

## STANOVENIE RÁDIOSTRONCIA V MOČI

V. ZBOŘIL, I. ŠEBESTIAN, T. TRNOVEC, K. ĎURČEK

Ústav hygieny práce a chorôb z povolania v Bratislave

Vo vede, priemysle, energetike, poľnohospodárstve a i. dochádza stále k širšiemu používaniu rádioaktívnych látok. Táto skutočnosť spolu s ustavičným zvyšovaním rádioaktívneho spadu prináša riziko zvýšenia hladiny týchto látok v organizme veľkého počtu ľudí. Škodlivé účinky inkorporovaných rádioaktívnych látok sa môžu klinicky prejavovať až značne neskoro. Z hľadiska prevencie a diagnostiky internej kontaminácie má význam včasné zistenie zvýšenia hladiny rádioaktívnych látok vo výlučkoch človeka.

Jednou z najtoxickjších rádioaktívnych látok je rádiostroncium. V zahraničí boli vypracované viaceré metódy stanovenia rádiostronciuma vo vode, v moči a v iných materiáloch [1—9]. Líšia sa navzájom svojou koncepciou. V niektorých z nich [2, 8] sa vypočítava obsah rádiostronciuma zo zmeranej aktivity zrazeniny síranov, šťavelanov alebo uhličitanov. Pri týchto metódach vzniká objemná zrazenina a v dôsledku vysokej samoabsorpcie sa znižuje ich citlivosť. Kvantitatívne oddeliť ostatné rádioaktívne prvky prítomné vo vzorke sa zrejme podarí len v ojedinelých prípadoch.

Tieto nevýhody odstraňujú niektorí autori [10] tak, že merajú špecifickú aktivitu niektorej definovanej soli stronciuma, nachádzajúcej sa vo vzorke, po jej oddelení zo zmesi. Z takto nameranej špecifickej aktivity a z pôvodného množstva neaktívneho izotopu vo vzorke možno vypočítať množstvo rádiostronciuma. Veľmi často je množstvo neaktívneho stronciuma, prítomné pôvodne vo vzorke, zanedbateľné vzhľadom na stroncium pridávané ako nosič, čo celý postup značne zjednodušuje.

Jednotlivé opísané metódy oddeľovania sa navzájom líšia najmä v spôsobe oddelenia stronciuma od veľkého nadbytku vápnika a malého množstva bárya pridávaného ako nosič pre rádiobáryum a rádium. Zo zrazeniny uhličitanov alebo šťavelanov možno vápnik odstrániť po prevedení na dusičnany extrakciou absolútnym alkoholom [11], zmesou absolútny alkohol—éter [3] alebo acetónom [7]. Je možné postupovať aj podľa H. H. Willarda a G. F. Smitha [12, 13] alebo použiť na oddelenie kolónu plnenú ionexmi [9] alebo kyslíčnikom hlimitým [14]. Najčastejšie sa používa oddeľovanie s koncentrovanou kyselinou dusičnou [2, 5, 10]. Báryum možno odstrániť na základe malej rozpustnosti  $BaCl_2$  v koncentrovanej kyseline solnej [15] alebo v zmesi koncentrovanej kyseliny solnej s éterom [10] alebo s butanolom [12]. Báryum je možné zrážať s  $Na_2CrO_4$  pri pH 4,6 [5, 16].

Názory rozličných autorov na použiteľnosť uvedených metód sa líšia [5, 10, 13]. Takmer všetky metódy sa dajú použiť pri stanovení rádiostronciuma

[10], kde je výhodné, že stroncium sa nemusí získavať v kvantitatívnom výťažku. Várove veľmi malé množstvá iných rádioaktívnych prvkov sa oddeľia adsorpciou na čerstvo vyzrážaný hydroxyd železitý alebo lantanitý. Účinnosť obidvoch sa líši veľmi málo [10].

Metódy stanovenia rádiostronciumu v moči dosiaľ u nás neboli opísané a nie sú s nimi skúsenosti. Preto sme pristúpili k vypracovaniu metódy, ktorá by umožnila rýchle a presne stanoviť rádiostroncium v moči bez náročného laboratórneho vybavenia.

### Experimentálna časť

Spracovali sme sériu vzoriek moču, do ktorých sme pridali rovnaké množstvo Sr-89. Objem vzorky sme volili asi 1,5 l, aby sa priblížil množstvu moču vylúčeného dospelým človekom za deň (1,0—2,0 l).

Ku každej vzorke sme pridali 20 mg Ba a 30 mg Sr ako nosiče. Po premiešaní sme pridali 15 ml nasýteného roztoku  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  a 10 ml koncentrovaného amoniaku. Vzorku sme nechali cez noc stáť. Zrazeninu sme odcentrifugovali, rozpustili v práve potrebnom množstve 65 %  $\text{HNO}_3$  a doplnili destilovanou vodou na 4 ml. Za stáleho miešania sme pridali 6 ml dymivej kyseliny dusičnej a zmes sme ochladili tečúcou vodou. Zrazeninu dusičnanov Ba a Sr sme odcentrifugovali, rozpustili v 4 ml vody a zrážanie s dymivou kyselinou dusičnou sme podľa potreby opakovali ešte raz alebo dvakrát. Odcentrifugovanú zrazeninu dusičnanov Ba a Sr sme po poslednom zrážaní rozpustili asi v 10 ml destilovanej vody, pridali sme 1 ml 2 %  $\text{FeCl}_3$  a 1 ml koncentrovaného amoniaku. Vylúčený hydroxyd železitý sme odcentrifugovali a roztok zneutralizovali koncentrovanou kyselinou soľnou na fenoltaleín. pH sme upravili pridaním 1 ml 6 M kyseliny octovej a 2 ml 6 M octanu amónneho.

Pridaním 1 ml 5 %  $\text{Na}_2\text{CrO}_4$  sa vyzráža  $\text{BaCrO}_4$ , ktorý sa po pol hodine odcentrifuguje. Roztok sa zalkalizuje 3 ml 20 %  $\text{NaOH}$  a pridajú sa 2 ml nasýteného roztoku  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ . Uhlíčan strontnatý sa odcentrifuguje, rozpustí v niekoľkých kvapkách koncentrovanej kyseliny soľnej, zriedi sa destilovanou vodou a znovu sa prezráža. Suspenzia zrazeniny trikrát premytej vodou sa nanesie na zvážené hliníkové misky a odparí sa do sucha. Po opätovnom zvážení sa meria aktivita.

Ďalej sme pripravili porovnávacie preparáty tak, že asi do 10 ml destilovanej vody sme pridali rovnaké množstvá Sr-89 ako v predchádzajúcom prípade a 30 mg nosiča Sr. Po zalkalizovaní koncentrovaným amoniakom (2 ml) sme  $\text{SrCO}_3$  vyzrážali nasýteným roztokom  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  (1 ml). Zrazeninu po trojnásobnom premytí destilovanou vodou sme nanesli na zvážené hliníkové misky ako v predchádzajúcom prípade. Po opätovnom zvážení sme merali aktivitu.

#### *Použitá surovina a zariadenie*

Roztok Sr-89 ako  $^*\text{SrCl}_2$  v 0,8 N-HCl (dodal VÚR, Praha).

Roztok nosiča Sr obsahuje v 1 litri 24,5022 g octanu strontnatého p. a. 1 ml roztoku obsahuje 10 mg Sr.

Roztok nosiča Ba obsahuje v 1 litri 17,790 g kryštalického chloridu bárnateho p. a. 1 ml roztoku obsahuje 10 mg Ba.

65 %  $\text{HNO}_3$  p. a.

Dymivá  $\text{HNO}_3$  technická, predestilovaná  $h = 1,52$ .

Koncentrovany amoniak asi 22 %  $\text{NH}_3$  p. a.

$\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$  p. a.

6 M kyselina octová; 100 ml obsahuje 34,4 ml ľadovej kyseliny octovej p. a.

6 M octan amónny; 200 ml obsahuje 92,48 g octanu amónneho p. a.

$\text{Na}_2\text{CrO}_4$  p. a.

Všetky chemikálie sú výrobkom fy Lachema, n. p.

Meralo sa na dekadickom reduktore VÚPEF, Praha, GM trubicou 30/50 beta, so sfudovým okienkom  $r = 1,389$  cm o plošnej váhe 4,0—5,7 mg/cm<sup>2</sup>. Sonda s trubicou sa vložila do oloveného krytu o hrúbke stien 5 cm olova, znútra vyloženého hliníkovým plechom o hrúbke 1,5 mm. Vzorky sa naniesli na hliníkové podložky o polomere  $r = 0,941$  cm a hĺbke 2 mm.

### Diskusia

Špecifická aktivita preparátov stroncia izolovaného z moču je o 0,5 % vyššia než špecifická aktivita porovnávacích preparátov. Znečistenie  $\text{SrCO}_3$  v preparáte by sa nevyhnutne prejavilo znížením ich špecifickej aktivity. Rozdiel je spôsobený nepresnosťou metódy. Chyby, ktorých sa pri uvedenom spôsobe stanovenia dopúšťame, majú svoj pôvod v niekoľkých skutočnostiach. Predovšetkým je to množstvo stroncia prítomné v pôvodnej vzorke. Za základ výpočtu berieme množstvo stroncia pridaného do vzorky (30 mg). Z organizmu sa za normálnych okolností vylučuje močom najviac 0,4 mg Sr za deň. Toto množstvo zafaží teda výsledok chybou —1,33 %. Podobným spôsobom vzniká chyba pri nepresnom odmeraní množstva nosiča. Presnosť stanovenia špecifickej aktivity závisí od presnosti, s akou sa stanoví váha meraného preparátu. Ďalej pristupuje štatistická chyba merania a chyba vyplývajúca z nehomogenity vzorky. V našom prípade sme používali vzorky o pomerne vysokej aktivite, čím sa značne zmenšila štatistická chyba. Pri stanovení veľmi malých množstiev rádiostroncia sa však štatistická chyba zväčšuje a klesá presnosť stanovenia. Spodná hranica citlivosti tejto metodiky je daná spodnou hranicou citlivosti prístroja použitého na meranie aktivity vzorky. Treba prihliadnúť na chemický výťažok. (Priemerný výťažok, ktorý sme dosiahli, bol 68,3 %.) Spôsob izolácie stroncia zo vzorky sme volili tak, aby bol rýchly a nevyžadoval zložité laboratórne vybavenie.

### Súhrn

Vypracovala sa metóda pre stanovenie malých množstiev rádiostroncia v moči, ktorá sa dá použiť aj na stanovenie rádiostroncia vo vode a v iných materiáloch.

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАДИОСТРОНЦИЯ В МОЧЕ

В. ЗБОРЖИЛ, И. ШЕБЕСТИАН, Т. ТРНОВЕЦ, К. ДЮРЧЕК

Институт гигиены труда и профессиональных болезней в Братиславе

## Выводы

Разработан метод определения малых количеств радиостронция в моче. Метод применим тоже для определения радиостронция в воде и других средах.

Поступило в редакцию 20. 3. 1959 г.

## BESTIMMUNG VON RADIOSTRONTIUM IM HARN

V. ZBOŘIL, I. ŠEBESTIAN, T. TRNOVEC, K. ĎURČEK

Institut für Arbeitshygiene und Berufskrankheiten in Bratislava

## Zusammenfassung

Es wurde eine Methode zur Bestimmung kleiner Mengen von Radiostrontium im Harn ausgearbeitet, welche sich auch für die Bestimmung von Radiostrontium im Wasser und in anderen Materialien verwenden lässt.

In die Redaktion eingelangt den 20. 3. 1959

## LITERATÚRA

1. Harrison C. E., Raymond W. H. A., Sutton A., Clin. Sci. 13, 61 (1954). —
2. Harrison C. E., Raymond W. H. A., J. Nuclear Energy 1, 98 (1955). — 3. Merritt W. F., Can. J. Chem. 36, 425 (1958). — 4. Sansoni B., Angew. Chem. 66, 595 (1954). —
5. Sundermann D. N., AECU 3159 (1959). — 6. Farabee L. B., WASH 736, 131 (1957). — 7. Hahn R. B., Straub C. P., J. Am. Water Wks. Assoc. 47, 325 (1955). —
8. Tompkins P. C., Farabee L. B., Khym J. X., AECD, 2692 (1949). — 9. Farabee L. B., Arch. Ind. Health 17, 209 (1958). — 10. Kooi J., Anal. Chem. 30, 532 (1958).
11. Strohmayr F., Pfaff Ch., *Handbuch der analytischen Chemie I*, Altona 1821, 412. —
12. Willard H. H., Smith G. F., J. Am. Chem. Soc. 44, 2816 (1932). — 13. Kallmann S., Anal. Chem. 20, 449 (1948). — 14. Ballezo H., Schenk W., Mikrochim. Acta 19, 163 (1954). — 15. Coryel C. D., Sugarman H., *Radiochemical Studies, The Fission. Products*. Nat. Nuclear Energy Series IX, Vol. 9, New York 1951. — 16. Beyer G., Rieman W., Ind. Eng. Chem. (Anal. Ed.) 19, 35 (1947).

Do redakcie došlo 20. 3. 1959

*Adresa autorov:*

*Inž. Václav Zbořil, inž. Imrich Šebestian, prom. lekár Tomáš Trnovec, prom. fyzik Karol Ďurček, Bratislava, ulica Národného povstania 18, Ústav hygieny práce a chorôb z povolania.*