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

Herausgeber: Bundesamt für Gesundheit, Abteilung Strahlenschutz

Band: - (2002)

Rubrik: Menschlicher Körper

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 24.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

6. Menschlicher Köper

6.1. Ergebnisse der Ganzkörpermessungen von 2002

M. Boschung
Abteilung Strahlenschutz und Sicherheit, PSI, 5232 VILLIGEN-PSI

Mme. S. Namy
Abteilung Nuklearmedizin des Kantonsspital, Av. Micheli-du-Crest 24, 1211 GENF 4

H. W. Roser
Abteilung Radiologische Physik, Kantonsspital Basel, 4031 BASEL

H. Völkle
Sektion Überwachung der Radioaktivität, BAG, Ch. du Musée 3, 1700 FRIBOURG

6.1.1. Zusammenfassung

Ganzkörpermessungen zur Bestimmung des Radioaktivitätsgehaltes im menschlichen Körper werden regelmässig an Mitarbeitern des Paul-Scherrer-Institutes (PSI) in Villigen sowie an Gymnasiasten aus Basel durchgeführt. Im menschlichen Körper ist teilweise noch ^{137}Cs nachweisbar, das vom Reaktorunfall in Tschernobyl stammt. Die Messwerte an Personen aus der Region Basel lagen unter 60 Bq. In Genf konnten 2002 keine Messungen durchgeführt werden.

6.1.2. Ziel der Messungen

Im PSI werden Ganzkörpermessungen zur Überwachung der beruflich strahlenexponierten Personen dieses Institutes eingesetzt, von denen viele im Kanton Aargau wohnen. Bei Ereignissen mit Verdacht auf Inkorporation radioaktiver Stoffe können auch Personen der Bevölkerung gemessen werden. Bei den Messungen am Kantonsspital Basel-Stadt handelt es sich um Personen aus der Region Basel.

6.1.3. Ergebnisse und Interpretation

Für die Ganzkörpermessungen werden in der Regel grossvolumige NaI-Kristalle (neuerdings auch Ge-Detektoren) in speziell abgeschirmten Messkammern (mit Blei- und Eisenabschirmung) eingesetzt. Die Messung einer Person dauert in der Regel etwa zehn bis 30 Minuten für die routinemässigen Überwachungsmessungen am PSI und für Spezialuntersuchungen in Genf und Basel. Die Kalibrierung erfolgt mittels eines Personen-Phantoms bekannter Aktivität.

Im Rahmen der Inkorporationsüberwachung der beruflich strahlenexponierten Personen wurden 2002 am PSI in Villigen 595 Messungen im Ganzkörperzähler durchgeführt. Sie ergaben ^{137}Cs-Werte bis 300 Bq, wobei 575 (d.h. 96.6%) der Messwerte unterhalb der Erkennungsgrenze von 60 Bq lagen, 14 Messwerte zwischen 60 und 150, 6 zwischen 150 und 300 Bq ^{137}Cs.

Die ^{137}Cs-Messwerte an Personen aus dem Raum Basel ergaben die folgenden Werte:

	< 22 Jahre	> 22 Jahre
Frauen	< 23 Bq (11)	< 14 Bq (6)
Männer	< 38 Bq 13)	< 57 Bq (7)

Da Caesium, wie Kalium, vor allem in das Muskelgewebe geht und bei Männern der Anteil Muskelgewebe am Gesamtkörpergewicht grösser ist als bei Frauen, haben die Männer sowohl einen höheren Kalium- als auch einen höheren Caesium-Gehalt als Frauen. Ein dauernder Gehalt von 100 Bq ^{137}Cs im Körper einer 70 kg schweren Person führt zu einer Jahresdosis von ca. 0.003 mSv. Ein ^{137}Cs-Wert von 20 Bq entspricht einer Jahresdosis von weniger als 0.0005 mSv pro Jahr. Demgegenüber beträgt die mittlere Jahresdosis durch das natürliche ^{40}K, das wie Caesium im Muskelgewebe eingebaut wird, ca. 0.2 mSv. Das in der Natur vorkommende Kalium besteht zu 0.0118 % aus dem radioaktiven Isotop ^{40}K. Der Kaliumgehalt im Körper nimmt mit zunehmenden Body-Mass-Index leicht ab (BMI = Gewicht / Grösse^2 [kg/m^2]) ab.

6.2. Mesures de ^{90}Sr dans les vertèbres et les dents de lait

P. Froidevaux, J.-J. Geering, K. Friedrich-Bénet, T. Schmittler, F.Barraud, J.-F. Valley
Institut universitaire de radiophysique appliquée, Grand Pré 1, 1007 LAUSANNE

Résumé

Des mesures de la concentration en ^{90}Sr normalisé à la masse de calcium de l'échantillon (ci-après ^{90}Sr Bq/g Ca) ont été effectuées sur des échantillons de dents de lait et de vertèbres humaines. Pour ces deux types d'échantillons, la valeur de ce rapport approche 0.030. L'évolution de ce rapport durant la période 1955-1995 montre un maximum vers 1963 avec une valeur de 0.350 (VD et TI). Actuellement, le rapport ^{90}Sr Bq/g Ca dans les os et les dents de lait est pratiquement à l'équilibre avec celui présent dans le lait (0.046). Dans la plupart des aliments, le ^{40}K naturel (env. 45 Bq/g Ca dans le lait) domine par rapport aux traces de radioéléments artificiels.

6.2.1 Introduction

Le strontium-90 est un isotope radioactif artificiel, produit par la fission nucléaire durant l'explosion d'armes nucléaires et dans les centrales d'énergie nucléaire. Dans l'intervalle 1945-1994, 881 tests de bombes atomiques ont été réalisés dans l'atmosphère (878 souterrains). Durant la première moitié de cette période (1945-1965), 10^{18} Bq de ^{90}Sr ont été produits dans l'atmosphère. De 1965 aux années nonante, le nombre d'essais a été beaucoup moins important. L'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl (1986) a également introduit environ 10^{16} Bq soit 1% des retombées des années soixante de ^{90}Sr dans l'atmosphère [1]. Le radiostrontium des tests atomiques s'est déposé sur l'ensemble de la planète, avec des variations importantes entre les deux hémisphères et en fonction des latitudes [2]. Le radiostrontium de l'accident de Tchernobyl, associé à des particules lourdes, s'est déposé préférentiellement à proximité du lieu de l'accident. Toutefois, l'augmentation de l'activité de certains compartiments de l'environnement (lait, dent de lait) a pu être décelée en Suisse également [3].

Dans les systèmes biologiques, le comportement du strontium naturel, et ainsi du strontium radioactif qui entre dans de tels systèmes, est qualitativement similaire et gouverné partiellement par celui du calcium. Dû au contrôle homéostatique, il y a une constance remarquable de la concentration du calcium dans la plupart des tissus et des fluides (e.g. os, sang, lait). Sous certaines conditions d'équilibre, le rapport radiostrontium/calcium dans les tissus ou les sécrétions corporelles est fonction de celui existant dans la diète. La concentration en radiostrontium dans le matériel biologique est ainsi toujours reportée en fonction du contenu en calcium (^{90}Sr Bq/g Ca), bien qu'il soit reconnu que les organismes vivant retiennent moins efficacement le strontium que le calcium [4].

Le choix des dents de lait comme échantillons lors d'une surveillance de la radioactivité de l'environnement se justifie par l'accumulation de strontium dans la couronne des dents de lait par le fétus environ 6 mois avant la naissance et jusqu'à environ 6 mois après la naissance, par substitution du calcium dans l'hydroxyapatite de l'émail. Le ^{90}Sr présent dans ces échantillons est ainsi très représentatif de celui présent dans la diète de la mère. C'est également le seul échantillon calcique que l'on peut éthiquement prélevé sur l'être humain de son vivant, puisse qu'il le quitte de lui-même. Toutefois, la détermination du radiostrontium dans les dents de lait produit un résultat qui représente une situation antérieure de plusieurs années à la mesure. C'est donc une mesure utile lors de l'établissement de tendances (p.ex décroissance exponentielle depuis 1965) et à la reconstruction de dose mais qui n'est pas suffisante lors d'une surveillance de la chaîne alimentaire.

La détermination du ^{90}Sr dans les os humains est une méthode plus directe dans l'étude de la contamination de la chaîne alimentaire par cet élément. L'hydroxyapatite constitue environ 60 à 70 % de la masse osseuse (95 à 97 % pour l'émail des dents) [5]. Dans les corps vertébraux, le remplacement du calcium (donc du strontium) est beaucoup plus rapide (1 à deux ans) que dans les os compacts (e.g. fémur). Le rapport ^{90}Sr Bq/g Ca mesuré au moment du prélèvement est donc représentatif du même rapport présent dans la diète dans l'intervalle d'une à deux années précédant le prélèvement. Toutefois, ce genre d'échantillons ne peut être prélevé que post mortem par des institutions spécialisées.

Dans cette étude, les échantillons de dents ont été fournis par divers dentistes privés et cabinets dentaires scolaires. Les vertèbres ont été fournies

par les instituts de pathologie de Lausanne et Locarno.

6.2.2 Méthode

Dents de lait :

Le ^{90}Sr est déterminé par la mesure de son produit de filiation, l'^{90}Y. Après dissolution des cendres (environ 6 dents par échantillon), une source de strontium est obtenue après précipitation de $SrCO_3$ et passage sur une colonne d'échange de cations (AG 50 w x 8), en présence de DCTA. Après un délai d'attente de 10 jours pour permettre la croissance de l'^{90}Y, l'yttrium et le strontium sont séparés sur colonne d'échange d'ion et l'oxalate d'yttrium est précipité, filtré et compté dans un compteur proportionnel à flux de gaz.

Vertèbres :

Après dissolution des cendres et complexation de l'yttrium par l'acide dipicolinique, le complexe anionique $[Y(dipic)_3]^{3-}$ est retenu sur une colonne anionique (AG 1x4) et élué par NaCl 1M. La source d'yttrium est obtenue par précipitation de l'oxalate et comptée comme précédemment. Le contenu en calcium des cendres est déterminé par absorption atomique.

La limite de détection est de 3 mBq/g Ca pour les vertèbres et de 4 mBq/g Ca pour les dents de lait.

6.2.3 Résultats de la surveillance

Tableau 1 Activité en ^{90}Sr (Bq/g Ca) dans les dents de lait extraites en 2002

Année de naissance	Activité (Bq/g Ca)		
	Zürich	**Tessin**	**Vaud**
1987	0.034±0.008	–	–
1989	0.024±0.007	0.057±0.005	0.053±0.007
1990	0.037±0.008	0.033±0.004	0.043±0.006
1991	0.034±0.007	–	0.031±0.005
1994	0.020±0.006	–	–
1995	0.028±0.006	–	–
1996	–	–	0.025±0.003

Tableau 2 Activité en ^{90}Sr (Bq/g Ca) dans les vertèbres de personnes décédées en 2002

Région	Age	Sexe	^{90}Sr (Bq/g Ca)
Vaud	Inconnu	Homme	0.017±0.003
	Inconnu	Homme	0.011±0.003
	Inconnu	Homme	0.015±0.002
		Moyenne	**0.014±0.003**
Tessin	73	Homme	0.058±0.004
	61	Homme	0.044±0.004
	68	Homme	0.091±0.004
	68	Homme	0.022±0.002
	66	Homme	0.028±0.004
	66	Femme	0.021±0.002
	72	Homme	0.046±0.003
	67	Homme	0.044±0.004
	74	Homme	0.031±0.004
		Moyenne[a)]	**0.036±0.012**

a) la valeur 0.091±0.004 n'a pas été prise en compte dans le calcul de la moyenne car elle est écartée par les tests statistiques.

6.2.4 Discussion

L'activité en ^{90}Sr des os et des dents en 2002 est d'environ 0.03 Bq/g Ca. Un rapport identique d'activité entre les os et les dents de lait montre que l'on se trouve actuellement dans une situation d'équilibre et ce même rapport se retrouve également dans la chaîne alimentaire. En Suisse, la moyenne de ^{90}Sr Bq/g Ca dans le lait était en 2002 de 0.046 ± 0.012 pour les sites de plaine (n=11). Elle était de 0.062 ± 0.017 dans le fromage de type Emmental (n = 5). Dans les végétaux et le blé, ce rapport est environ dix fois supérieur (0.30 Bq/g Ca) mais l'apport en calcium au corps humain par ces aliments est nettement inférieur à celui des produits laitiers.

5 dents de lait sont nécessaires pour faire un échantillon dont l'activité en ^{90}Sr est mesurable. La collecte des dents de lait est effectuée chaque année et les échantillons classés en fonction de l'année de naissance de l'enfant. Cela signifie que la valeur indiquée pour une année de naissance donnée est une moyenne de résultats d'années

d'extraction différentes. Les résultats peuvent donc varier légèrement en fonction de l'âge de la dent de lait car les racines des dents continuent d'échanger du calcium, donc également du strontium.

La figure 1 montre que le Tessin et le canton de Vaud ont été les plus touchés par les retombées des essais d'armes atomiques puisque le rapport maximal mesuré en 1963 était de 0.357 Bq/g Ca et de 0.346 Bq/g Ca (VD) contre 0.268 Bq/g Ca à Zürich. De plus, la figure 2 montre également que l'apport de ^{90}Sr de l'accident de la centrale nucléaire de Tchernobyl est perceptible en Suisse où une très légère augmentation de l'activité des dents de lait a été observée dans les dents de lait des enfants nés en 1986 - 87.

L'activité en ^{90}Sr dans les vertèbres est reportée en fonction de l'année de décès. Le maximum d'activité dans les vertèbres a été observé en 1966-67 et était de 0.200 Bq/g Ca pour le Tessin et de 0.140 Bq/g Ca pour Vaud, soit des valeurs inférieures de moitié à celles observées dans les dents. Le décalage du maximum de l'activité de 1963 pour les dents vers 1966 pour les os semble également indiquer un intervalle de renouvellement du calcium dans les os poreux plus grand qu'une année et une fixation préférentielle du calcium par rapport au strontium.

L'incorporation du strontium dans les os prend place principalement par échange à la surface cristalline (apatite) de l'os. Plus le flux sanguin à la surface de l'os est grand, plus le remplacement du calcium par le strontium à la surface de l'os est efficace. C'est pour cette raison que les corps vertébraux ont été choisi dans cette étude bien que Dahl et al. [6] démontre que l'incorporation de strontium est plus rapide dans la tête de l'os iliaque. Le contenu du plasma sanguin en strontium influence alors directement le taux d'incorporation du strontium dans l'os et une situation d'équilibre entre le Sr/Ca du plasma et celui de l'os s'établit. [6]. Ainsi, lorsque le taux de renouvellement de l'os est faible, l'incorporation de strontium dans la matrice osseuse est défavorisée. Dans cette étude, les échantillons de vertèbres proviennent en majorité de personnes âgées de plus de 60 ans. Plusieurs facteurs peuvent affecter le renouvellement osseux à cet âge. Par exemple, le phénomène d'ostéoporose va dans le sens de la diminution de la densité osseuse, donc d'une diminution de la rétention du calcium et du strontium dans les os. De plus, le rapport Sr/Ca du plasma peut être modifié par rapport à celui de la diète par l'absorption de compléments de calcium (fluorure ou biphosphonates de calcium) utilisés dans le traitement de l'ostéoporose. Malgré ces désavantages, la détermination du ^{90}Sr dans les vertèbres humaines reste un excellent moyen de contrôler la présence de ^{90}Sr dans la chaîne alimentaire. Avec un rapport de 0.03 Bq/g Ca déterminé dans ce travail, le ^{90}Sr ne contribue pas de manière significative à la dose due à l'incorporation de radioéléments.

Enfin, lorsque le métabolisme impose un passage ionique à travers une membrane biologique dans l'organisme vivant, le calcium est transporté plus efficacement que le strontium. Le rapport Sr/Ca du plasma se trouve alors diminué par rapport à celui de la diète. Dans cette étude, les résultats montrent que le rapport ^{90}Sr Bq/g Ca passe de 0.046 à 0.030 lorsque l'on passe du lait aux dents de lait. En 1963, ce rapport était de 2.0 dans le lait (Vaud) et de 0.346 dans les dents de lait (Vaud).

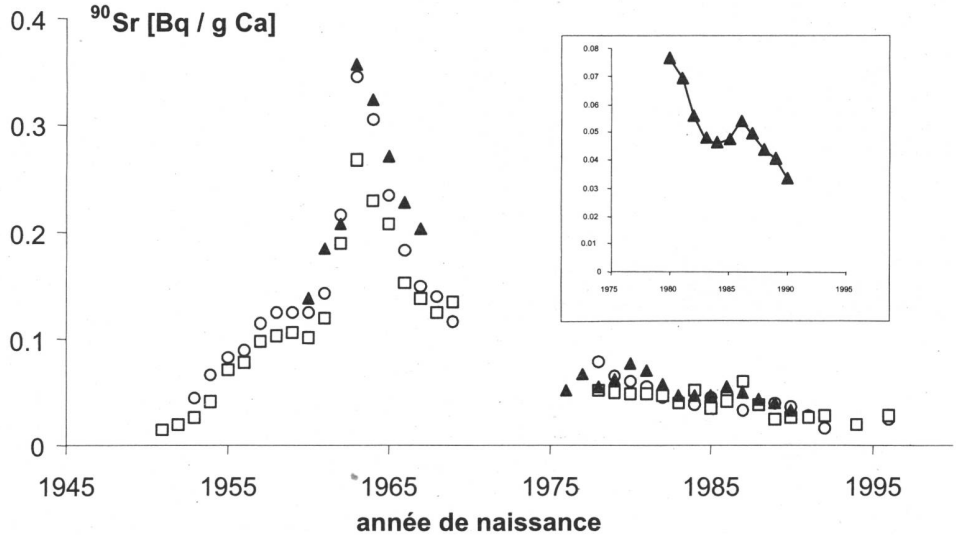

Fig. 1: Activité en ^{90}Sr dans les dents de lait d'enfants nés entre 1953 et 1996 pour trois régions de Suisse :

▲ Tessin
○ Vaud
□ Zürich

L'encart montre la situation de 1980 à 1992 pour la région du Tessin

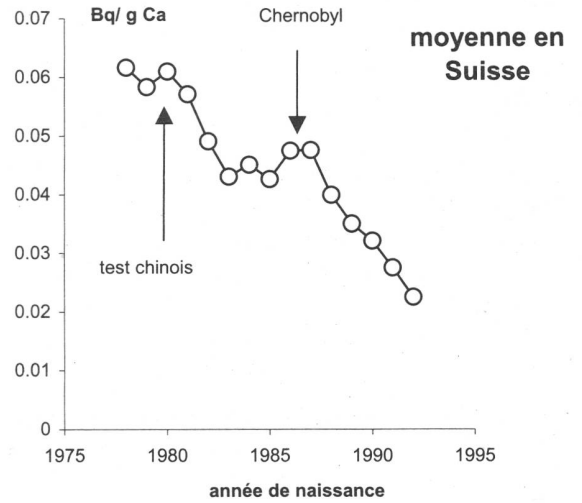

Fig. 2: Activité en ^{90}Sr dans les dents de lait des enfants durant la période 1975-1994, en moyenne suisse, en fonction de l'année de naissance.

6.2.5 Conclusions

Les compartiments du corps humain riches en calcium sont d'excellents intégrateurs du ^{90}Sr présent dans la chaîne alimentaire. Avec un rapport ^{90}Sr Bq/g Ca d'environ 0.03, les résultats obtenus en 2002 sur des échantillons de dents de lait et de vertèbres indiquent que le ^{90}Sr ne participe pas de manière significative à la dose absorbée. Dans la plupart des aliments, le ^{40}K naturel (env. 45 Bq/g Ca dans le lait) domine par rapport aux traces de radioéléments artificiels. Actuellement, l'investigation du rapport ^{90}Sr Bq/g Ca dans le plasma sanguin est possible, car une situation d'équilibre est atteinte pour cet élément par rapport à la chaîne alimentaire.

Remerciements

Que toutes les personnes qui ont contribué à ce travail en fournissant les échantillons trouvent ici l'expression de notre reconnaissance : les instituts de pathologie de Lausanne et Locarno, les médecins dentistes privés et ceux des cabinets dentaires scolaires des cantons de Vaud, Valais, Tessin et Zürich.

Bibliographie

[1] Stamoulis, K.C., Assimakopoulos, P.A., Ioannides, K.G., Johnson,E., Soucacos, P.N. Strontium-90 concentration measurements in human bones and teeth in Greece. *Sci.Tot.Environm.* **1999**, *229*, 165-182.

[2] Hardy, E.P., Krey, P.W., Volchok, H.L. Global inventory and distribution of fallout Pu. *Nature*, **1973**, *241*, 444-445.

[3] Friedli, C., Geering, J.J., Lerch, P. Some aspects of he beaviour of ^{90}Sr in the environment. *Radiochimica Acta*, **1991**, 52, 237-240.

[4] NCRP report n° 110. Some aspects of strontium radiobiology. 1991. 7910 woodmont Av., Bethesda, MD 20814. ISBN 0-929600-19-3.

[5] Ignatiev, E.A., Lyubashevskii, N.M., Shishkina, E.A., Romanyukha, A.A. EPR dose reconstruction for bone-seeking ^{90}Sr. *Appl. Radiat. Isot.* **1999**, *51*, 151-159.

[6] Dahl, S.G., Alllain, P., Marie, P.J., Mauras, Y., Boivin, G., Ammann, P., Tsouderos, Y., Delmas, P.D., Christiansen, C. Incorporation and distribution of strontium in bone. *Bone*, **2001**, *28*, 446-453.