

セシウム 137 の体内蓄積量、循環器症状、チェルノブイリの児童の食物源との相互関係 - 経口によるアップルペクチンの摂取後の予備調査結果 -

G. S. Bandazhevskaya, V. B. Nesterenko, V. I. Babenko, I. V. Babenko,
T. V. Yerkovich, Y. I. Bandazhevsky

ベラルーシ共和国 ミンスク Belrad 放射線安全研究所

サマリー

チェルノブイリにおける原子力発電所事故から 17 年たったが、ベラルーシ南部の住人に起きた放射線汚染による被曝は、長期間にわたる放射性同位体の摂取によるものである。ベラルーシ南部の児童から測定されたセシウム 137 の体内蓄積量の違いは、彼らの食物源、特に汚染された自家製の牛乳を摂取したことで起きたことが明らかになっている。ベラルーシの農村地域(セシウム 137 による汚染が 5 Ci/km² の地域) の児童をセシウム 137 の体内蓄積量別に 3 つのグループに分類した。

- グループ 1: 体重 1 キロ当たり 5 ベクレル未満の検出量
- グループ 2: 体重 1 キロ当たり 38.4 ± 2.4 ベクレルの検出量
- グループ 3: 体重 1 キロ当たり 122 ± 18.5 ベクレルの検出量

セシウム 137 の体内堆積量、児童の主たる食料源、児童にみられる循環器症状の相互関係について究明した。結果、循環器症状、心電図の変化、動脈性高血圧症はセシウム 137 の体内被曝量が極めて低い子供に比べ、体内被曝量が高い子供に著しく多く起きていることがわかった。

セシウム 137 の体内蓄積量の多い児童(グループ 2 と 3) に食品添加物であるアップルペクチンを 16 日間服用させた。これらの児童にアップルペクチンの服用によって、セシウム 137 の体内蓄積量の著しい減少が見られた。(グループ 2 では 39%、グループ 3 では 28%。) 心電図の改善は見られたが、循環器症状や高血圧の変化はどのグループにも見られなかった。

キーワード: チェルノブイリ原子力発電所事故; 放射性セシウム汚染; 循環器症状; 高血圧; アップルペクチン

序論

チェルノブイリにおける原子力発電所事故から 17 年たったが、60%から 80% に及ぶベラルーシ南部の住人に起きた事故による放射線被曝の原因は長期間にわたって存在し続ける放射性同位体の摂取によるものである。ベラルーシ南部の子供たちから測定されたセシウム 137 の体内蓄積量の違いは、彼らの食物源、特に汚染された自家製の牛乳を摂取したかによるといえるのは良く知られている。

セシウム 137 は特に内分泌腺、脾臓、胸腺、心臓といった場所に蓄積される。児童の場合、他の臓器と比較して約 10 倍から 100 倍の量がこれら臓器内で発見されている。

[1]

セシウム 137 はガンマ線に加え、ガンマ線よりも更に細胞に害を与えるベータ線

を放射するが、それらはミリメートルを下回る範囲であっても細胞に入り込む。セシウム137によって放射されたガンマ線の分光分析査定をすることにより、全身の平均蓄積量がわかる。

チェルノブイリの汚染地域ではほかの汚染の少ない地域と比較して、児童がより慢性的かつ深刻な疾病に冒されている。内分泌障害と白内障と並び、慢性的な呼吸器障害と胃腸感染症が一般的である。ほかにも疲労の増加、無気力、不安定な血圧、動脈性高血圧症といった循環器症状に伴う胸部の痛みといった症状がよくみられる。洞性不整脈、再分極化、伝導異常といった心電図の異常 (ECGs) は、セシウム137の蓄積量が高い児童に顕著に見られる症状である。[2] ゴーメリ州で行われた死体解剖結果によると、心筋内のセシウム137の高い蓄積量が心臓疾患や突然死に関連することがわかっている。組織学的研究により間質性浮腫と共に、心筋細胞の部分壊死や変性壊死の発生が明らかになっているが、ほとんどの場合は血管の変化や若干の炎症である。こういった心筋症がセシウム137で被曝したラットにみられたことが実験で明らかになっている。[3, 4]

セシウム137といった放射線同位元素等による予期せぬ被曝後に、放射能の体内被曝量を低下させる物質の研究に関し大きな関心が集まっている。アメリカ食品医薬品局 (FDA) は製薬業界に対し、ヘキサシアノ鉄酸塩 (ペルシアンブルー) といった体内のセシウム137と化合し、排泄物と一緒に対外に排出させる作用を持つ薬品の開発を盛んに奨励している。[5, 6] チェルノブイリ地域において一般的にペルシアンブルーは、牛乳に含まれるセシウム137の濃度を減らす目的で家畜の飼料に混ぜ利用されている。

ペクチンは色々な果物や根に含まれる多糖類の一種である。アップルペクチンはゼリー、ジャム、ペーストリー作りに幅広く使用されている。純ペクチンの錠剤は重金属中毒の治療に使用されている。放射能汚染された餌で飼育されたラットに経口でアップルペクチンを与えると、体内へのセシウム137、ストロンチウム90の両方の取り込みを抑制できることがわかっている。[7] アップルペクチンが安全なものであり重金属症候群の人体に及ぼす影響に対して役立つことは内分泌液の専門家である Greset et al 博士らによって証明されている。[8] 二重盲検法、プラセボ対照条件下において23日間、放射能汚染されていない食物のみを摂取した児童のセシウム137の体内被曝量が14%下がったにとどまったのに対して、放射能汚染されていない食物と経口でアップルペクチンパウダーを摂取した児童の場合は約60%減少していた。[9] 1996年からウクライナとベラルーシのチェルノブイリ地方の最も汚染されている地域では、多様なアップルペクチン製剤が児童を守るために使用されている。現状約70000人のベラルーシの児童が、年間4回を上限として、1ヶ月にわたるペクチン治療を受けている。

セシウム137による汚染地域 (5-15 Ci/km²) に住む就学児は放射能汚染されていない食物を学校で取り、休暇を療養所で過ごす場合もある。(当初は4週間であったものが、財政的な事情により2年前より3週間に短縮された) そこでは児童は医療的な面での指導を受け、良質な食物と総合ビタミン剤を日々摂取する。

我々は、セシウム137の蓄積量別に自家製の食物を摂取しているチェルノブイリの児童を分類し、放射能汚染の度合いとの相互関係を明らかにすることを目指していた。また、循環器症状の頻度とセシウム137の体内蓄積量との関係の研究もしかりである。加えて、アップルペクチンがセシウム137の体内蓄積量と心血管系に与える影響についても検討を加えた。

患者と手法

調査デザインと患者

研究は放射能汚染地域であるゴーマリ州より、3週間の休暇を過ごす約900名の就学児を受け入れているスベトロゴルスクのシルバースプリング療養所にて行われた。Belrad放射線安全研究所の放射線学者は、児童のセシウム137の体内蓄積量を電子登録し、放射能全身計数装置(Screener-3M)で測定した。[9] 両親と倫理委員会のメンバーの同席の下、全ての児童はこの検査について説明を受けた。児童は口頭で同意した上、母親から書面での承諾も得た。

児童は登録の段階でセシウム137の体内蓄積量別に3つのグループに分けられた。7歳から17歳の合計94名の児童(男子46人、女子46人)がボランティアで参加した。セシウム137の体内蓄積量の違いとは別に、年齢と性別の分布も同様に考慮されている。(table1) 中等度のセシウム137の体内被曝量(平均で体重1キロ当たり38.4 ± 2.4ベクレルの検出量)がある31人のグループ2の児童と高度のセシウム137の体内被曝量(平均で体重1キロ当たり122 ± 18.5ベクレルの検出量)がある30人のグループ3の児童は、アップルペクチン(スプーンいっぱい程度、約5gのVitapect[®]、16%のペクチンを含む)を食事中に水もしくは牛乳と共に日に2度(合計10g)、16日間摂取した。

アセスメント

セシウム137の体内蓄積量は、調査の最初と終わりに測定された。それぞれの児童のセシウム137の体内被曝量の違いの解明のため、彼らの食習慣や食物源といった情報は記録された。小児科医が調査の最初とペクチンパウダーの摂取開始から16日後に検査した。アセスメントに関しては非公開であった。言い換えれば小児科医は児童のセシウム137の体内蓄積量に関して知らなかったということである。心電図が調査の最初と終わりに記録された。自覚のあった異常としては適度な運動(10回のひざの屈伸運動)の後に、運動によって起きたであろう動脈性高血圧症があった。

統計学的分析

スチューデントT検定が各グループの有意差検定に使用された。

表1: 自家製の食物を摂取していた児童の人口統計データと割合。

グループ (登録時のセシウム137の体内蓄積量別)	男女比		平均年齢		自家製の食物量
	男子	女子	男子	女子	数量 (合計に対して%)
グループ1: 低度被曝 33名。体重1キロ当たり5ベクレル未満の検出量 a	16	17	10.8	12.5	19 (58%) c
グループ2: 中等度被曝 31名。体重1キロ当たり38.4 ± 2.4ベクレルの検出量 b	17	14	12.8	12.2	22 (77%)
グループ3: 高度被曝 33名。体重1キロ当たり122 ± 18.5ベクレルの検出量	12	18	12.7	12.7	30 (100%)

a: 全ての値は厳密な分光分析検出法の上限よりも下回っている。(体重1キロ当たり5ベクレル未満の検出量)

b: このグループにおけるセシウム137の体内被曝量は、最初に行われたペクチンとプラセボの対比による臨床研究に参加した児童の測定値に近い。[9]

c: 自家製の食物を摂取していた児童の比率は、統計学的に明らかにグループ2、3よりもグループ1では少なかった。(P値はともに5%以下)

結果

セシウム137の治験開始時体内蓄積量と食料源の相互関係

各グループに見られたセシウム137の体内蓄積量は、少なからず児童の食料源に関係することが解明されている。(表1) 自家製の食物を摂取していた児童の比率では、グループ1の児童の方がグループ2, 3の児童よりも明らかに少なかった。(P値はともに5%以下)

ペクチンのセシウム137への効果

図1にあるように16日間のペクチンの摂取後、被曝が中等度レベルの児童(グループ2)におけるセシウム137の体内蓄積量は平均で39%減少し、被曝が高レベルの児童(グループ3)におけるセシウム137の体内蓄積量は平均で28%減少した。治験開始前から考えると、両方のグループにおいて統計学的にはっきりと減少していた。(P値はともに5%以下)

主観的所見

多くの児童に、心臓付近の痛み、頭痛、虚弱体質化、過敏症、鼻血などの自覚症状が見られる。自覚症状の頻度は図2にあるように、グループ1の10人(30%)、グループ2の12人(39%)、グループ3の19人(63%)の児童に認められている。更に、グループ3(高レベルの被曝)の19名のうちの10名は慢性的な疲労感と憂鬱気分が報告されている。療養所への滞在終了時、自覚症状を訴える児童はほとんどいなくなった。

循環器症状

治験開始時からグループ1の16人(48%)、グループ2の26人(84%)、グループ3の27人(90%)に心雑音が認められた。グループ1とグループ2, 3の間には統計学的にはっきりと有意差が表れている(P値はともに5%以下)

調査の開始時において、動脈性高血圧症(20mm Hgを上限とした、年齢にそぐわない過度の動脈性血圧と定義される)はグループ1の3名(9%)、グループ2の8名(26%)、グループ3の15名(50%)にみられた。(表2) グループ1とグループ2, 3の間には統計学的にはっきりと有意差が表れていた。(P値はともに5%以下) 低血圧症は10%以下の児童にみられ、グループ3において一番多くみられた。(図2)

観察期間中、どのグループにおいても高血圧症の子供の割合に変化は見られなかった。

心電図調査結果

調査の開始時における心電図の調査結果では、グループ1の17名(52%)、グループ2の26名(84%)、グループ3の29名(93%)に異常な心電図所見がみられた。心電図の病的異常の認められた割合は、グループ1とグループ2, 3において統計学的にはっきりと有意差が表れていた。(P値はともに5%以下) 9名の児童(グループ1=6名、グループ2=2名、グループ3=1名)が明確な理由の説明がなく2度目の心電図調査を拒否した。児童は良質な食物とビタミンを摂取していたが、グループ1(ペクチンの摂取なし)で調査後、心電図に異常がみられた割合に変化はなかった。(52% vs 51%) グループ2と3では、心電図の変化は改善が見られたがわずかであった。(グループ2で72% vs 87%、グループ3で79% vs 93% : 図3を参照) しかし、ペクチンを摂取していたグループ(グループ2と3の合計)では

統計学的に明らかな有意差をもって減少がみられた。(P値はともに5%以下)

許容性

ペクチンパウダーは、全ての児童に対して目立った副作用がなく経口摂取も良好であった。

図1: グループ2と3の16日間のペクチン摂取の前と後におけるセシウム137の体内蓄積量を表す。(グループ1はペクチンを摂取しておらず、セシウム137の体内蓄積量は体重1キロ当たり5ベクレル未満のままであった。)グループ2の被曝が中等度レベルの児童の場合、セシウム137の量が体重1キロ当たり38ベクレルだった物が23ベクレルに減少した。(39%の減少。P値は共に5%以下) グループ3の被曝が高レベルの児童の場合、セシウム137の量が体重1キロ当たり122ベクレルだったものが88ベクレルに減少した。(28%の減少。P値は共に5%以下)

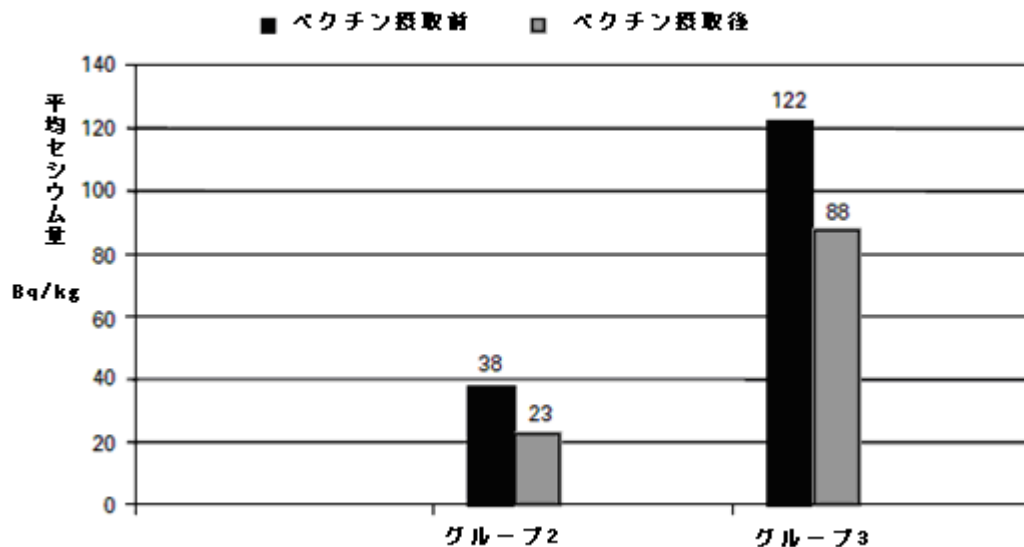


表2: 調査開始時の臨床所見

グループ	自覚症状	動脈性高血圧症	心雑音	心電図異常
(人数)	人数 (%)	人数 (%)	人数 (%)	人数 (%)
グループ 1: 33名	10 (30%)	3 (9%) a	16 (48%) a	17 (52%) a
グループ 2: 31名	12 (30%)	8 (26%)	26 (84%)	26 (84%)
グループ 3: 30名	19 (30%)	15 (50%)	27 (90%)	28 (93%)

a: グループ1と2、または3の有意差は統計学的にはっきりとしていた。(P値は共に5%以下)

図2: 調査開始時における正常血圧、高血圧、低血圧の児童の割合を表す。グループ1: 被曝レベルが低。(33名。体重1キロ当たり5ベクレル未満の検出量) グループ2: 被曝レベルが中等度。(31名。体重1キロ当たり38.4±2.4ベクレルの検出量) グループ3: 被曝レベルが高。(30名。体重1キロ当たり122±18.5ベクレルの検出量)

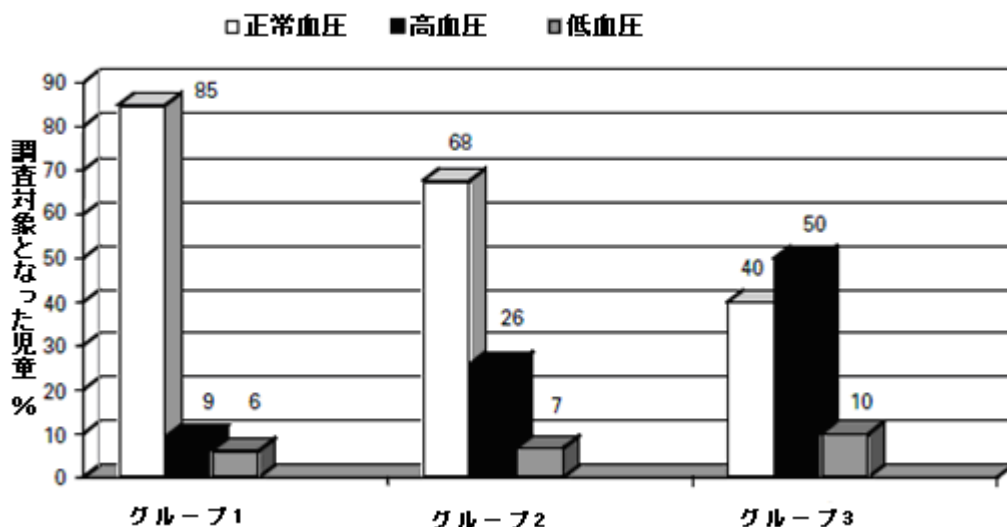
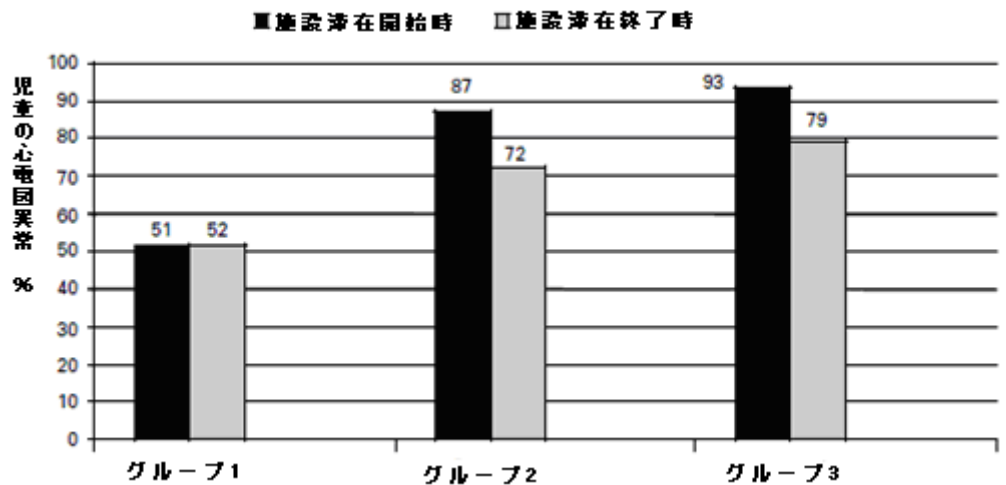


図3: グループ1、2、3 調査開始時と調査終了時における心電図異常の割合を表す。グループ1はペクチンを摂取しなかった。グループ2、3における病的な心電図の動きの変化はごくわずかなものであり、統計学的に有意なものとはいえなかったが、ペクチンを摂取していたグループとして一括すると(グループ2と3の合計)、治験開始時と比べ16日間のペクチン治療後、統計学的に明らかな有意な改善がみられた。(p < 0.05)



考察

この予備調査により、治験開始時におけるゴーマリ州の児童のセシウム137による被曝量と食習慣の明確な相互関係が明らかとなった。被曝レベルの高い児童のすべて(グループ3)は自家製の、おそらくセシウム137の含有量が高いであろう食物を摂取していた。自家製の野菜や牛乳に放射能汚染の大きな危険性があることは良く知られている。放射能汚染の進んだ森から採取した木材から作られた焼却灰を肥料として使うことで、食物連鎖としての形でセシウム137による体内被曝量を高める結果となった。また、同様の灰が釜の近くにある調理場でも火の元で発生することにより外部被曝をもたらしている。家庭内で食されている野生のきのこや野いちごといった物も放射能汚染の大きな原因ではあるが、児童やその家族への聞き込み結果が全てであるため、原因としての定量化が難しい。

くわえて、循環器症状と心電図の異常がグループ3(被曝レベルが高い)に最も多く見られたことで、治験開始時におけるセシウム137の体内蓄積量と心臓血管系の病理学的異常の発生には関係があることがわかる。16日間のペクチン投与により心臓血管系の変化は若干ではあったが、心電図の病的な動きには何らかの改善をもたらした。心電図の異常への効果はペクチンの投与を受けたグループ2、3にだけ、統計学的にもはっきりと有意差が表れていた。

治験開始時、かなり高い割合の児童に心雑音が聴かれた。セシウム137の体内被曝量がより高い児童(グループ2と3)は心雑音がでる頻度が、被曝レベルが低い児童よりもかなり高い結果である。この違いがなぜ起きるのかは未だ説明されていない。ペクチンの摂取により、被曝レベル中等度と高度のグループにおいてセシウム137の体内被曝量の減少が39%と28%みられたが、確かな減少はグループ3により多くみられた。治験開始時にセシウム137の被曝量が高かった児童にとっては、16日間という治療期間はセシウム137の体内被曝量をより効果的に減少させる目的としては短期間過ぎる感じがある。長期のペクチン治療が臨床状況を大きく改善するのかを解明するため、我々は多様な被曝レベルの、より多くの児童を対象とした長期間にわたる二重盲検法、プラセボ対照条件下のもとで調査を行う予定である。

連絡先

G. S. Bandazhevskaya, M.D.

ベルラド放射能安全研究所 (Institute of Radiation Safety « Belrad »)

所在地: 2 Marusinsky pereulok 27, Minsk, 220053, Belarus

電話: +375 17 289 03 83

Fax: +375 17 289 03 84

E-mail: belrad@nsys.by

(訳注: ベルラド研究所の所在地は2011年現在のものです)

和訳

大堀希 笹山直美

監修 田澤賢次 (富山医科薬科大学名誉教授)

参考資料

1 Bandazhevsky YI. Chronic Cs137 incorporation in children's organs. Swiss Med Weekly 2003;133:488–90.

2 Bandazhevsky YI, Lelevich VV. Clinical and experimental aspects of the effect of incorporated radionuclides upon the organism. Belarus (UDC 616–092:612.014.481/.482) Gomel 1995; p.128.

3 Bandazhevsky YI, Bandazhevskaya G. Incorporated caesium and cardiovascular pathology. Int J Rad Med 2001;3:11–12.

4 Bandazhevsky YI. Radioactive caesium and heart (pathophysiologic aspects). Minsk Belrad 2001; p. 57 (ISBN 985–434.080–5).

5 Food and Drug Administration guidance for industry on Prussian blue for contamination with thallium or radioactive cesium. Federal Register (USA) 24.2.2003; 68: 5645–5648 (www.pharmacast.com/FederalRegistrar/Yr2003/Feb2003/020303/Prussian020403.htm. 3–10, 2003).

6 Madhus K, Stromme A. Increased excretion of Cs-137 in human by Prussian blue. Zeitschrift fur Naturforschung 1968;233b: 391–3.

7 Korzum VN. Nutrition problems under wide-scale nuclear accident condition and its consequences. Int J Rad Med 1999;2: 75–91.

8 Gres NA, Tkachenko LV, Petrova VS, Prokhorova S. Einfluss der Pektinpräparate auf die Dynamik der mikroelementaren Zusammensetzung des Kinderbluts. Sammelwerk des wissenschaftlichen klinischen Forschungsinstitutes für Strahlenmedizin und Endokrinologie. (Russian) Minsk 1997;108–16.

9 Nesterenko VB, Nesterenko AV, Babenko VI, Yerkovich TV, Babenko IV. Reducing the 137Cs-load in the organism of “Chernobyl” children with apple-pectin. SMW 2004