Radioaktivität im Menschen = Radioactivité dans le corps humain

Objekttyp: **Group**

Zeitschrift: Umweltradioaktivität und Strahlendosen in der Schweiz =

Radioactivité de l'environnement et doses de rayonnements en Suisse = Radioattività dell'ambiente e dosi d'irradiazione in

Svizzera

Band (Jahr): - (2016)

PDF erstellt am: 29.05.2024

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern. Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek* ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

Chapitre / Kapitel 6

Radioaktivität im Menschen

Radioactivité dans le corps humain

6.1

Ergebnisse der Ganzkörpermessungen

S. Estier

Sektion Umweltradioaktivität, URA / BAG, 3003 Bern

E. G. Yukihara, F. Assenmacher

Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit, Paul Scherrer Institut, 5232 Villigen-PSI

Mme. S. Namy, K. Jeandet

Abteilung Nuklearmedizin des Kantonsspital, Av. Micheli-du-Crest 24, 1211 Genf-4

Zusammenfassung

Ganzkörpermessungen zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes im menschlichen Körper werden regelmässig an Mitarbeitern des Paul Scherrer Institutes (PSI) in Villigen sowie an Studenten und Studentinnen aus Genf durchgeführt. Die ¹³⁷Cs-Messresultate aus Genf lagen durchwegs unter der Nachweisgrenze von ca. 45 Bq. Das PSI ermittelte in diesem Jahr acht ¹³⁷Cs-Messwerte über der Nachweisgrenze von ca. 60 Bq, die aber zu keinen radiologisch relevanten Folgedosen führten. Die ¹³⁷Cs-Aktivitäten für die anderen 416 am PSI durchgeführten Messungen lagen unterhalb der Nachweisgrenze.

Ziel der Messungen

Am PSI werden Ganzkörpermessungen zur Überwachung der beruflich strahlenexponierten Personen dieses Institutes eingesetzt. Bei Ereignissen mit Verdacht auf Inkorporation radioaktiver Stoffe können auch Personen der Bevölkerung gemessen werden. Seit 40 Jahren wurden in Genf Gymnasiastinnen und Gymnasiasten gemessen, mit dem Ziel die Radioaktivität bis zum letzten Glied der Nahrungskette überwachen zu können und Angaben zur Verteilung natürlicher und künstlicher Radionuklide in der Bevölkerung zu erhalten. Leider konnten diese Messungen 2013 nicht durchgeführt werden, da es immer schwieriger wurde die Schüler für diesen freiwilligen Beitrag zu gewinnen. Ab 2014 wurde deshalb das Messprogramm mit Studentinnen und Studenten der höheren Fachschule für Gesundheit in Genf weitergeführt.

Messmethode

Ganzkörpermessungen am Kantonsspital Genf werden mit grossvolumigen Nal-Kristallen in speziell abgeschirmten Messkammern mit Blei- und Eisenabschirmung durchgeführt. Die Messung einer Person dauert in der Regel etwa zehn bis 30 Minuten. Die Kalibrierung erfolgt mittels eines Personen-Phantoms bekannter Aktivität.

Für die Ganzkörpermessungen wird am PSI ein Reinstgermanium-Detektor in einer speziell abgeschirmten Messkammer (mit Blei- und Eisenabschirmung) eingesetzt. Die Messung einer Person dauert in der Regel etwa 7 Minuten für die routinemässigen Überwachungsmessungen am PSI. Die Kalibrierung erfolgt mittels eines personenähnlichen Phantoms bekannter Aktivität.

Im Rahmen der Inkorporationsüberwachung am PSI in Villigen werden bei ausgewählten beruflich strahlenexponierten Personen in der Regel jährlich zweimal eine Ganzkörpermessung durchgeführt. 2016 wurden 262 Personen zu total 424 Ganzkörpermessungen aufgeboten. Bei fünf Personen wurden ¹³⁷Cs-Messwerte über der Nachweisgrenze von ca. 60 Bq festgestellt, die aber zu keinen radiologisch relevanten Folgedosen führten. In den meisten Fällen kann mit sehr grosser Wahrscheinlichkeit davon ausgegangen werden, dass die ¹³⁷Cs-Ganzkörperaktivität über kontaminierte, selbst gesammelte Pilze aufgenommen wurde. Vergleichbare Messwerte lassen sich bei den betroffenen Personen über die letzten Jahre nachverfolgen. Die maximale ¹³⁷Cs-Ganzkörperaktivität betrug ca. 630 Bq, die gemäss der Standardinterpretation in der Verordnung über die Personendosimetrie eine vernachlässigbare, effektive Folgedosis von 18 mikroSievert ergibt. Dieser Wert ist zehnmal kleiner als die typische, natürliche Folgedosis durch ⁴⁰K im Körper.

Die 137Cs-Messwerte an Studentinnen und Studenten aus Genf (21-28-jährige) ergaben durchwegs Werte unter der Nachweisgrenze von ca. 45 Bq.

⁴⁰Kalium-Gehalt des Körpers

Da ⁴⁰K ein Gamma-Strahler ist, kann es bei der Ganzkörpermessung ohne zusätzlichen Aufwand mitgemessen werden.

Das in der Natur vorkommende Kalium besteht zu 11.67‰ aus dem radioaktiven Isotop 40K. Kalium befindet sich vor allem im Muskelgewebe und damit ist der Kalium-Gehalt proportional zur Muskelmasse. Da bei Männern der Anteil Muskelgewebe am Gesamtkörpergewicht grösser ist als bei Frauen, haben die Männer einen höheren Kalium-Gehalt als Frauen. Der durchschnittliche ⁴⁰K-Gehalt beträgt (gemäss älteren Publikationen) bei 20- 30-jährigen Männern ca. 4'500 Bq und bei gleichaltrigen Frauen ca. 3'000 Bg und nimmt danach bis zum Alter von 70 Jahre um etwa 10 bis 20 Prozent ab.

Aus den langjährigen Ganzkörpermessungen an Gymnasiasten (16-21-jährige) und Studenten 21-28-jährige aus Genf (von 1974 bis 2016: 720 Messwerte an jungen Frauen und 722 Messwerte an jungen Männern) kann die Häufigkeitsverteilung des Kalium-Gehaltes bestimmt werden. Im Durchschnitt ergibt sich bei den untersuchten Gymnasiasten/Studenten bei den jungen Frauen ein Mittel von 1.83 g Kalium (20-80%-Perzentile: 1.64 - 2.04 gK) pro kg Körpergewicht (entsprechend 3'300 Bq) und bei den jungen Männer 2.29 g K (20-80%-Perzentile: 2.10 - 2.50 gK) pro kg Körpergewicht (entsprechend 4'900 Bq). Man stellt eine Erhöhung der durchnittlichen ⁴0K-Aktivität im Körper von ca. 10% über den letzten zehn Jahren fest. Diese ist direkt auf die Zunahme des durchschnittlichen Körpergewichts der Gymnasiasten zurückzuführen.

Die tägliche Kaliumzufuhr beträgt etwa 3.3 g d.h. rund 100 Bq ⁴⁰K. Die durchschnittliche Jahresdosis durch das natürliche 40K beträgt bei den untersuchten Gymnasiasten und Studenten etwa 0.19 mSv (0.17 bei den Frauen und 0.21 bei den Männern). Gemittelt über alle Altersgruppen liegt der Wert infolge Abnahme des K-Gehaltes mit dem Alter etwas tiefer, gemäss UNSCEAR: 0.17 mSv/Jahr. Da bei diesen Messreihen auch Grösse und Gewicht der untersuchten Personen erfasst wurden, konnte aus den Daten abgeleitet werden, dass der Kalium-Gehalt mit zunehmendem Body-Mass-Index (BMI = Gewicht/Grösse² [kg/m²]) leicht abnimmt. Das hängt damit zusammen, dass der BMI proportional zum Anteil Fettgewebe ist und damit umgekehrt proportional zur Muskelmasse und somit zum Kalium-Gehalt.

6.2

Mesure de ⁹⁰Sr, ²¹⁰Po et ²²⁶Ra dans les vertèbres et de ⁹⁰Sr dans les dents de lait

P. Froidevaux, P.-A. Pittet, F. Barraud, F. Bochud Institut de radiophysique, CHUV, Grand Pré 1, 1007 Lausanne

Résumé

La mesure de la radioactivité dans les vertèbres humaines et les dents de lait permet l'évaluation de l'atteinte à l'homme ainsi qu'une évaluation de la contamination de la chaine alimentaire. Les activités en ⁹⁰Sr dans les vertèbres et les dents de lait mesurées dans ce travail sont très basses, en constante diminution par rapport aux années précédentes et ne dépassent pas 14 mBq/g Ca dans ces deux types d'échantillons. Les activités en ²¹⁰Po sont de l'ordre de 20-30 mBq/g Ca, soit des valeurs très proches de la valeur moyenne des mesures effectuées à l'IRA depuis 2006 sur des prélèvements de vertèbres dans les instituts de pathologie de Lausanne et Locarno pour ²¹⁰Po (35 mBq/g Ca). Les activités en ²²⁶Ra sont situées entre 0.7 et 3.8 mBq/g Ca et ne diffèrent pas des valeurs obtenues les deux années précédentes. Ce rapport analyse par ailleurs les résultats des mesures du ²¹⁰Po et ²²⁶Ra dans les urines, également effectuées à l'IRA.

Introduction

L'OFSP mesure depuis les années soixante le ⁹⁰Sr dans les vertèbres humaines prélevées lors d'autopsies. Ces mesures permettent l'évaluation de la contamination de la chaine alimentaire par ce radioélément car, de par sa nature chimique similaire au calcium, il se transfère rapidement du sol à l'herbe, de l'herbe au lait et ainsi jusqu'à l'homme, dans lequel il cible la masse osseuse. Depuis quelques années, nous mesurons également le ²¹⁰Po, un produit issu de la chaine de désintégration de ²³⁸U. La mesure de ²¹⁰Po dans les vertèbres permet l'évaluation de l'incorporation de ²¹⁰Pb, dont le métabolisme suit celui du calcium [1]. ²¹⁰Pb va être incorporé dans l'organisme humain par inhalation des produits de filiation du gaz ²²²Rn, soit directement dans l'air respiré, soit particulièrement dans l'inhalation de fumées du tabac. Une proportion importante de ²¹⁰Pb est également incorporée par ingestion de nourriture, spécialement les fruits de mer. La mesure de ²²⁶Ra a quant à elle été réalisée dans le but de déterminer une valeur de référence pour la population suisse. Ce travail est effectué notamment en regard des contaminations potentielles liées aux héritages radiologiques de l'industrie horlogère. Comme le ⁹⁰Sr, ²²⁶Ra, qui est un cation alcalino-terreux similaire au calcium, va également cibler spécifiquement la masse osseuse.

Dans ce rapport, nous mettrons en relation les activités mesurées en ²²⁶Ra et ²¹⁰Po dans les vertèbres avec celles mesurées dans les urines, afin d'affiner nos connaissances sur le métabolisme de ces radioéléments.

Méthodes

Les méthodes d'analyses du 90Sr et du 210Po peuvent être trouvées dans les références [2] et [3]. Nous décrivons brièvement la méthode d'analyse du ²²⁶Ra dans les vertèbres humaines: 5 g de cendres d'os sont dissouts dans 20 ml de HCl 32%. On ajoute 50 mBq de traceur ²²⁹Th (²²⁵Ra), 15 mg de Ba²⁺ et dilue la solution à 500 ml par de l'eau ultra-pure. Le pH est remonté vers 2-3 et 0.5 ml de H₂SO, 98% est ajouté goutte-à-goutte. Après décantation du précipité de Ba(Ra)SO,, celui-ci est dissout dans 3 ml d'EDTA 0.5 M, à chaud. Après dilution à 50 ml et ajustement du pH à la valeur de 6.5, la solution est passée sur une colonne de chromatographie d'échange de cations (Bio-Rad AG 50w, 8 ml). Les cations alcalino-terreux, à l'exception du radium, sont élués de la colonne par DCTA 0.075 M à pH 7.5. Le radium

est alors élué par HNO₃ 6M, la solution est évaporée et le radium électro-déposé sur un disque d'argent métallique en milieu alcoolique, sous une tension de 25 V (env. 100 mA). Le disque est compté pendant 10 jours pour la mesure de ²²⁶Ra, puis recompté 4 jours pour tenir compte de la croissance de ²¹⁷At, arrièrepetite fille du ²²⁵Ra, sur la source. C'est en effet le comptage de ²¹⁷At qui permet l'évaluation du rendement de séparation chimique dans l'analyse.

Résultats et discussion

Les résultats obtenus sur des vertèbres prélevées dans les instituts de pathologie de Lausanne et de Locarno, ainsi que sur des dents de lait prélevées dans les cantons de Vaud, Zürich et du Tessin sont présentés dans les Tableaux 1 à 3. On constate d'emblée que les valeurs de 90Sr dans les dents de lait et les vertèbres sont très basses, inférieures dans tous les cas à 15 mBq/g Ca. L'origine de cette incorporation de 90Sr remonte aux essais nucléaires atmosphériques des années soixante; depuis l'interdiction de ces essais, généralement bien respectée, l'activité en 90Sr n'a cessé de diminuer dans l'environnement, la chaine alimentaire et l'homme. La figure 1 montre l'évolution de l'activité en 90Sr dans les dents de lait et dans le lait en Suisse entre 1951 et 2016. On constate que les deux courbes se superposent parfaitement, ce qui confirme que la présence de 90Sr dans les dents de lait à la naissance de l'enfant est due au transfert de 90Sr de l'alimentation de la mère au fœtus à travers la barrière placentaire. Une étude similaire de notre laboratoire avait montré un comportement différent pour le Pu, dont on avait pu conclure qu'il ne passait pas la barrière placentaire [4]. Une mesure de contrôle effectuée sur des dents de lait d'une personne née en 1951 confirme que l'environnement n'était pas significativement contaminé en 90Sr à cette période, la mesure produisant un résultat inférieur à la limite de détection de 4 mBq/g Ca.

Les activités en ²¹⁰Po mesurées dans ce travail sont parfaitement compatibles avec la valeur moyenne (35 mBq/ g Ca) des résultats obtenus jusqu'à présent pour ce type de mesures (vertèbres et côtes humaines).

Tableau 1: 90Sr (mBq/g Ca) et 210Po (mBq/g Ca) dans les vertèbres de personnes décédées en Suisse en 2016. Incertitudes pour u(95%).

Année décès	Lieu décès	⁹⁰ Sr (mBq/g Ca)	²¹⁰ Po (mBq/g Ca)
2016	Tessin	6.1 ± 1.1	
		7.7 ± 1.3	
		5.8 ± 1.1	
		8.0 ± 1.7	
		8.4 ± 1.8	
		6.3 ± 1.0	
	Vaud	8.8 ± 1.7	29.5 ± 2.8
		11.8 ± 1.7	21.5 ± 2.1
		10.4 ± 2.4	
		9.1 ± 2.1	
		11.4 ± 1.7	
Moyenne ± écart-type		8.8 ± 2.0	

Tableau 2:

90Sr (mBq/g Ca) dans les dents de lait d'enfants nés en Suisse entre 1998 et 2005 et mesurées en 2016. Les dents de lait sont groupées pour former un échantillon d'au moins 5 g de cendre après calcination (environ 10 dents). Incertitudes pour u (95%).

Naissance		Année	⁹⁰ Sr	
Année	Lieu	d'extraction	(mBq/g Ca)	
2002	Zürich	2015 - 2016	9.4 ± 2.2	
2004			11.2 ± 2.7	
2005			7.9 ± 1.8	
1998	Tessin	2015 - 2016	12.6 ± 7.5	
2004	Vaud	2015 - 2016	13.9 ± 4.1	
1951ª)	vaud	inconnue	< 4	

a) set de dents envoyés à l'institut par un particulier, utilisé ici comme contrôle

Tableau 3:

²²⁶Ra (mBq/g Ca) dans les vertèbres de personnes décédées en Suisse en 2016 et mesurées la même année. Incertitudes pour u(95%).

Année décès	Lieu décès	Туре	⁹⁰ Sr (mBq/g Ca)
2016	Tessin	vertèbre	3.8 ± 0.5
		vertèbre	0.7 ± 0.1
		vertèbre	1.4 ± 0.4
	Vaud	vertèbre	0.8 ± 0.2

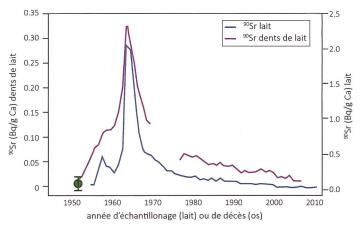


Figure 1:
Activités en ⁹⁰Sr dans le lait (en bleu) et dans les dents de lait (en rouge) mesurées en Suisse de 1951 à 2016. Le point en vert indique la mesure de contrôle effectuée en 2016 sur un échantillon de dents de lait provenant d'un individu né en 1951. L'absence de données entre 1970 et 1975 provient de l'interruption du programme de mesure, repris suite à l'accident de Tchernobyl.

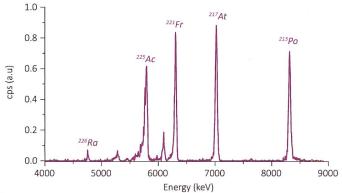


Figure 2:

Spectre alpha de la fraction radium électro-déposée sur disque d'Ag°, à partir de 500 ml d'urine après séparation chimique. On identifie le ²²⁶Ra, ainsi que les filles du traceur ²²⁵Ra, ²²⁵Ac, ²²¹Fr, ²¹⁷At et ²¹³Po. On utilise le pic de ²¹⁷At pour la mesure du traceur, car sa ROI est exempte d'interférence et la probabilité d'émission alpha sur sa ligne est de 100%.

Les activités en 226 Ra, sont encore inférieures et se situent entre 0.7 et 3.8 mBq/g Ca (Tableau 3). La moyenne des valeurs en 226 Ra lors des mesures de ces trois dernières années est de 2.1 ± 1.3 mBq/g Ca (n=12).

L'excrétion urinaire de radioéléments est toujours due à une composante systémique, c'est-à-dire que l'élément en question doit se retrouver dans la circulation systémique pour pouvoir être excrété par les reins. La présence de ²¹⁰Po, ⁹⁰Sr et de ²²⁶Ra dans la circulation systémique est principalement due au renouvellement de la masse osseuse ainsi qu'à l'inhalation et à l'ingestion de ces radioéléments. Pour les vertèbres, le renouvellement de la masse osseuse peut atteindre jusqu'à 25% par an, selon l'âge de la personne [5]. Nous avons mesuré le ⁹⁰Sr, ²¹⁰Po et ²²⁶Ra dans quelques échantillons d'urine provenant de collaborateurs de l'IRA et de l'OFSP; les mesures de ⁹⁰Sr sont toujours restées inférieures à la limite de détection de 5 mBq/l. Les activités en ²¹⁰Po sont toujours mesurables au-dessus de la limite de détection de 1 mBq/l mais ne dépassent pas 5 mBq/l pour des personnes non fumeuses. Un échantillon provenant d'un fumeur chronique a donné une valeur de 15 mBq/l, significativement plus élevée que pour des personnes non fumeuses. Les valeurs urinaires en ²²⁶Ra sont situées entre 0.21 et 3.1 mBq/l, pour une moyenne à 1.0 ± 0.8 mBq/l (n=11). En tenant compte d'une excrétion de 1.8 litre d'urine par 24 heures, ces mesures sont tout-à-fait comparables à celles publiées par Hurtgen [6] pour l'excrétion

urinaire de travailleurs du centre SCK-CEN en Belgique, avec des valeurs d'excrétion journalière situées entre 0.47 et 18 mBq/24h, pour une moyenne à 3.8 mBq/24h (n=51). Nos valeurs sont toutefois nettement inférieures aux activités mesurées par Kehagia et al. [7] sur des urines provenant de travailleurs ayant procédé à la décontamination d'une unité de production de fertilisants à base de phosphates (3-143 mBq/24h). Ces résultats nous indiquent que l'incorporation accidentelle de ²²⁶Ra suite aux opérations d'assainissement du projet radium de l'OFSP devrait être facilement détectée par un prélèvement et une mesure de ²²⁶Ra urinaire (voir spectre alpha à la figure 2).

Conclusions

Les résultats obtenus en 2016 indiquent que la contamination de l'être humain par le 90Sr en Suisse ne cesse de diminuer, pour s'approcher des valeurs des limites de détection pour ce type d'analyse, ce qui est attendu s'il n'y a pas de nouveaux apports de 90Sr dans l'environnement. Les activités en ²¹⁰Po sont proches de la valeur moyenne pour ce radionucléide dans les vertèbres humaines. Elles ne représentent pas des valeurs donnant lieu à une dose de radiation dont il faudrait s'inquiéter. Les activités en ²²⁶Ra sont très faibles mais facilement mesurables, ce qui laisse supposer qu'une contamination artificielle devrait être aisément mesurable. Les valeurs d'excrétion urinaire montrent que tant l'excrétion de ²²⁶Ra que celle de ²¹⁰Po sont dans les valeurs inférieures des intervalles publiés dans la littérature scientifique. L'ensemble de ces mesures indiquent que l'incorporation de ²²⁶Ra et ²¹⁰Po est restée très faible en Suisse en 2016 et ne présente pas de danger pour la population.

Remerciements

Nous remercions les médecins-dentistes ayant participé à la collecte des dents de lait et les instituts de pathologie de Lausanne et Locarno pour la collecte des vertèbres, ainsi que l'OFSP pour la collecte d'échantillons urinaires.

Références

- [1] Legett, RW. An age-specific kinetic model for lead metabolism in human. Env. Health Perspect. 1993, 101, 598-616.
- [2] Schrag et al. Dating human skeletal remains using a radiometric method: Biogenic versus diagenetic ⁹⁰Sr and ²¹⁰Pb in vertebrae. Forensic Sci.Int. 2012, 220, 271–278.
- [3] Froidevaux et al. Retention half times in the skeleton of plutonium and 90Sr from above-ground nuclear tests: A retrospective study of the Swiss population. Chemosphere, 2010, 80, 519-524.
- [4] Froidevaux and Haldimann. Plutonium from Above-Ground Nuclear Tests in Milk Teeth: Investigation of Placental Transfer in Children Born between 1951 and 1995 in Switzerland. Env. Health Perspect. 2008, 116, 1731-1734.
- [5] Ubelaker et al. Analysis of artificial radiocarbon in different skeletal and dental tissue types to evaluate date of death. J. Forensic Sci. 2006, 51, (3), 484-488.
- [6] Hurtgen, C. Natural radioactivity in bioassay by alpha spectrometry measurements. J. Radioanal. Nucl. Chem. 2001, 248, 477-482.
- [7] Kehagia et al. Determination of ²²⁶Ra in urine samples. Rad. Prot. Dosim. 2007, 127, 293-296.

