 раза. Большое содержание в молодом возрасте алюминия и кремния объясняется усилением опорно-двигательного аппарата, повышением опорности позвоночника и других костей скелета. Пульпозное ядро после 60 лет содержит в 2 раза больше алюминия и кремния, чем фиброзное кольцо (рис. 1, А).

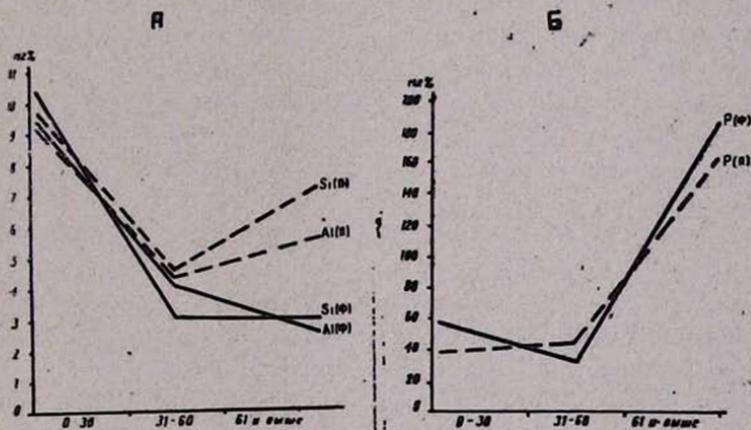


Рис. 1. Содержание алюминия и кремния (А) и фосфора (Б) в межпозвоночном диске человека. По вертикали — количество в мг% на золу, по горизонтали — возраст в годах; п — пульпозное ядро, ф — фиброзное кольцо.

Присутствие титана в диске специфично. Во всех возрастных группах общее его количество не меняется. Если в начале он больше содер-

жался в фиброзном кольце, то после 31 г. эта разница в концентрации уравнивается. Со старением же титана обнаруживается больше в пульпозном ядре. Перемещение титана из наружной оболочки диска во внутреннюю трудно объяснить, т. к. этот процесс тесно связан со старением и изменением обменных процессов, происходящих в диске.

При онтогенезе межпозвонкового диска хром также претерпевает изменения. Его начальная концентрация после 30 лет снижается и так сохраняется до конца жизни. Пульпозное ядро содержит элемента на $1/3$ больше, чем фиброзное кольцо. Постоянное содержание хрома говорит об участии его в обменных процессах, происходящих в диске. Хром поглощается кислыми мукополисахаридами, скапливающимися в пульпозном ядре в связи с возрастом.

Фосфор в межпозвонковом диске содержится в молодом возрасте (до 30 лет) в довольно больших количествах (особенно богато фиброзное кольцо). После 30 лет содержание его несколько снижается. Старше 60 лет количество фосфора заметно увеличивается, приблизительно в 3—4 раза (рис. 1, Б). В старческом возрасте фосфор поровну распределяется в фиброзном кольце и пульпозном ядре. Скопление неорганического фосфора в диске после 60 лет говорит о его участии в статической опорной функции. Организм перераспределяет состав микроэлементов, стараясь сохранить первоначальную крепость и функцию опорно-двигательного аппарата, в частности межпозвонкового диска.

Содержание марганца в диске после 30 лет снижается, а после 60 лет вновь повышается. Марганец больше содержится в печени и трубчатых костях. После 60 лет в межпозвонковом диске концентрация марганца больше, чем в трубчатых костях. По-видимому, марганец не только скапливается в костной системе, но и депонируется в межпозвонковых хрящах, принимая активное участие в биосинтезе мукополисахаридов. С другой стороны, большое накопление неорганического марганца в межпозвонковом диске является одной из причин уплотнения диска. Возможно, марганец приводит к минерализации коллагена. Это предположение требует дальнейшего подтверждения. Так или иначе, большое количество марганца содействует окислительно-восстановительным процессам.

Содержание меди в диске снижается после 31 г. и вновь увеличивается после 60 лет, однако она концентрируется уже в ядре. Скопление меди также влияет на уплотнение коллагена с последующим уплотнением всего диска. По нашим данным, с возрастом в межпозвонковом диске повышается количество кислых мукополисахаридов, а последние способны поглощать кальций, медь, цинк, магний и другие микроэлементы. Задержка меди в межпозвонковом диске с возрастом происходит параллельно с другими элементами (фосфор, железо, марганец), что говорит об их избирательном скоплении в межпозвонковом хряще и участии во многих процессах, происходящих в диске.

Возрастная динамика железа выглядит следующим образом. В I возрастной группе в фиброзном кольце железа содержится вдвое боль-

ше, чем в пульпозном ядре. Во II группе количество железа заметно возрастает. В пульпозном ядре количество его в 2,5 раза больше, чем в ядре I группы, в фиброзном кольце больше, чем в кольце I группы. Концентрация железа резко повышается в межпозвонковом диске после 61 г. и достигает $23,83 \pm 3,5$ мг% в фиброзном кольце, почти столько же обнаруживается его в пульпозном ядре. Это в 7—8 раз больше, чем в пульпозном ядре и почти в 4 раза больше, чем в фиброзном кольце первой возрастной группы. Большое скопление железа с возрастом в межпозвонковом диске говорит о хондриотропной роли данного микроэлемента.

И, наконец, до 30-летнего возраста фиброзное кольцо содержит почти в 2 раза больше цинка, чем пульпозное ядро. Это количество после 30 лет немного уравнивается, оставаясь повышенным в фиброзном кольце. После 60 лет происходит снижение концентрации цинка в пульпозном ядре в 1,5, в фиброзном кольце — в 4 раза по сравнению с молодым возрастом.

Изучение количественного уровня вышеперечисленных микроэлементов в межпозвонковом диске в возрастном аспекте дает нам необходимую информацию о динамике этих элементов. Нами была установлена четкая закономерность изменения некоторых микроэлементов. Содержание лития, калия, алюминия, кремния, хрома, магния, цинка с возрастом снижается; натрия, стронция, титана не меняется, их постоянная концентрация сохраняется во всех возрастных группах. Количество кальция, фосфора, марганца, меди, железа в межпозвонковом диске с возрастом увеличивается.

Микроэлементы в тканях и органах находятся в строго уравновешенном соотношении. Изменение содержания одного какого-либо микроэлемента в межпозвонковом диске влечет за собой изменение количества других элементов или замещение другими, так называемыми подобными элементами. Все эти явления тесно связаны с обменом веществ, происходящим в диске, меняются соответственно с возрастом. и в какой-то мере отражают имеющие место морфологические и функциональные изменения опорно-двигательного аппарата. Перераспределение микроэлементов отражает процессы старения диска — его уплотнение, «высыхание», появление хрупкости, образование трещин, выпадение и т. д.

Детальное изучение отмеченных сдвигов откроет перед нами возможность направленного торможения несвоевременных изменений, происходящих в диске.

Выводы

1. В межпозвонковом диске с возрастом происходит снижение содержания лития, калия, алюминия, кремния, хрома, магния и цинка.
2. Содержание кальция, фосфора, марганца, меди и железа увеличивается.
3. Содержание натрия, стронция и титана не меняется.

4. Происходит внутридисковое перераспределение титана, алюминия и кремния, с возрастом содержание этих элементов уменьшается в фиброзном кольце и увеличивается в пульпозном ядре.

Кафедра хирургии ПСС факультетов,
Кафедра патологической анатомии
Ереванского медицинского института

Поступила 28/1 1971 г.

Ա. Վ. ԱՎԱԿՅԱՆ

ՄԻԿՐՈՒԼԵՄԵՆՏՆԵՐԻ ԳԻՆԱՄԻԿԱՆ ՄԱՐԴՈՒ ՄԻՋՈՂՆԱՅԻՆ
ՍԿԱՎԱՌԱԿՆԵՐՈՒՄ ԸՍՏ ՏԱՐԻՔԻ

Ա մ փ ո փ ո ս մ

Ուսումնասիրվել են 15 միկրոէլեմենտներ 0—30, 31—60 և 61-ից բարձր տարիքի անձանց մոտ: Միկրոէլեմենտները որոշվել են սպեկտրալ անալիզի միջոցով: Հայտնաբերվել են կայուն օրինաչափություններ: Որքան ավելանում է տարիքը, այնքան միջոցային սկավառակներում պակասում է լիթիումի, կալիումի, ալյումինի, սիլիցիումի, բորի, մագնեզիումի և ցինկի քանակը: Նատրիումի, ստրոնցիումի և տիտանի քանակը չի փոխվում: Կալցիումի, ֆոսֆորի, մանգանի, պղնձի և երկաթի քանակն ավելանում է:

Տարիքի հետ կապված տեղի է ունենում նաև տրոշ միկրոէլեմենտների ներածառային տեղաշարժ: Տիրաւնը, ալյումինը և սիլիցիումը պակասում են միջոցային սկավառակի ներդաւոր օղում և ավելանում կաղնաւակորիղում:

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бабенко Г. А. Микроэлементы в экспериментальной и клинической медицине. Киев, 1965.
2. Беренштейн Ф. Я., Лемаш В. Ф., Грошевская С. Б., Школьник М. И., Кичина М. М. Тезисы докладов VIII Всесоюзного съезда физиологов, биохимиков, фармакологов. М., 1955, стр. 71.
3. Венчиков А. И. Биотика. М., 1962.
4. Вернадский В. И. Химический состав живого вещества. М., 1922.
5. Виноградов А. П. ДАН СССР, 1934, стр. 454.
6. Войнар А. О. Биологическая роль микроэлементов в организме животных и человека. М., 1953.
7. Клер М. М. Известия АН СССР, 1954, 2, стр. 87.
8. Ковальский В. В. Труды конференции по микроэлементам. М., 1952.
9. Коломейцева М. Г., Неймарк И. И. Труды Алтайского медицинского института. Новосибирск, 1963, 2, стр. 114.
10. Леонов В. А. ДАН БССР, 1962, 6, 7, стр. 11.
11. Лейс Я. В. В кн.: Применение микроэлементов в сельском хозяйстве и медицине. Рига, 1959. стр. 5.
12. Arnon D. J. Acad Presse, 1958, 4, 151.
13. Thiers R. E. In Methods in Biochemical Analysts. New-York, 1957.
14. Underwood E. J. Trace Element in Human and Animal Nutrition. Acad. Presse, New-York, 1956.
15. Weissbecker L. Handbuch. ger. gesamten Haematologie. München, 1960, 3, 1, 136.
16. Williams P. A., Placoecke A. P. Biochem. et biophys. acta, 1965, 101, 3, 327.
17. Wolff H. P. Klin. Wachr., 1956, 34, 15, 109.