

セシウム汚染地域で生活する子供達におけるペクチンの応用に関する評価
最近の研究状況と研究論文の詳細な分析

(当報告書は、フランスの IRSN の報告書を原語のフランス語から日本語に翻訳したものである。原文の報告書は、2012年11月6日から8日に開催された OECD-NEA Science and Value 会合に参加したフランスの研究者 Jean-François Lecomte 博士 (IRSN/DAI) より国際医療福祉大学の鈴木元が入手した。これを、研究費でプロの翻訳会社に依頼し翻訳した後、一部の専門用語に関して鈴木が校正した。)

セシウム汚染地域で生活する子供達におけるペクチンの応用に関する評価

最近の研究状況と出版物の詳細な

分析

ジャン・ルネ ジュルダン イザベル・デュブリノー ギョーム・ファン

	研究所用		配布認証	
	作成者	確認者	DRPH 局長	IRSN 所長
氏名	J.R.ジュルダン	J.エゲペルス	P.ゲームロン	J.ルプサール
日付	2005年11月2日	2005年11月2日	2005年11月2日	2005年11月10日
署名				

* 品質保証報告書

目次

序文..1

1. ヒトの栄養におけるペクチンの生物学的、医学的効果、および重金属曝露症例におけるペクチンの生物学的、医学的効果に関する研究の最近の状況....3
 - 1.1 ペクチンの構造と起源...3
 - 1.2 ヒトの栄養におけるペクチンの使用..3
 - 1.2.1 ミネラルのバイオアベイラビリティに対するペクチンの影響.....4
 - 1.2.2 ビタミンのバイオアベイラビリティに対するペクチンの影響...5
 - 1.3 重金属曝露事例におけるペクチンの効果....6
2. 放射性核種を慢性的に体内への取り込んだ症例におけるペクチンの生物学的・医学的効果：研究論文の詳細な分析.....8
 - 2.1 科学誌に掲載された論文の分析...8
 - 2.2 科学誌に未掲載で、実験に基づく研究成果を提示している文書の分析...16
 - 2.3 科学誌に未掲載で、実験に基づく研究成果を提示していない報告書の分析...20
3. 総括...23
 - 3.1 実施された文献検索の分析...23
 - 3.2 放射性核種を慢性的に体内へ取り込んだ事例でのペクチンの生物学的医学的効果に関する資料の総括.....24
 - 3.2.1 科学雑誌に掲載された論文の総括...24
 - 3.2.2 科学雑誌に未掲載で、実験に基づく研究結果を提示している資料の総括..25
 - 3.2.3 科学雑誌に未掲載で、実験に基づく研究結果を提示していないレポートの総括..25
4. IRSN フランス放射線防護原子力安全研究所の提案
..... 26
 - 4.1 臨床医学研究の提案...26
 - 4.1.1 研究プロトコルに入れる子供の人口構成の研究の為の方法論...26
 - 4.1.2 セシウム 137 の除去剤としてのペクチンの効果の評価....27
 - 4.2 実験的研究に関する提案.....27
 - 4.2.1 生体におけるセシウムの分布に関する研究プロトコル...28
 - 4.2.2 心筋に対するセシウムの影響に関する研究プロトコル...28
- 参考文献.....29

図表

図 1. ペクチン骨格の単位構造...3

表 1. ミネラルのバイオアベイラビリティに対するペクチンの影響...5

表 2. ビタミンのバイオアベイラビリティに対するペクチンの影響...6

表 3. 重金属曝露症例におけるペクチンの効果...7

図 2. テーマ分類別に見た論文数の分布.....24

図 3. テーマ分類別に見た平均インパクトファクター.....24

序文

2005年4月28日ベラルーシ共和国駐在のフランス大使であるステファン・クムルスキー氏は、IRSN放射線防護原子力安全研究所所長ジャック・ルプサル氏宛書簡にて IRSN に、ペクチンの効果とチェルノブイリ原子力発電所の第4号原子炉爆発によって生じた放射性降下物(死の灰)に汚染された地域でのペクチンの使用の是非について多元的評価を始めるよう申し入れた。

この要請は、CORE プログラム認定委員会会議の際、ベラルーシ国立科学アカデミーの会員であるワシリ・ネステレンコ博士によってなされたプレゼンテーションにペクチンの使用が重要な構成要素となるプロジェクトとして組み込まれた。

このプロジェクトの審査の際、認定委員会の中で、死の灰に汚染された地域で生活している子供達の汚染レベルを下げる為のペクチン使用が果たす役割に関して大きな意見の相違が出た。

IRSN によって採択されたアプローチは、セシウム汚染された地域における食品添加物としてのペクチンの使用について論争点を明確化し、場合によってはありうる知識の欠陥を明確にする為に、まずペクチンに関するその時点迄の最新の科学技術文献の詳細な分析を実施することであった。さらにデータ全体を統一化する為に、この分析の適応範囲はセシウムに及ぼすペクチンの役割だけではなく、ペクチンのヒトにおける利用にも展開された。今回企画された文献分析は主要な検索エンジンと国際科学界(アカデミック・サーチ・プルミエ、ビオシス、エムベース、ISI、メドライン、パブメド、サイエンス・ダイレクト、サイラス、スコープス、スプリングーリンク)が使用しているデータベースに基づいて行った。

この検索で、48件の資料を選択し、他に、完全性への配慮から、国際的科学雑誌には未掲載であるが、特に重要性があるとみられる報告書が追加された。これらの中にはロシアとベラルーシの公衆衛生部門各省が発行した勧告に依拠するものもあった。結局、ヴァシーリ・ネステレンコ博士にベラルーシ駐在のフランス大使から伝えられた書類は全て、同様に分析されたという事を強調しておくべきであろう。

この報告書は4つのパートからなっている。

- 第1部は、ヒトの栄養摂取における、および重金属曝露症例におけるペクチンの生物学的医学的有効性に関する認識の総括である

- 第2部では、放射性核種を慢性的に体内に取り込んだ症例におけるペクチンの生物学的・医学的有効性に関する公表論文の詳細な分析を展開している。著者によって提示されている結論の正当性や応用されている方法論を批判的な視線で見る為に、文書は、国際的科学誌の編集委員会の査読者が行うように分析された。その他、科学誌に発表された論文(§2.1)、未発表ではあるが実験的研究の成果のある報告書(§2.2)、そして科学誌に未発表で実験的研究の成果がない総括報告書(§2.3)についても分析した。

- 第3部では、この文献分析から主な教訓を総括として引き出した。

- 第4部では、慢性的に放射性核種を体内に取り込んだ症例におけるペクチンの使用に関する知識を完全なものにする為に、着手するのが適切と思われる将来的な研究についての IRSN からの提案を紹介した。

このように IRSN が作成した文献総括は、合計 54 件の資料をベースとし、そのうち 10 件はロシア語で書かれている。

これらは、英語に翻訳され、翻訳文はロシア国籍の第 2 の通訳によって徹底的に確認されている。分析された参考文献のリストはこの報告書の最後に引用されている。ロシア語から英語の翻訳の対象となっている資料は、[ロシア語の論文]と記載されている。

1. ヒトの栄養摂取における、および重金属曝露症例におけるペクチンの生物学的・医学的効果に関する研究の最近の状況

1.1 ペクチンの構造と起源

ペクチンは、主として植物の細胞壁に存在するガラクトツロン酸の重合体である。果物の種子や、リンゴ、柑橘類の果肉や皮、およびテンサイ糖、ひまわり、海藻から抽出される。分岐したアニオン性多糖類で、分子量は、50～150 キロダルトンの範囲に分布する。ペクチンの骨格構造は、主としてグリコシド結合したD-ガラクトツロン酸から成っている。

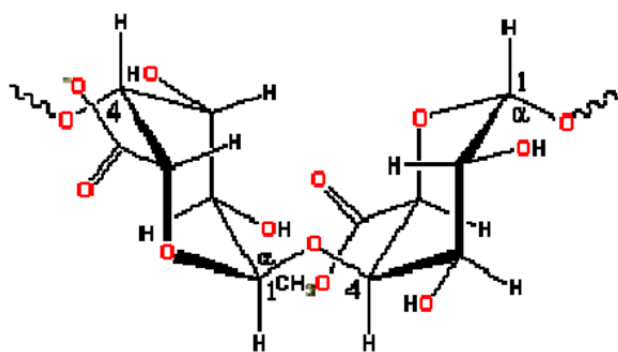


図 1：ペクチンの単位骨格構造

ペクチンは、メタノール分子によってエステル化されたカルボキシル基集合体の割合によって以下の3つのカテゴリーに分類される。[23]：

- エステル化度 50%以上の高メトキシルペクチン
- エステル化度 50%未満の低メトキシルペクチン
- エステル化度 10%未満のペクチン酸

代謝という観点からは、ペクチンは、胃や小腸を通過する間に腸の酵素によって分解されず、腸全体に高分子として存在する。植物壁のもう一方の主成分であるセルロースとは異なり、ペクチンは結腸で集中的に分解される。[16, 45]

ペクチン水溶液は親水性かつアニオン性であることから、アルギン酸やセルロースと同様、吸着剤として利用され、非エステル化カルボン基は、カルシウム、マグネシウム、鉄などの陽イオンと錯体を形成する作用があり、これらの消化管からの吸収を防止する。又、ゲル化剤、増粘剤、安定剤や乳化剤として食品業界において使用されている。

最後に、制酸(GELOPECTOSER)止血(ARHEMAPECTINE ANTIHEMORRAGIQUER)または抗下痢(TANALONER)の特性がある為、一般薬の組成物にも入っている。

1.2 ヒトの栄養摂取におけるペクチンの使用

ペクチンは、その固有の物理化学的特性により、胆汁酸などの腸管腔に存在している成分と結合してその量を減少させヒトの栄養において有益な役割を果たす可能性がある。このような、脂質代謝との相互作用は、数年前から確認されている。実際には、ペクチンは、結合と吸着のメカニズムで胆汁酸に結合する性質を持ち[20, 32]、その結果として体内にある胆汁酸プールの減少と共に、分泌された胆汁酸を増やす働きをする。この体内の胆汁酸プールの減少と分泌される胆汁酸量の不均衡は、胆汁酸合成の増加と肝臓コレステロールの低下となって現れる。

おそらくペクチンを投与した場合に観察される血清コレステロールレベルでの低下の原因となっている[22, 35]。加えて、ペクチンの経口投与後のアミノ酸、糖(グルコースなど)やナトリウムイオンと塩化物の腸管吸収の低下が観察されている[17, 30, 47, 48]。これらの効果は、粘膜表面[21]にある非混合境界層の増加に起因するものである。投与したペクチンの構造は、腸管吸収の変化に影響を及ぼすようである：従って、高メトキシルペクチンは低メトキシペクチン[30]より多くのグルコース吸収を阻害する効果がある。しかし、これらの結果はチョン氏らによって得られたものとは対照的である。彼らは腸粘膜の過形成と刷子膜縁の酵素活性の増加を示している[11]。

このように、ペクチンの特性は、消化管にある分子の分泌作用を全般的に増強することである。したがって、ペクチン摂取は有益作用(金属、放射性核種に対して)のみならず検討される要素によっては有害作用を有する可能性がある(ミネラル、ビタミンに対して)。

1.2.1 ミネラルのバイオアベイラビリティへのペクチンの影響

食物繊維が、ミネラルやビタミンを含む特定の栄養素のバイオアベイラビリティに悪影響を及ぼすという事は今やよく知られている。全粒穀物の豊富な食物で育ったヒトやイヌでは、くる病を発生するという影響が出る事は1921年から明らかにされていた[34]。無酵母パンを食べる農村民では、多くのミネラルの欠乏、特に亜鉛の欠乏が観察されている[38]。主にフィチン酸の存在に起因するシリアルこれらのミネラル吸収に対する抑制効果は、1978年からはペクチンまで広げられた[26]。ブタでは、2.5パーセント以上のリンゴペクチンの食品摂取で下痢が見られる[26]。低エステル化リンゴペクチンを投与したラットでは、消化管の機能障害も観察されている[9]。

ミネラルへの影響は、エステル化度と投与されたペクチンの種類によって異なる[18]。：例えば、低メトキシルペクチンは、ミネラルの吸収と保持を減少し、カルシウム、マグネシウム、亜鉛のバランスの不均衡をもたらす。ペクチンのこの効果は、 Zn^{2+} (亜鉛イオン)について実証されているように、これらの要素のバイオアベイラビリティの低下をもたらす[53]。加えて、いくつかの研究結果では、腸内の内因性陽イオンの再吸収に対するペクチン影響が示唆されている。これらの研究では、このように低エステル化されたリンゴペクチンの特にカルシウムなどのミネラルバランスへの有害な影響を実証している。結論として、これらの研究論文の著者は人間の栄養摂取での低エステル化ペクチンの使用は推薦していない。

表Iは、ミネラルのバイオアベイラビリティに及ぼすペクチンの効果についての文献からのデータをまとめたものである。ペクチンの投与は、身体のための一価および二価ミネラルのバイオアベイラビリティの低下を招き、結果としてミネラルについては栄養不足をもたらす可能性がある。この結論は、しかしながら、ペクチンの性質、特にエステル化度に応じて調整する必要がある。

図1：ミネラルのバイオアベイラビリティに及ぼすペクチンの影響

ミネラル					
ペクチン種	投薬量	処置期間	モデル	効果	参照
リンゴペクチン	10 g	2 時間	インビトロ	↓ Zn(亜鉛)利用能 =Ca(カルシウム)利用能 =Fe(鉄)利用能	Van Dick, 1996 (53)
レモンペクチン	8 g / k g 食物	9 日間	ラット	↑ Fe 鉄生体利用能	Kim 6][30]
リンゴペクチン	2.5%	10 日間	ブタ	高メトキシル：=P, Ca, Mg, Zn(リン、カルシウム、マグネシウム、亜鉛)の吸収と保持 低メトキシル：↓リン、カルシウム、マグネシウム、亜鉛の吸収	Bagheri, 1985 (1)
レモンペクチン	2%	4 週間	ラット	=鉄のターンオーバーと吸収	Baig, 1983
レモンペクチン	2.5%	6 週間	ラット	血清値 カリウム、ナトリウム、亜鉛、銅、カルシウム、鉄、マグネシウム	El-Zoghbi
ペクチン	1 日 36 g	6 週間	ヒト	=カルシウムバランス	Cummings, 1979 (13)

HM: 高メトキシル ; LM:低メトキシル

1.2.2 ビタミンのバイオアベイラビリティに及ぼすペクチンの影響

いくつかの研究では、腸内のビタミン吸収に及ぼすペクチンの潜在的に有害な影響について検討されている。初期の研究では、ビタミンA [28, 29]、ビタミンB12 [12]、葉酸 [40]、ビタミンE [46]のバイオアベイラビリティに及ぼす繊維質の豊富な食事療法の効果が検討された。ある研究では、リンゴペクチン[26]と一緒に投与されると、血清ビタミンA濃度が増加することを示している。これとは対照的に、別の研究では食物繊維[29]の摂取後の血清ビタミンA濃度の減少を明らかにしている。ペクチンは、おそらく腸肝循環 [12]での影響を介してビタミンB12の減少につながるが、同様にビタミンE[46]のバイオアベイラビリティも低下する。しかし葉酸 [40]はこれには当たらない。

前述したように、リンゴペクチンの効果はペクチンの性質[19]に応じて調整しなければならない。しかしながらこれらの研究結果は、ペクチンの摂取によってビタミンのバイオアベイラビリティが低下する傾向を示しており、このことが食物繊維の慢性的使用の場合の大きな欠陥に繋がる。

最後に、過去15年間で繊維とビタミンの相互作用に関する科学的公表文献がない事を強調するべきであろう。おそらくビタミン(およびミネラル)のバイオアベイラビリティの低下に関する食物繊維の有害作用が、人間栄養学におけるこれらの食品成分への関心を低下させたのであろう。

ビタミンのバイオアベイラビリティに及ぼすペクチンの影響に関するこれら全ての分析データは、表IIに要約されている。これらの研究の総論は、体内でのビタミンのバイオアベイラビリティの低下を明確に示している。したがって、ペクチンの慢性投与の場合に、長期観察によりビタミン欠乏が多かれ少なかれ観察することが出来るであろう。ペクチンの使用は、したがって、ビタミンを含む栄養補給を必要とする。

図表Ⅱ ビタミンのバイオアベイラビリティへのペクチンの影響

ビタミン

ペクチンの性質	投薬量	処置期間	モデル	効果	参照
リンゴペクチン	15g	1回	ヒト (男性)	↑ビタミンA血清値	Kasper, 1979[28]
混合食物繊維		5週間	ラット	↓ビタミンA血清値	Khokhar, 1990[29]
ペクチン	5%	19日	ラット	ビタミンB12 欠乏	Culle, 1989[12]
ペクチン	3, 6, 8%	8週間	ラット	↓ビタミンE 可用性 (ペクチン > 6%)	Schaus, [46]
ペクチン リグニン アルギン酸塩	3%		インビトロ ニトリ	=葉酸	Ristow, [40]
レモンペクチン	7%	4週間	ニトリ	↓ペーカカチン可用性	Erdman, 1986[19]
レモンペクチン	150mg/kg 体内	1回	ヒト (女性)	↓ペーカカチン、ニコ ピン、ルテイン可用性	Riedl, 1999[39]

1.3 重金属曝露症例におけるペクチンの効果

放射性核種および金属を除去するための分子としてのペクチンの使用は1977以来、動物とヒトで実験されてきた。[24, 41, 49]

いくつかの研究において、鉛、カドミウムまたは水銀中毒の実験モデルで除去剤としてのペクチンなどの食物繊維の使用について報告されている[24, 31, 33, 42, 43, 54]。これらの研究が、すべて一致して、体内での重金属滞留の減少に関して食物繊維の有益な効果を示しているわけではない。いくつかの結果は、矛盾的であるが、これはおそらく実験条件、組成物および/または投与計画(食物繊維の種類)と言った理由によるものであろう。又同様にテーマとして取り上げた金属によっても異なるであろう。

したがって、どの研究においても、実際にはペクチンの組織カドミウム濃度減少効果は証明されていない[31, 42]。

カオリンと結合したペクチンの添加は、鉛の尿中での吸収と排泄に関して、いかなる有効性ももたらさない[54]

同様に、ペクチンの使用が水銀の組織・血液濃度を大きく変えることはない。一方小麦ふすまやヒマワリの殻の摂取は、効果的に組織中水銀濃度を下げると思われる[33, 43]。研究者達は、小麦のふすまのリグニンが金属イオンに結合するとの仮説を立てている[43]。しかしながらラットを使った実験では、リンゴペクチンが鉛中毒予防効果を示している事に留意すべきである[9]。

インビトロにおける研究では、ビートペクチンがPb²⁺ Cu²⁺イオンに、リンゴペクチンがCo²⁺イオンに、そしてシトラスペクチンはNi²⁺イオンに対して高親和性を示すことが示された[27]。この研究では、研究者達は、ペクチンのCd²⁺イオンとの結合性が非常に低いことを示している。このことはペクチン摂取がカドミウムの組織レベルへの大きな効果がないという事を示す研究と一致している。同様の結果は、食物繊維とカドミウムの結合が食物繊維の性質によって異なることを示す他の研究によっても示された [31]。興味深いことに、カドミウムと最も強い結合を示す食物繊維(リグニンおよびカルボキシメチルセルロースナトリウム)は、カドミウムの腸内吸収に関してもっとも注目すべき抑制効果を持つ食物繊維である。

同時に、ヒトにおける研究では、水銀や鉛に曝露された労働者のためのペクチンの予防的使用について検討されている。 [14, 50, 52]

数週間の間毎日、いくつかの活性物質 (PVP、ペクチン、特にセルロース、ペクチン、ビタミンを含む配合剤) から出来た調剤の摂取は、血中鉛濃度を減少し、悪化した典型的血漿パラメータを改善し、鉛曝露を低減する事が出来る [41, 49]。

これらの結果は慢性的鉛汚染症例においてこの治療法が有効であることを支持している [50]。同様の効果は、多くの有害物質 (鉛、ヒ素、銅、クロム、カドミウム) で汚染された環境に住んでいる子供たちの間でも観察された [14]。しかし、これらの研究ではいくつかの自然活性物質を含む混合物が使用されているので、投与された混合物の組成の中に入っているそれぞれの成分の相対的な有効性を識別することが出来なかった。

結論として、重金属の除去が可能な食物繊維の使用に関して実施された研究の分析では、鉛曝露に対するこれらの食物繊維の際立った有効性を明確に示すことができなかった (表 III)。カドミウムなどのような他の金属に関する潜在的な有効性は、より論議を呼んでいる。加えて、重金属曝露に対してサポートするという枠組みの中でのペクチンの有効性に関して、最終的な決断を下す為には、一種類のペクチンだけ投与しながら研究を実施する必要がある。

図表 III 重金属曝露事例のペクチンの効果

重金属

ペクチンの性質	投薬量	処置期間	モデル	効果	参照
ペクチン	10g/L	24 時間	インビトロ	カドミウム・鉛に結合	Rose, 1987 [42]
ビートペクチン リンゴペクチン レモンペクチン	5g/L	4 時間	インビトロ	鉛に高親和性 コバルトに高親和性 ニッケルに高親和性 ペクチン: 亜鉛、カドミウムに微弱親和性	Kartel, 1999 [27]
ペクチン	40g/kg	4 週間	ラット	↑カドミウム滞留 =鉛滞留	Rose, 1987 [42]
リンゴペクチン	6mg/1 日	6 週間	ラット	エステル化 32%ペクチン: 鉛に効果	Bondarev, 1979 [9]
PVP	3-4g/1 日	4 週間	労働者	↓尿中鉛	Trakhtenberg, 1995 [50]
PVP		3-4 週間	子供	↓血中鉛	Degtiareva, 2001 [14]
Phytosorbent 植物吸収剤	10g	12 日	ウサギ	↓水銀組織濃度	Lapina, 2000 [33]
レモンペクチン	2.5%	6 週間	ラット	↓鉛・カドミウム血清濃度	El-Zoghbi, 2001 [18]
ペクチン	1%	6 週間	ラット	↓鉛毒性 =鉛吸収 =尿排出鉛	Wapnir, 1980 [54]
レモンペクチン	133mg/kg	7 日	ラット	=カドミウム組織濃度	Kiyozumi, 1982 [31]
ペクチン	50g/kg	3 か月	マウス	=水銀除去 =水銀組織濃度	Rowland, 1986 [43]

2. 放射性核種の慢性的取り込み事例におけるペクチンの生物学および医学的效果：

研究論文の批判的分析

本報告書の冒頭で述べたように、このセクションでは、それぞれの資料について要約を作成し、使用された方法論、著者が引き出した結論についてのコメントをすることにこだわりながら各文書の詳細な分析を紹介している。この章の3つのパラグラフそれぞれには、分析された資料が出版年代順に提示されている。

2.1 科学雑誌に掲載された論文の分析

第1論文(1991)-人体による放射性核種の吸収に対する予防剤としてのペクチン投与における更なる改善

Romanenko A Ye, Derevyago IB Litenko VA, Obodovich AN

Gig Tr Prof Zabol 12:8-10(1991) [ロシア語論文] [参考文献 41]

要約

筆者はこの論文で、余った柑橘類のリサイクルから得られた、ビタミンP、ビタミンBグループ(B1 および B2)、ビタミンPP(ニコチン酸とニコチンアミドの混合物)ビタミンC(アスコルビン酸、デヒドロ)をベースとするペクチンとビタミン類から出来た配合剤 (PVP)の治療的可能性を評価するために行われた実験を紹介している。

この製品の有効性はストロンチウム 85 とセシウム 137 に関する実験によって評価されている。実験は、30匹の雌のアルビノラットを15匹ずつの2つのグループに分けて実施された。最初のグループは、標準的な食餌を与えられ(対照グループ)、もうひとつのグループは、同じ食餌にPVP 350mgを補ったものを与えられた。動物の食餌への一週間の適応期間の後、ストロンチウム 85 1306Bq/1匹とセシウム 137 343Bq/1匹の体内負荷が得られる迄、放射性核種が30日間食品に導入された。動物に投入された放射性核種の含有量は、3日ごとにガンマ線スペクトロメトリー(ORTEC ユニット、NaI シンチレーション検出器、BicronTM、USA)によって測定された。

30日間の実験の後、ラットに健康悪化の徴候は見られず、対照群と比較して、PVP(350 mg /匹/日)投与群では体内におけるストロンチウム 85(-56.6%)とセシウム 137(-27.6%)の蓄積が大きく減少した (P < 0.05)

結果は、これまでの純粋な柑橘類ペクチンやアルギン酸ナトリウムを用いた同様の研究で得られたものと比較されている。: PVPは、ペクチン単独より約2倍有効であり、又ストロンチウム 85 に対してはアルギン酸ナトリウムに匹敵する効果があることを示している。セシウム 137 の場合、PVPは他の物質よりも約1.5倍効果的である。著者達は、PVP 栄養補助食品の消費は、食品中のストロンチウムとセシウムの腸内吸収の大幅な削減を可能にすることができる結論として毎日PVP 所用量として4~6gを推奨している。

分析

本研究には、食品(柑橘類ペクチン)として一般的に受け入れられている物質、あるいはア添加物(セルロース)として使用されている物質、および栄養補助食品(ビタミン)が配合されている製品を提案するメリットがある。

ペクチンの効果を高める "PVP"混合物中の添加剤(セルロース、ビタミン)の利点は実証されているようである。しかしながら、著者らは、投与した純粋なペクチンの絶対量が以前の研究で使われていたものと同様であるかどうかを明確にしていない。さらに、既にその特性がよく知られている純粋アルギン酸と比較して、吸着剤(ペクチン+セルロース)が同量の複合混合物である PVP は、放射性核種の吸収効率に関する、追加的な利点はないようである。

実験プロトコルは、ストロンチウム 85 とセシウム 137 の両方に関して、消化管におけるキレート効果を評価するためのプロトコルとして比較的満足のいくものである。しかし、この研究では、著者らによって研究され、発表された別の効果、すなわちいわゆる“排出”効果を評価することは出来ない。

また、本研究では PVP は汚染された食べ物と一緒に投与されるので、食物摂取以外の予防効果を判断できる証拠を提供していない。したがって、これらの研究では、放射性核種の腸管吸収に対する PVP の予防能力を評価できるが、前もって体内に取り込まれた放射性核種を排除する能力に関しては、情報を提供していない。排除能力を検討するためには、事前に動物を核種で汚染してベースラインにおける汚染物質のレベルを測定し、それから PVP の投与後これらの手順を繰り返さなければならなかったであろう。

一方、セシウム 137 とストロンチウム 85 による食品汚染の方法が明記されていないので、投与された食品の内因性構成成分と放射性核種の潜在的な錯体形成現象を考慮する事が出来ない。実際には、放射性核種がインキュベート方式(食品と放射性核種の水溶液を接触させる)で取り込まれるか、あるいは食品が現実的な条件下で汚染されているか(すなわち放射性核種に汚染された土地で栽培されている植物からとりいれるか)によって、放射性核種のバイオアベイラビリティは異なる。

また、統計的検定が定義されておらず、著者らは群間比較(グループ当たり 15 匹)のために平均値の“正規”分布を考慮した Student の t 検定を使用したと考えられる。

最後に、経口投与によるセシウム除去能力が既知であるプルシアンブルー(フェロシアン化鉄)と PVP の有効性の比較が実施されていない。

第 2 論文(1992) - 放射性核種と重金属曝露におけるペクチン含有腸管吸着剤の使用

Trakhtenberg IM Litenko VA, Derevyago IB, Demchenko PI, Mikhailovskii SV

Lik Sprava 5:29-33(1992)。[ロシア語論文]。[参考文献 49]

要約

1992 年、ウクライナの職業病研究のための研究所のトラハテンベルグらは、以前に開発された PVP 化合物に関する研究を続けた。本研究は実験動物(アルビノラット・雌・系統なし)における研究であり、1991 年のロマネンコらの研究[41]に類似した実験プロトコルに従って行われたが、今回は合計 96 匹の動物を用いて行われた。本研究では PVP による食品中のストロンチウム 85 とセシウム 137 の腸管吸収抑止効果が、純粋柑橘類ペクチンとアルギン酸ナトリウムのそれと比較して検討された。

この研究の新しさは、PVP が日常的な食品中[パンやソーセージ]に組み込まれて使用されているという事実である。また、粉末ペクチン、ビタミンおよび活性炭を配合した Karboflavit と呼ばれる別の製剤が評価された。著者達は、ペクチンとビタミンの組み合わせによって選択的にセシウム 137 とストロンチウム 85 を結合させることが可能であり、一方活性炭によって電離放射線の影響によって消化管の中で形成された様々な分子量の生体分子の吸着することが可能であり、これによって一般的な解毒作用を生じるという仮説を立てた。

上記の論文と同様に、30 日間の処置後、PVP は、ラットではストロンチウム 85 の蓄積が 52%、セシウム 137 の蓄積が 27%減少した($p < 0.05$)。セシウム 137 蓄積減少効果は、14 日目からプラトーに到達した。この結果から、PVP がストロンチウム 85 の吸収に関しては純粋な柑橘類ペクチンの約 2 倍効果的であり、これはアルギン酸ナトリウムと同等であること示された。

著者らによれば、PVP のセシウム 137 蓄積減少効果は、他の 2 つの物質(純粋な柑橘類ペクチンとアルギン酸ナトリウム)よりも約 1.5 倍大きい。対照的に、パンやソーセージへの PVP の添加は、純粋 PVP の有効性を若干減少させると思われる。最後に、化合物 Karboflavit は、対照グループに比べてストロンチウム 85(-40%)とセシウム 137(-30%)の蓄積を削減できるが、純粋な PVP の効果よりわずかに低い。しかしながら、集団予防のために一般的な食品への PVP などの配合薬や、PVP 錠剤、ペクチンと活性炭を組み合わせた Karboflavit などの化合物を添加することによって、腸内での重金属や放射性核種の効果的な吸収を可能に出来るであろうと結論されている。

分析

参考文献[41]と同様、様々な製剤(活性炭、ペクチン、栄養補助食品、Karboflavit)のいずれに関しても絶対量が明確に記載されていない。我々が取りうる方法は唯一、比較結果を適切な方法で有効と認められるように、服用量は同等であったと仮定することのみである。グループ毎の動物数および分析のために使用される統計検定法等の実験の詳細も記載されていない。加えて、著者らは、放射性核種の体内への侵入方法をおおよそシミュレーション可能な条件を満たす事を示すことで満足して、投与された食品の汚染方法は、明示していない。

最後に、この論文は、ある製品と他の製品を比較し相対的な有効性を実際に定量化出来ないまま、腸吸収薬剤を補充したサプリメントやいくつかの“有効成分”(活性炭+ビタミン入りペクチン)配合製剤の実現可能性を報告した。

しかし、放射性核種の体内負荷量の削減に関する腸管吸収剤の効果は、それが何であれ、未処置の動物と比較して明確である。にもかかわらず、この研究では、投与された他の物質に比べてペクチンの役割について明確に述べる事を可能にする十分に客観的な証拠を提供していない。

第3論文. (2003年) -子供の臓器へのセシウム137の慢性的な混入

ユーリ・バンダジェフスキー

スイスメディカルウイークリー 133:488-490(2003)。 [参考文献5]

要約

ユーリ・バンダジェフスキーは、チェルノブイリの放射性降下物の影響を受けたベラルーシの農村地域に住む子供達の身体へのセシウム137の慢性的取り込みに関する彼の所見を国際雑誌で初めて発表している。

この研究は、事故当時放射性ヨウ素にさらされておらず、子宮内でもさらされていない1987年3月以降に生まれた子供たちを対象としている。著者によると、子供たちは、母乳に続いて牛乳や地元の農場でとれる産物、および森のベリー類、キノコ、狩猟肉によって汚染されていた。1997年に、剖検の後に採取された臓器のガンマ線スペクトル計測の結果は、乳児(6ヶ月)、子供(ゴメリ地域の1997年以来研究されている10歳未満の子供52人)、大人を対象としていた。

この論文で示された結果は、セシウム137が、大人より子供により多く蓄積し、特に甲状腺(最大 $2054 \pm 288 \text{Bq/kg}$)、副腎($1576 \pm 290 \text{Bq/kg}$)、膵臓($1359 \pm 350 \text{Bq/kg}$)、胸腺($930 \pm 278 \text{Bq/kg}$)などの内分泌腺、及び骨格筋($902 \pm 234 \text{Bq/kg}$)、脾臓($608 \pm 109 \text{Bq/kg}$)や心臓($478 \pm 106 \text{Bq/kg}$)に濃縮される傾向があることを示している。肝臓におけるセシウム137の濃縮は、最も影響を受けた臓器である甲状腺の6倍以下($347 \pm 61 \text{Bq/kg}$)であった。著者は、これらの地域に住む子供たちの間で観察された体内の放射性核種の慢性的蓄積と病気や機能障害の罹患率との相関関係を検証する為に、臨床的、疫学的、病理学的、実験的研究を継続することの重要性を強調している。根治対策の面では、子供達を少なくとも年に1ヶ月間、汚染されていない食物を食べる事が可能な“クリーン”な環境(サナトリウム)に置く事が提案されている。

分析

この論文では、子供と大人のセシウム137の蓄積作用の違いについて結論出来ていない。

実際、2つの人口グループ間の比較研究では、検査された子供の数はわずか6人で、観察された大人の標本数に関しては一度も言及されていない。また、大人と子供から採取された8臓器(心筋、脳、肝臓、甲状腺、腎臓、脾臓、骨格筋、小腸)で観察された差異には統計学的有意性は認められていない。

最後に、採取された臓器におけるセシウム 137 の濃度を測定するために採られた方法は明らかにされておらず、測定の不確実性についても言及されていない。

第4論文(2003年) -セシウム 137 心筋症

ユーリ・バンダジェンスキー、ガリーナ・バンダジェンスカヤ
カーディナル XV 8:40-43(2003)。 [参照文献 4]

要約

フランス語の心臓病学雑誌カルディナーレにおいて、ユーリ・バンダジェフスキーとガリーナ・バンダジェフスカヤによる新型のセシウム 137 心筋症の研究論文がウラジミール・チェルトコフによってロシア語から翻訳され、2003年バーゼル(スイス)の医学部教授ミシェル・フェルネクスによって報告された。

観察された心血管疾患に関する研究

ベラルーシの南部地域における住民の身体ガンマ線測定法による内部被曝測定と剖検後の臓器のガンマ線スペクトル計測により、子どもは、大人の3~5倍以上濃度のセシウム 137 が体内、特に副腎、腎臓、甲状腺、脾臓、胸腺、骨格筋、心筋、腸壁と脾臓に蓄積すると言う事が示された。また、子どもたちは、臨床上で、高い罹患率(高濃度汚染地域で二人に一人)を示し、高血圧、頻脈、倦怠感、労作性呼吸困難、前胸部痛、時には突然死につながりうる心疾患、心不全に苦しんでいる。

これらの疾病を有する子どもたちの心電図(ECG)波形は、伝導障害、不完全脚ブロック、再分極異常や著しい洞性不整脈を示す。

また、著者達によると、これらの臨床的兆候および心電図波形の変異は、体に含まれるセシウム 137 の負荷に正比例しているようである：

- 0~10Bq/ kg : 80%の子供は心電図波形正常
- 11~36Bq/ kg : 2/3の子供が心電図波形異常
- 37~100Bq/ kg : 80~90%の子供が著しい心電図の波形変異を示す。

大人では、心臓の労作性適応疾患は、セシウムが20~30 Bq/ kg より高い慢性負荷の場合発生する。

慢性心不全の兆候は、セシウム 137 の心筋層への $136 \pm 33 \text{Bq/kg}$ の平均負荷で発生し、病理学的検査では、セシウムの慢性的な蓄積に起因する心筋梗塞および心筋線維(核濃縮と筋細胞溶解)の変性と壊死が認められている。

内分泌腺や腎臓などの他の臓器でも、変性を示す。：甲状腺機能障害は、心臓病の原因となり、腎臓病は、この地域の人々の高血圧症頻発を説明しうる。

ペクチンの有効性に関連する研究

著者らは、リンゴペクチンパウダーをベースにした吸着剤による治療によって、セシウム 137 の入っていない食餌療法よりセシウムの身体負荷を3倍速く軽減することが可能であることを報告し、セシウム 137 の負荷の減少が著しいという条件下においてある種の症状の可逆性(7歳~17歳の94人の子供で研究)と、心電図の正常化を報告した。一方、この処置は、子供の高血圧を正常化することは出来なかった。著者らは、このペクチン治療を3~4週間、年間3回繰り返す事は便益があると結論している。

分析

観察された心血管疾患に関する研究

観察された心血管疾患におけるセシウム原子の蓄積とそれがもたらす結果は、著者らによって提供された純粋に記述的情報にのみ基づいている。特に、述べられた伝導障害の実態を確認することが出来る心電図の波形は、この論文の何処にも載っていない。尤も、この点は、この雑誌の編集部が論文冒頭の囲み文で、「私達は、おそらく記録された心電図と心エコー検査の全結果の分析を手に入れたいと願ったのだが。」と強調しながら、「この資料は、本質的な要素を含んでいる。すなわち心筋層の組織学的検査と問題の同位体セシウム 137 の分量である。」と付け加えている。

身体放射線測定(内部被曝測定)に関しては、使用される機器の種類や、検査実施時の条件について何も情報が提供されていない。著者達は、「子供は椅子の上に3分間座っていなければならない。」と述べているだけである。特に測定形式、子供と検出器の距離、バックグラウンドノイズの大きさ、そして実施された測定結果を踏まえての考慮については述べられていない。

また、セシウム 137 による汚染のレベルと、著者らに変異とした心電図波形の割合との関係は、如何なる定量データにも基づいていない。すなわち、如何なる時も、検査された子供の数、診断を強固なものにする為に実施されたかもしれない追加の検査等のこれらの結果を得た条件が述べられていない。

組織学的心筋層検査に関しては、資料の中に唯一写真が載っている。この写真は「セシウム 137 に高度に汚染された村に住んでいた 67 歳の女性」にかかわるものだが、明確な情報は一つ提供されていない(汚染レベル、村の名前、被曝期間、実施された追加検査、死亡状況等)。さらに、著者らは、どのような方法で、組織学的異常が単純にこの患者の生活状況や彼女に顕われていた病気の根底にある他の病気と関連づけられたのかを示していない。この点に関しては、著者らはこれら疾患の組織型の補足的・包括的な説明をすることなく、内分泌腺や腎臓の退行性疾患に言及している。

ペクチンの有効性に関連する研究

著者らは、7 歳から 17 歳の 94 人の子供を対象とした研究と述べているにもかかわらず、セシウム 137 による汚染へのペクチンの有効性に関しては、観察された心血管系の障害について、16 日間の治療後に不完全右脚ブロックの消滅が観察された 14 歳の少女のケースしか明記していない。この伝導障害に関する心電図のチャートは提示されておらず、この病気の他の原因は調べられていない。

最後に、この論文は、如何なる場合にも、セシウム 137 による汚染と汚染地域に住む子どもたちに見られる心血管系障害とを結ぶ何らかの関係の存在を科学的に議論の余地のないような方法で明示出来ていない。

第 5 論文(2004) - リンゴペクチンによりチェルノブイリの子供達の身体に含まれるセシウム 137 の負荷削減の試み
ネステレンコ VB、ネステレンコ AV、Babenko VI Yerkovich TV、Babenko IV
スイスメディカルウィークリー 134:24-27(2004)。[参照文献 36]

要約

2004 年、この国際的出版物において、ベラルーシのベルラド研究所の研究者ネステレンコ達は、チェルノブイリで汚染され、放射線学的に清浄な食品を供給されている子供達の体内のセシウム 137 負荷量の削減に関するリンゴペクチンの有効性の評価を目的とした臨床試験の結果を紹介した。

無作為臨床試験は、倫理委員会の承認後、64 人の子供を対象として、プラセボとの二重盲検法で実施された。療養所での 1 ヶ月間の滞在中、すべての子どもたちは放射線学的に清浄な食品を与えられ、2 つのグループに分けられた：32 人の子供たちは、3 週間にわたり 1 日 2 回、食事の時にリンゴペクチン粉末 5g (15~16%の純粋ペクチン含む) を水で希釈したサプリメントを与えられた。もう一方の 32 人は同じ条件で、プラセボ粉末を与えられた。

ホールボディカウンタによる 内部被曝測定は、臨床試験の最初と終了時に行われ、治療前に、すべての子供のセシウム 137 の平均負荷量は 30Bq/kg であった。治療終了時には、すべての子どもたちにおいてセシウム 137 の負荷の減少が観察されたが、ペクチンを与えられた子供達では、体内セシウム 137 の負荷量が 62.6 パーセント以上の減少し (最終負荷は 11.3Bq/kg 程度)、減少率は対照グループより 4.5 倍高かった。対照グループの減少率は 13.9% であった (最終負荷は 25.8Bq/kg)。

2 つのグループの差は、有意であった ($p < 0.01$)。治療へのいかなる不耐性の問題も認められなかった。著者らは、リンゴペクチンによるこのタイプの治療プロトコルによって、負荷量 20Bq/kg 未満を目標とする 3 週間以内で放射性核種の体内負荷量の大幅な削減が可能であろうと結論している。この負荷量は、バンダジェンスキーが潜在的に組織特異的疾患の発症に関連すると考えた許容限度値である。

分析

この臨床試験のプロトコルは、総体的に正しいと思われ、又よく文書化されている。試験終了前の 6 人の子供の離脱は、明記され、たとえ用いられた統計検定の種類が明確にされていなくとも、各グループの最終的な数は、統計学的に満足のいくものである。(対照グループ標本数 28、少女 14/少年 14; 治療グループ標本数 30、少女 15/少年 15)

この研究から体内に取り込まれたセシウムの自然減少率が判明した (-14%)。おそらく汚染された食物の摂取を停止したことに起因する。3 週間にわたるこれらの子供たちへのペクチンの日常的投与は、体内で測定されたセシウム量の大きな減少につながる。およそ 63% の減少である。このことは、体内からのセシウムの除去におけるペクチンの有益な効果を示唆している。

しかし、著者らは、実施された測定に伴う不確実性を明示していない事に留意すべきである。この為、実際に、研究に参加している子供ごとの、治療薬[ペクチンもしくはプラセボ]の投与前、投与後の測定値の間に有意差があるという事を確認出来なくなっている。

一方、本研究からは、地元の食材を消費し続ける子どもたちへの、ペクチンの有効性を予断することは出来ない。これに関するデータを得る為には、いつもいる環境で、汚染された食品を食べている子供達に対応するプロトコルを確立することが必要であろう。

第 6 論文(2004 年) - セシウム 137 の負荷、心血管症状と “チェルノブイリの子どもたち” の食糧源の関連性 - リンゴペクチンの経口摂取後の予備的観察

ガリーナ・バンダジェンスカヤ、ワシーリ・ネステレンコ、YerkovichTV、ユーリ・バンダジェンスキー。
スイスメディカルウィークリー 134:725-729(2004)。[参照文献 3]

要約

この 2004 年の論文で、バンダジェンスカヤらは、チェルノブイリ事故後 17 年を経て実施した研究成果を報告している。この研究の目的は、セシウム 137 に汚染された子供たちのセシウム 137 の体内負荷量と彼らの食料源、そして観察された心血管症状との関連性を明らかにすることである。また、これらの症状に対するペクチンの経口治療の有効性の予備的検討の結果も示されている。臨床試験は、ガンマ線スペクトロメトリーで測定された初期汚染レベルに応じて 3 つのグループに分けられた 7~17 歳の 94 人の子供を対象としている。

- グループ 1: 総標本数 33 人(少女 16 / 少年 17、平均年齢 10.8 歳/12.5 歳)
汚染(5Bq/kg 未満)

- グループ 2: 総標本数 31 人(少女 17 / 少年 14、平均年齢 12.8 歳/12.2 歳)
中度汚染(38±2.4Bq/kg)
- グループ 3: 総標本数 30 人(少女 12 / 少年 18、平均年齢 12.7 歳/12.7 歳)
高度汚染(122±18.5Bq/kg)

地元の農場の産物(牛乳、汚染土壌や汚染された森林からの灰で肥沃になった土地でとれた野菜)または森林(キノコ類、ベリー類)の食品を消費する子供達は、第 1 グループでは 19 人(58%)、第 2 グループでは 22 人(71%)、第 3 グループでは 30 人(100%)であった。

一方、聴診での異常な心臓音、高血圧または低血圧、または心電図(ECG)波形異常のような子供の心血管症状の発生率と、汚染レベルとの間に相関関係と比例性が立証され(3つのグループの間に有意差($p < 0.05$))。

グループ 2 と 3 の子どもたちは、以下のプロトコルに従って、ペクチン Vitapect® (ビタペクト) の経口投与を受けた。: 16 日間にわたって、1 日 2 回食事と一緒に、水で希釈したペクチンの粉末 5 グラム(16%純粋ペクチンを含む)を投与した。

この治療法は、中度汚染グループ(グループ 2)と、高度汚染グループ(グループ 3)の体内負荷をそれぞれ 39% (38→23Bq/kg)、28% (122→88Bq/kg) と大幅に減少させた ($p < 0.05$)。

負荷の減少に伴って多くの標本において心電図の病的波形が改善した(研究終了時の調査では、グループ 2 の正常な心電図波形は 72%~87%、グループ 3 では 79%~93%に至っている)($p < 0.05$)。しかし心血管疾患と高血圧の症状は、ペクチン治療によって大幅に改善されなかった。

治療期間 16 日は、特に初期の高汚染の子どもに含まれるセシウム 137 の体内負荷を軽減する為には、短すぎると評価された。

ペクチン治療が、臨床症状を改善するかどうかを決定する為に、著者らは、汚染レベルの異なるより広範な子どもたちへのプラセボを使った二重盲検法によるさらなる臨床試験の計画化を提案している。

分析

本研究は、特に心血管系症状の発生率と、2 週間のペクチン投与という観点から、健康への影響を評価する為に計画されている。心電図(ECG)の波形異常は、殆ど全てのこどもに見られる。しかし異常の正確な性質(伝導障害、心房性不整脈、心室性不整脈等)に関しては如何なる情報も提供されておらず、著者らは、病的波形や、正確に特徴づけられることもない異常な心臓音について語るだけである。

セシウムに汚染された子供たちのグループでは、ペクチンによって心電図の改善が誘導されるようである。発生率が約 15%減少している。しかし、汚染されていない子どもたちでは心電図の波形異常が約 50%と高率に認められることには注意すべきである。これらのデータから、セシウム 137 による汚染と心血管拍動障害の不確定な因果関係に関して結論することは絶対に出来ない。

加えて、これら障害の他の原因の究明については、一度も考慮されていない。著者らが指摘するように子供におけるペクチンの有効性を評価する為の臨床試験前に、心血管障害の性質を特徴づけ、心エコー検査をしながら可能な原因を全て探し出すことが必要不可欠である。

さらに、著者達は、記事の中で、セシウム 137 の汚染レベルが高ければ高いほど、胸の痛み、頭痛、過敏症、鼻血、疲労や抑うつ症候群を訴えることが多いことを示している。しかしながら、彼らは、これらの疾患の存在を確認した臨床検査の結果を明確に示しておらず、特にこれらの障害が治療中に変化したのかどうか示していない。又、栄養不良、不健康な生活条件等、これら障害の他の潜在的な原因を探索していない。

一方、些細な誤りではあるが、筆者らによって本研究が子供 94 人、少年 46 人と少女 48 人に行われたことを男女比率の中で言及しているが、それぞれ 3 つのグループの少年・少女の総和は、少年 45 人(16+17+12)、少女 49 人(17+14+18)になる。

最後に、セシウム 137 による汚染軽減に対するペクチンの有効性に関する研究であるにもかかわらず、著者らは、高度汚染の子供達 (-28%) よりも明らかな効果が出た中度汚染の子供達 (-39%) に関しては、何の説明もしていない。

2.2 科学誌に未発表で実験に基づく研究成果を提示している論文の分析

第1論文(2003年) -原子力産業企業、および他の放射性物質、重金属や多価金属を扱う産業分野、ならびに放射能などの有害物質に汚染された地域における集団的予防剤としてのゾステリン・ウルトラペクチン使用法に関する勧告

ロシア連邦公衆衛生省。2月10日(2003年)。[ロシア語記事]。[参照文献44]

要約

ロシア保健省は2003年の報告書で、原子力産業や放射性核種、重金属や多価金属を使用している企業、ならびに放射性有害物質によって汚染された地域の集団的予防剤として、ゾステリン・ウルトラと名付けられた、水生植物(ゾステラ-アマモ)からとれるペクチン、ゾステリンを基に作られた製品の使用勧告とその使用方法を紹介した。

ゾステリンは、体内の血流中に浸透し、吸着特性を示す低分子量分画を含んでいる。ゾステリン分子中の糖残基の構成成分であるアピオースが、この薬剤の吸着力を増加し、結腸でのペクチンの酵素分解を防ぐ。消化吸収されることのないペクチンとしてのゾステリンの血液循環への注射は、栄養、代謝、その他の機能を障害しない。1993年にはすでに、ロシア厚生労働省は、ゾステリンの免疫調節、抗ウイルス、抗菌、および放射線防護、抗出血といった特性とともに、その鉛、亜鉛その他の多価金属産業における予防薬として作用についても認識していた。経口投与用に液体の状態で使用されている市販製品ゾステリン・ウルトラは、1998年にウクライナ保健省によって、続いて1999年ロシア保健省によって、腸吸収と血液吸収の性質を有する生物学的に活性な(または治療効果を有する)食品添加物として承認された。

ロシアでの研究と医療機関(MRRC オブニンスク)と生物物理学研究所(IBPh モスクワ)における臨床試験で、この薬剤が体内から鉛、水銀(子供の94.5%で、排泄促進係数:2.74)、カドミウム、亜鉛、マンガン、ニッケル(最初の数日間で、マンガン、ニッケルの尿中排泄促進係数:2、15日後の係数は3)などの有毒な化合物、および他の重金属やプルトニウムなどの放射性核種(尿中排泄促進係数:1.41と2.74の間)を除去できることを示した。また、ゾステリン・ウルトラ®はまた、潰瘍、肝炎、腸内毒素症や様々な原因のアレルギーなど他の病気の症状を治療するのに有効である可能性がある。放射性核種や重金属中毒予防のための用法・用量として、10~12日の期間0.5g(1袋)のゾステリン・ウルトラ2を100mlの温湯に溶解して最後の食事後2時間以内に服用することが推奨されている。10~12日の中断の後、繰り返すことができる。汚染治療では、医師は、大人には、10~20日の期間、ゾステリン0.5~1g、3歳~12歳の小児には、10~15日の期間で、毎日0.25gを温湯50mlに溶かして服用することを処方することができる。

分析

海洋植物の天然エキス(アマモ)であるゾステリン(オリゴガラクトネイト)は、経口投与による治療あるいは集団予防の為の製剤として非常に興味深い。他の解毒剤(例えばプルシアンブルーまたはDTPAなど)をさまざまな重金属やアクチニド(プルトニウム)などの放射性核種による被ばくや汚染症例に用いることは不可能であろう。

一方、ゾステリンは、腸レベルで吸収され、体内で作用することが可能な分子として紹介されたので、この分子は、消化管でしか作用しない他のペクチンの場合のように単なるサプリメントではなく活性薬剤または解毒剤とみなされるべきであろう。

したがって、この報告書には未掲載、又は、欠けている情報は、薬物動態学的(吸収、分布、代謝、排泄)、および薬理学的(臓器への血流と線量効果の作用機序)データ、さらにはゾステリンの長期的な毒物学の研究に関するデータによって資料を補完することが望ましい。さもなくば、ゾステリンの血液循環系作用を示す唯一の間接的証拠は、おそらくゾステリンとの錯体形成した形での数種の金属又は毒物の尿中排泄量の促進のみである。

第2論文(2004年) - ベラルーシの重度被曝(ステージ4)の子供達に関するプロジェクトにおける第3相試験最終報告書

-ペクチン含有製品ビタペクトによる子どもからのセシウム 137 放射性核種の効果的な除去と不可欠微量元素(カリウム、亜鉛、鉄、銅)のバランスの保持と安定化

ベルラド放射線安全研究所。 ミンスク、ベラルーシ、4月11日(2004年) [ロシア語記事] [参照文献8]

要約

2004年に著されたこの文書は、ベルラド研究所の“ベラルーシの重度被曝の子供達に関するプロジェクト”の第3相試験の最終報告書である。本報では、子供からのセシウム 137 の除去におけるビタペクトの有効性および体内の微量元素(カリウム、亜鉛、鉄、銅)のバランスに関する治療効果にかんする臨床試験の結果が紹介されている。研究は2003年11月～2004年4月の期間中に、ベラルーシのゴメリ州の領域内の2つの診療所で、ドイツのユーリッヒ研究所との共同研究によって実施された。研究全体では、合計406人の子供達が参加し、その中の各50人の子供達の2つのグループが、倫理委員会の管理に、二重盲検法で、ビタペクトとプラセボとの臨床試験に参加した。治療は12～14日の期間中、1日2回の頻度で、ビタペクトまたはプラセボを5グラム投与するというプログラムで構成された。セシウム 137 の比活性の測定は治療前に各子供に実施され、放射性核種の体内負荷の変化を監視する為に実験の期間中に8回の測定が実施された。食品の放射性物質含有量も検査された。微量元素(カリウム、亜鉛、銅、鉄)の含有量測定は、治療グループの67～99人の子供達(測定項目によって異なる)と、プラセボグループの29～34人の子供達(測定項目によって異なる)から行った。吸着剤治療の結果から、12～14日の期間内に、ビタペクト投与群では(22%～41%、 $P < 0.01$)、プラセボ群(有効性12%～21%、 $p < 0.01$)、あるいは放射線学的に“清浄”な食品のみを摂取した群(平均で24%減少、 $P < 0.01$)よりもセシウム 137 の体内負荷が大きく減少することが示された。しかし如何なる治療も心電図異常を大きく改善がしなかった。著者らは、心電図波形に関して治療の利点を見るには14日間という観察期間は、おそらく短すぎると示唆している。

機能テストにおいては、適度な運動後の高張または低張型の著しい血管反応を大きく修正することは出来なかったことを示した。一方、ビタペクト治療後にはストレスに対する血管反応の大幅な増加が ($p < 0.01$) 観察された。

電解質のバランスに関してはペクチン治療は、微量元素の血漿中濃度の大きな不均衡を誘発しなかった：血漿中亜鉛濃度のわずかな減少 ($P < 0.01$) と血漿中の銅および鉄 ($p < 0.01$) 濃度の僅かな増加が観察された。濃度はどれも通常値の範囲内であった。

著者らは、この臨床研究からビタペクトは、12～14日の治療期間で、体内の微量元素カリウム、亜鉛、銅および鉄を保持しながら、子どもたちからセシウム 137 の体内負荷を効果的に減少させることが出来ると結論している。加えて、療養所での3週間の通常の治療手順と合わせながら、さらに長い21日間での、ペクチンによる治療研究を継続することが示唆された。

分析

当初の分析では、調べた子供の標本数が統計的に満足出来るものであるにも関わらず、本研究で著者らによって使用された統計的方法論に関する記述は、やや曖昧で、不正確である。

本研究はセシウム 137 の濃度に関するペクチンの有効性に関するものであるため、ペクチン投与群が 50 人でありプラセボ投与群が 50 人である点ではではバランスが取れている。それに対して、“放射線学的に清浄”な食べ物を与えられた第二のサナトリウムの子どもに関しては、被験者合計は 244 人で、得られた結果は、はるかに大きな標本数を考慮した上での前者との比較がなされていない。しかも、著者らが、たとえ毎回(ペクチン・プラセボ)治療されている子供達を訪問する度に、セシウム濃度の減少に関するデータを提供しているとしても、244 人の子供達のグループに関してはそうではないという事に気付く事も驚くべきことである。又一方、著者らは、セシウム濃度の減少をパーセンテージと平均化した数量データでしか提供していない。又他方では、放射線学上《清浄》な食物にも関わらず、3 回目測定と 5 回目の測定の間、又 6 回目測定と 7 回目測定の間、子供達のセシウム 137 の活性増加を報告している。観察されている 2 つのグループ(ビタペクトグループとプラセボグループ)で明らかにされたこの傾向については、著者達によって何もコメントされていない。

最後に、著者らは、二重盲検法で実施されたこの研究の正式な証拠を提供していない。：実際にはを一溜ボディカウンターによる 内部被曝測定の結果が主治医のアシスタントに伝えられた後に、医療部門のディレクターが、選ばれた子供達を、利用可能な結果をもとにペクチングループとプラセボグループに割り振ったという事が書かれている。このような事は、二重盲検で実施するというアプローチとは反するものである。いわゆる医学的研究なので、ペクチン投与されたグループとプラセボ投与されたグループ間の相対的人員は、明らかに不均衡であり、しかもペクチングループ優位である。又、各グループの人員は、実施された検査によって異なるが、この点について著者はなにも説明していない。加えて、提示された結果の以下の点での不整合や矛盾点は、本研究の確実性を疑わせる。

- 心電図について：“ペクチン”投与群の子供 106 人、“プラセボ”投与群の子供 36 人で実施された。観察された障害に基づく心電図の分布図において、ペクチン投与の子供の標本数は 112 人(106 人に代わって)、プラセボ投与の子供の標本数は 35 人(36 人に代わって)であることに注意するべきである。次に、セシウム 137 の体内濃度に基づいた心電図の正常波形と病的波形の分布を示す図においては、資料中で、実施された 543 名の心電図検査と報告しているが、資料を少し前にさかのぼると著者らは、406 名の心電図と言い、そのうち 301 名が病的、105 が正常とみなされている。さらに、記事の第 1 節で、147 人の子供がサナトリウムへの到着時と出発時に心電図検査を受け、259 人の子供は到着時にのみ受けた事がわかる。(同様に治療や放射線学上清浄な食物の心電図への効果は少なくとも 259 人の子供達に関しては、当然特徴づけられることはない事を意味している。)
- 血圧測定について：“ペクチン”投与群の 88 人の子供と“プラセボ”投与群の 26 人の子供において実施された。測定された血圧の数値結果が一切報告されていない。著者らは、“正常”“低血圧”または“高血圧”と言うのみで、読者がこの観察の正確な意味について僅かな意見を持つ事も出来ない。
- カリウムの測定：“ペクチン”投与群の子供 99 人と“プラセボ”投与群の子供 31 人が参加。
- 亜鉛の測定：“ペクチン”投与群の子供 93 人と“プラセボ”投与群の子供 34 人が参加。
- 銅の測定：“ペクチン”投与群の子供 67 人と“プラセボ”投与群の子ども 30 人が参加。

- 鉄の測定 : “ペクチン”投与群の子供 87 人と“プラセボ”投与群の子供 29 人が参加

ミネラル (カリウム、亜鉛、銅、鉄)の測定についてであるにも関わらず、資料の中には、ペクチン投与の子供についての結果の標準、標準以下、標準以上の分布しか紹介されていない。一方、実施された方法に関する記載部分においては、著者は、プラセボ投与群の子供においても、測定が実施されたと述べている(上記のとおり)。論文の最後で、実は、経済的困窮と子供達と両親達による採血拒否の為に、プラセボ群については、どんな結果も提供出来なかった事がわかる。著者らの言葉の中にある矛盾だけでなく、ペクチン投与群の子供達は採血を受け入れ、プラセボグループの子供達に組織的に拒否されたという事は、理解しがたい。

加えて、この 2003 年の研究での心血管系症状に対する治療効果の結果は、2001 年に実施され、2004 年に公開された(参考文献[3])先行研究のものと一致しない。同じ製品ビタペクトで、子供 61 人、期間 16 日で実施されたペクチン治療は、この研究とは異なり、子供達の観察された病的な心電図波形を改善していない。

電解質の収支に関して著者らによって紹介されている結果は、参照した他の資料から製品ビタペクトには、実際、カリウム、亜鉛、セレン、カルシウムが補完されていることが既知であることから、考慮することは出来ない。

ペクチン治療が体内のオリゴ元素(微量元素)の血漿中濃度に大きく影響を与えないという事を主張するのは客観的ではない。この主張を立証する為には、この食品添加物がミネラル不足の原因となる事がないのかどうか確かめる為に、ペクチンだけを投与しながら同じタイプの研究をすることが不可欠であろう。

最後に、この論文の多くの不正確さ、不整合、矛盾を考えるとこの研究からは、どんな客観的な教訓も引き出すことができない。

2.3 科学雑誌に非公表で、実験に基づく研究結果を提示していない報告書の分析

報告書1(2000年)ーベラルーシの子供たちの環境不適応症候群 Ecological de-adaptation syndrome とその治療方法ー方法の推奨。

ベラルーシ共和国保健省。ベラルーシ、ミンスク、2000年6月9日。[ロシア語の記事]。[6参照]

概要

ベラルーシの保健省が2000年に発行したパンフレットには、「ベラルーシの子供たちにおける環境不適応症候群とその治療方法」が紹介されている。この用語から、人体に特有の変化(特有の症状や症候群)を引き起こす為には、別々に体内に取り込まれた各物質の濃度が低い場合にも、生体異物(例えば放射性核種のような人体にとって異質な物)の全体の複合効果によって症状が進行することが分かる。この症候群において、生体異物や放射性核種は、細胞の相互作用系統において、伝達物質や受容体の発現量に変化を生じさせる。こうして、耐性、抵抗力、あるいはまた、神経内分泌や免疫系統の機能的な適応反応の閾値を低下させることになる。

この症候群の病的現象を和らげるための一連の手段が提案されている：唯一の防止対策は、できるだけ医薬品すなわち外因性薬剤(分子自体が病気の発生源の要因と考えられている)を用いないこと、しかし、環境ストレスに直面した時、一般的に、身体の抵抗力を増大させ、健康な組織を冒さないさまざまな薬剤を重視するべきと明示されている。

この方法は、《道理にかなった》食生活すること、すなわち、生態学的に純粋な製品(アミノ酸、多価不飽和脂肪酸、ビタミン、微量元素、薬用植物療法士による製品など)が組み合わせられた食品を摂取すること、身体運動をすること(心血管系統の活性化、尿の排泄改善、分泌や消化機能の活発化、発汗プロセスの活発化、毒物の発散改善のために)、サプリメント(ペクチンや炭)の摂取により生体異物の排出を促し、リンパのドレナージを行なうことである。

分析

この資料では、人体からの生体異物除去へのペクチンの効力についての補足説明がなされていない。ペクチンを含む商品化された数種の一般薬の投薬量を処方するにすぎない。例えば：

- ・メデトペクト MEDETOPECT®(フランス)：1日に3~4錠を1週間服用。次の1週間は、1日に4~10錠を服用。
- ・ヴィタペクト VITAPECT®(ウクライナ)：小さじ1杯分を1日に2、3回。
- ・Plonta KOGKP 製薬会社のペクチンの錠剤(ウクライナ、1994年5月より、ベラルーシで認可)：10日間から14日間、1日に3~5グラム。

報告書2(2002年)ー国際的専門家による、ベルラド放射能安全研究所の分析結果の最終報告ーチェルノブイリ地方、ベラルーシの子供たちのHRSによる放射線監視、共和国におけるペクチン製品による効果的放射線防護とペクチンをベースとした食品添加物ヴィタペクト Vitapect を支給することの緊急性。

ベルラド放射能防護研究所、ベラルーシ、ミンスク、2002年7月20日。[ロシア語の記事]、[7参照]

概要

この資料は、国際専門家会議による、ベルラド(ベラルーシ)民間放射能研究所のプロジェクトと活動の分析結果を紹介している。ホールボディカウンタ(WBC)を使ってベラルーシのチェルノブイリ地域の子供たちが受ける放射線監視の有効性とペクチンをベースとした放射線防護製品の効果が評価されてきた。

また、専門家たちはペクチンをベースとした食品添加物ヴィタペクト Vitapect®のベラルーシでの商品化の利点と緊急性について、意見を述べるよう要請された。

専門家たちは、ベルラド研究所が提示した緊急措置に賛同し、チェルノブイリ地域に暮らす家族たちが食べる食物の放射能を監視することの必要性を認めた(M. Fernex)。同様に、人体のセシウム 137 の蓄積レベルを明確に知るために、WBC 装置による子供たちの放射能測定的重要性も同様に認められた(Ye. A. Yakovlev)。彼らによると、1年に3、4回行なわれる食品添加物ペクチンによる予防治療は、年間放射線量を1/2から1/3まで減らす為に適切であるようである。: 食べ物と共に15グラムまでのペクチンを消費することは、人体から放射性核種や重金属を除去するために、望ましいようだ。(N. D. Kolomiyets)。

専門家たちは、一方で子供たちの健康状態の悪化と放射性核種との関連、他方で放射性核種除去後の彼らの健康改善を証明するために研究所が先導して行なった理論的研究の利点について解説した。(Ye. B. Burlakova)。ベラルーシの汚染地域の子供たちの放射線量を明らかに減らすための、ペクチンをベースとしたサプリメントの処方と分配、そしてWBCによる検診のフローチャートが提案された(A. V. Yablokov)。

最後に、専門家たちは、WBCによる測定は、いわゆる健康診断ではなく(M. Fernex, N. D. Komoiyets)、ベラルーシでのヴィタペクト Vitapect®のようなペクチン・ベースのサプリメントの生産と商品化は、子供たちを治療する為に緊急かつ経済的に正当化された措置であろうという事を明言している(M. Fernex)。

分析

この資料は、ベラルーシの汚染地域に暮らす子供たちを監視することと、セシウム 137 による汚染の程度を減らすためにペクチンを彼らに服用させる利点についてベルラド研究所が行った研究に対する、国際的な専門家の委員会による批判的分析として紹介された。このレポートは、いかなる真の分析もなされることなく、入手した研究結果を承認するだけという意味で、分析された研究の正当性という観点から、良識的で客観的な判断を下しているとはいえない。

報告書 3. (2005 年) - チェルノブイリ事故のベラルーシへの影響と、住民、特に子供たちへの放射線防護の緊急性。

ワシリー・ネステレンコ

国際シンポジウムレポート《危険防止策。チェルノブイリを教訓にしよう》。フランス、リヨン、2005年4月1日、2日。[37 参照]

概要

2005年4月にフランスで開催されたチェルノブイリの影響についてのシンポジウムのレポートで、Vassili Nesterenko は、2500万人の人々、その中でも50万人以上の子供たちが放射能に慢性的にさらされていると述べている。この内部汚染は、セシウム 137 のような寿命の長い放射性元素に起因するものであろう。また、汚染された食品の消費量や、関係地域の地元の生産物とも関連があるであろう。

1996年以降、ベルラド(ベラルーシ)研究所のイニシアチブと、国際基金(アイルランド、ドイツ、アメリカ、ノルウェー)のおかげで、住人を対象とした移動研究所によるガンマ線スペクトル測定の調査活動が実現できた。そして、15~20Bq/kg(1回の放射線量>0.1mSv/aに相当するもの)を超える可能性があると思われるセシウム 137 の汚染レベルが、70~90%以上の子供たちにおいても検出されることが可能となった。いくつかの村では、その内部被ばく線量は、6700 から 7000Bq/kg に達し、33%以上の子供たちが 1mSv/年を超える放射線量にさらされている可能性がある。その一方で、生体系の病理学的変化は、身体が受ける線量が 50~70Bq/kg で、出現するということが証明された。

1996年から、ベルラド研究所はペクチン(フランスでは Medetopect®、ウクライナは Yablopect®) をベースとした腸内(有害物質)吸着剤の支給を開始した。目的は子供たちの体からのセシウム 137 の排出促進ためである。2000年から、ベルラド研究所はベラルーシの保健省から認可を得たサプリメントの生産を開始した：ヴィタペクトは、ペクチンにビタミン B1、B2、B6、B12、C、E、ベータカロチン、葉酸、オリゴエレメント(微量元素) K、Zn、Fe、Ca 成分を補充した粉末である。75,000人以上の子供たちがヴィタペクトによる治療を受け、2001年から2003年にかけて、サナトリウムで実施された複数の臨床実験で、ペクチンを基にしたこのような腸内吸着剤製品が、重要元素(カリウム、銅、亜鉛、鉄)の減少させることなく、セシウム 137 の体内負荷量を 1/2 から 1/3 に削減し、子供たちの健康状態(ECGの結果によると)を改善させる事が可能な事を証明することができた。(ベルラド研究所《高度に放射線を受けたベラルーシの子供たち》医療部プロジェクト)。

最近の、ネステレンコ氏の発言によると、ドイツ連邦放射線防護委員会は、2005年3月22日、その最終レポートで、ベルラド研究所によって実施された研究の評価に関して、ペクチンをベースにした配合剤は住民の放射線防護の予防策であり、放射線の年間被曝線量削減に貢献できることを示した。

ネステレンコ氏は、国際的援助によって、子供達における放射線量と疾患(心臓、腎臓、目、内分泌線などの)との関係を特定する為の研究継続が可能となり、研究所の数、食品や人々の放射線測定・監視システムの増加、そしてペクチンを基にした腸内吸着剤の食品添加物としての生産と使用を増加させることが出来るであろうと結論した。

分析

この資料は、他の論文ですでに分析されたデータの繰り返しに過ぎないという意味で、特に解説も必要としない。しかし、留意すべきことは、ペクチンをベースとした配合剤が放射線防護の予防対策に当たるという事に関して、ドイツの放射線防護連邦審議会が承認したということは、いかなる文書にも確認することができなかったということである。

3. 総括

3. 1 実施された参考文献検索の分析

計画された文献分析が拠り所とする学術的基盤は、主要な検索エンジンや国際的科学界が利用するデータ・ベースを用いての検索にある。こういった参考文献の検索から、放射性核種を体内に取り込んだ場合のペクチンの生物学的・医学的効果が記載されている論文は国際的科学雑誌にはほとんど載っていないということ、そしてセシウム 137 の体外への排出薬剤としてのペクチンに関する研究を報じている雑誌は、学術的知名度が低い事がわかる。

たとえば、試みられた検索は、検索エンジン《Pub Med》を使い、使用されるキーワードに応じて、以下の結果となる。

- ・キーワード《ペクチン PECTIN》：参照項目 2486 件。
- ・キーワード《ペクチン PECTIN》 + 《金属 METAL》：参照項目 177 件。
- ・キーワード《ペクチン PECTIN》 + 《放射性核種 RADIONUCLIDE》：参照項目 31 件。
- ・キーワード《ペクチン PECTIN》 + 《セシウム CESIUM》：参照項目 5 件。

キーワード《ペクチン》と《セシウム》から得られた 5 件中 4 件は、まさしくセシウムによって汚染された場合のペクチンの役割に関する内容である。参考資料[3]、[36]、[41]、[49]は、雑誌《Swiss Med Weekly》、《Lik Sprava》、《Gig Tr Prof Zabol》に記載された関連記事である。

これらの雑誌の評価を算定するために、《Impact Factor, IF》を検索した。インパクト・ファクターとは、ある特定の年の、直前 2 年間の基準期間に、一つの論文に引用された文献の数とそのなかで当該雑誌から引用された文献の回数との間の比率を示すものである。従って、この指標は、その雑誌の全論文が一定の期間に引用される平均的頻度を測定する。つまり、ある雑誌の可視指数のことで、国際科学界のその雑誌に対する関心が分かる。例を挙げると、《Nature》誌のインパクト・ファクターは 25.4、《Endocrinology》は、4.4 である。

比較的高い頻度で引用された 3 誌のインパクト・ファクターは《Swiss Med Weekly》の 1.162、そして、ゼロに等しいのは《Lik Sprava》と《Gig Tr Prof Zabol》。従って、この事が意味するのは、セシウム 137 の体外排出薬剤としてのペクチンの役割に関する記事はほとんど発表されておらず、又、インパクト・ファクターが極めて低い雑誌に載っているということである。このように、このテーマでの研究はごく僅かで、関連雑誌の学術的知名度がないことを示している。その一方で、セシウム 137 と相対しているペクチンの役割について記載しているいくつかの論文は、検索エンジン《Pub Med》によって参照されていないということを強調する必要がある。もちろん、これらの論文はこのレポートで分析した。

取り組んだ文献検索の分析を補完する目的で、この報告書執筆のために利用した参考文献を 4 つのカテゴリーに分類した。それらが関係する 4 つのテーマとは(《人間の栄養》、《重金属》、《放射性核種》そして《セシウム》)。次に、それぞれのカテゴリーに引用された雑誌のインパクト・ファクターの平均値を算出した。ただし、留意すべきことは、科学雑誌に発表されていない文書はこの分析において考慮にされなかった事、又、論文のなかには、複数のカテゴリーに関係していたということである。

図表 2、3 はこの分析結果を表している。それらが立証するのは、人の栄養摂取におけるペクチンの役割は多くの研究対象となっていて、その研究結果は比較的高いインパクト・ファクターの科学雑誌で発表されていた。その半面、セシウム 137 を含む放射性核種の体内への取り込み事例や重金属曝露事例でのペクチンの役割に関しては、この参考文献検索の分析によると、これらのテーマは国際科学界にはほとんど興味をもたれず研究の対象にならなかったことを立証している。雑誌のインパクト・ファクターの平均値は 3 テーマとも 1 以下であった。

論文数

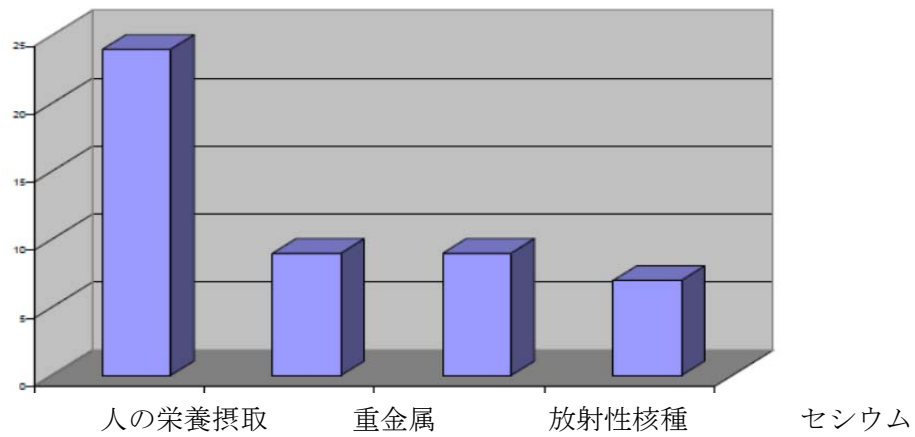


図2：テーマ分類別の論文数の分布

平均インパクト・ファクター

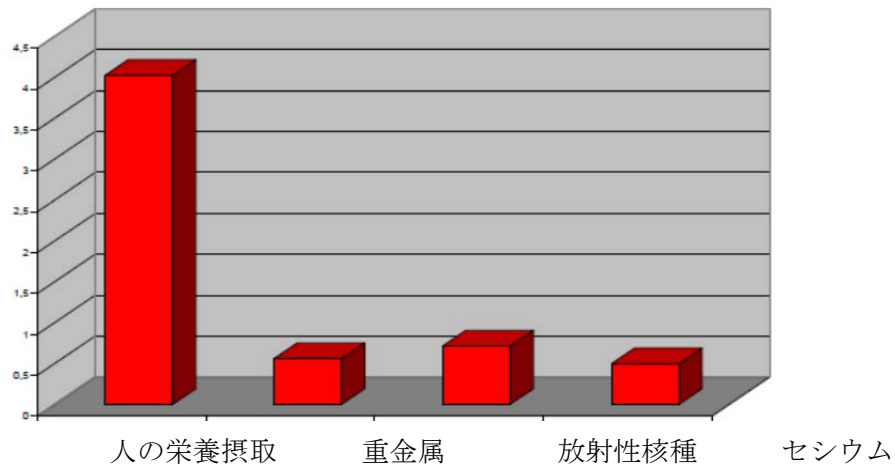


図3：テーマ分類別の論文の平均インパクト・ファクター

しかしながら、この検証は、いかなる場合にもこのテーマが学術的関心をもたれていないことを意味するのではなく、単にその時までその分野の研究チームの関心が高まっていなかっただけである。

3.2 放射性核種を慢性的に体内に取り込んだ症例におけるペクチンの生物学的医学的効果に関する資料の総論

3.2.1 科学雑誌に発表された論文の総括

これらの論文で著者達が発表した研究論文は、ラットでの実験に基づく研究と、汚染地域で暮らす子供たちを対象にした臨床医学研究の過程で得られた。これらの研究結果は、最初の分析において、ペクチンは汚染率を、ラットでは約27%、子供の場合は約28%から63%下げる事が可能であることが示されている。その一方で、著者たちは、汚染された子供達に心血管障害を認めている。セシウム137の大半は甲状腺や心臓に集中するからだ。

これらの論文は、批判されることのない方法を用いた新しい研究の枠内で強制的に検証されなくてはならない結果を提示している。実際、これらの論文は、体内のセシウム137除去の為にペクチン服用の利点について明言することが出来ないようないくつかの問題を提起している

したがって、これらの研究では、次の点について結論を出すことができない：
服用された混合物の他の成分に対してのペクチンの効力、摂取された全ての食品以外のペクチンの効力、セシウム 137 による汚染レベルと観察された心血管障害との関係、および、異なった器官に認められる蓄積の差。

その一方で、実施された技法は、多くの曖昧さで損なわれている。：
そういうわけで、もし検討された標本数が満足なもののようにも、結果の統計分析では、関連する不確実性にも、使用された検定についても言及していない。この検定は対照グループと比較しての有意性について明言出来ない。

要するに、ペクチンの効力とプルシャン・ブルー(紺青)の効力との比較研究は、一切行なわれていなかった。ところが、後者の化合物は今日までセシウム 137 による汚染の標準治療とみなされていた。

3.2.2 科学雑誌に未掲載で、実験に基づく研究結果を提示していない資料の総論

分析された文献から引き出せた教訓は、セシウム 137 を体外に排出する上での、海藻から抽出されるゾステリンの潜在的な利点に関することである。これらの研究は興味深い研究展望を提供するが、真剣に人への投薬にとりかかる前に、ゾステリンの作用メカニズム、体内での生成、その毒性を推定することが出来る実験によって補完することが必要な事が分かった。

分析された二つ目の文献(参照 8)は、セシウム 137 を排出する薬剤としてのペクチンの効力について、いかなる客観的な要素も提示されていないので意見を述べることはできない。著者たちによって実施された方法(論)は、極めて批判の余地があり、出された結果は一貫性がないだけでなく、矛盾もある。

3.2.3 科学雑誌に未掲載で、実験に基づく研究結果を提示していないレポートの総論

これらのレポートは、今まで見てきたすべての例のように、公表された研究に対して、いかなる補足的な情報ももたらしていない。ちなみに、国際的専門家パネルによるベルラド研究所の研究の評価については、実施されてきた研究の実際の意義について客観的に意見を述べることはできない。そうするために、この研究は、国際科学界全体を代表する専門家グループに分析してもらうことが望ましいであろう。

結論として、セシウム 137 汚染に関してペクチンの役割という問題は未解決のままである。分析された論文が、このような情報のなかで、その役割の立証も否定も不可能にさせているからだ。実際、国際的文献に提示されたデータは不十分、もしくは、学術的な質に関して異論の余地がある。

したがって、文献から入手できるデータしか対象としない鑑定では、セシウム 137 による汚染に関わるペクチンの効力について規定することはできない。

動物のモデルを使った実験に基づく研究および臨床研究だけが、
-そのプロトコルは国際科学界で伝統的に採用されている基準に絶対的に合致するべき-
チェルノブイリ原子力センターの廃棄物によって汚染された地域に暮らす子供たちに、ペクチンが果たすことができる役割に対して評価するのに必要不可欠な情報を提供することになるであろう。

次の章では、提起された質問に答えるために役立つであろう研究についての提案を紹介する。

4. IRSN フランス放射線防護原子力安全研究所の提言

4.1 臨床医学研究の提案

セシウムに汚染された地域に暮らす子供たちを対象にして実施される臨床研究は、次のような質問に答えなくてはならない：

- ・質問1：汚染された食べ物を介して取り込んだセシウムを体外に排出する薬剤としてのペクチンにはどんな効力があるか？
- ・質問2：投与される混合物の成分中に混入する他の物質に対して、ペクチンは相対的にどんな効力があるのか？
- ・質問3：ペクチンを投与することはビタミンやミネラルの欠乏の原因にならないだろうか？
- ・質問4：セシウム 137 による慢性的な汚染と、関連する心臓血管障害との間に因果関係はあるのか？
- ・質問5：セシウム汚染地域に暮らす子供たちに現れる心臓血管障害の進行に対してペクチンはどんな効力があるのか？
- ・質問6：心臓のような器官の内部で、セシウム 137 の蓄積に差はあるのか？

上記に挙げられた全ての疑問に答えるため、まず、臨床研究を開始するまえに子供たちを選別しなくてはならない。また、それに合わせたプロトコルも考えなくてはならない。

4.1.1 研究プロトコルに入れる子供の人口構成を実施する為の方法論

実施される臨床研究の結果を解釈するために必要なデータベースを整えるために、プロトコルに参加する子供たち一人一人が、ペクチンによる全治療が開始される前に、次のような検査を受けるべきであろう：

- ・全身のセシウム 137 の残留を放射能身体測定法によって測定：この検査により、子供の年齢、性別、体重、食生活の性質に応じて、セシウム濃度の分布を知ることができる。
- ・心筋や骨格筋(例：大腿筋)に関して、セシウム 137 の残留を放射能身体測定法で測定：この検査により、心臓の筋肉がセシウム 137 に特別な反応を示していないかどうかを知ることができる。
- ・心電図と心臓のエコーの実施：この検査により、研究対象である住民のなかに、すでに存在していて今後起こり得る心臓障害をもつ人を特定できるであろう。従って、既得の結果は、セシウム 137 に汚染されている地域に住んでいない同等の住民と比較されるべきであろう。
- ・セシウムによる汚染だけでなく、あらゆる原因究明のための研究は、心臓血管障害にも関わってくる：この研究により、セシウム 137 による汚染と、心臓血管障害の、可能性のあると思われる関係について判断を下すことができるであろう。
- ・主要なビタミン(ビタミンA、ビタミンB群、ビタミンC、ビタミンD、ビタミンE、葉酸)と主要なミネラル(カリウム、亜鉛、銅、鉄)の濃度の測定：こういった知見は、子供たちの栄養状態に関するデータを整えることを可能にし、ペクチンによる治療を実施する前に、スタートラインから作り上げていくことができるであろう。

4.1.2 セシウム 137 の除去剤としてのペクチンの効果の評価

それぞれの研究に参加する子供たちはセシウム 137 に汚染された食物を摂取し続けるか否かに応じて、二つのタイプの臨床研究が実施されるべきであろう。このレポートで分析された資料の作成者たちが提案したように、研究期間は 3 週間。

一つ目の研究は、プロトコル実施の全期間中、上記の住人の子供たちで構成された 3 グループを対象に行なわれ、子どもたちはセシウム 137 に汚染された食物を摂取し続ける。

- ・第 1 グループは、毎日、関連する他の物質は排除した、リンゴのペクチンをベースとした治療を受ける。
- ・第 2 グループは、毎日、プラセボ（偽薬）を受ける。
- ・第 3 グループは毎日、特にリンゴのペクチン含む市販製剤（例：Vitapect[®]）をベースとした治療を受ける。

二つ目の研究は、上記のように、プロトコル実施の全期間中、セシウム 137 に汚染された食物を摂取しない、その地域の子供たちから成るさらなる三つのグループに関するものである。

これら二つのそれぞれの研究では、三つのグループは同じ人数の子供たちを揃えなくてはならないだろう。年齢や性別、セシウム 137 による汚染のレベルという観点から割り付けは各グループ、等しく行なわれなくてはならない。3 週間の処置の後、それから、子供たちはそれぞれ 4.1.1 節（放射能身体測定法による測定、心電図、心臓のエコー、ビタミンの投与、ミネラルの投与）に記された全ての検査を受けることになる。

子供たちのそれぞれのグループから得られたデータの比較と、説明された二つの研究から入手される結果を合わせて考察することで、下記のこと判断を下すことが可能となるであろう：

- ・セシウム 137 を排出する薬剤としてのリンゴペクチンの効力。
- ・セシウム 137 による汚染食品の摂取を完全に止めた場合のペクチンの効力。
- ・混合 Vitapect[®]の成分に入ってくる他の物質に対するペクチンの効力。
- ・確認された心臓血管障害に対するペクチンの役割。
- ・ビタミンやミネラルとのバランスに応じてのペクチン投与の影響。

4.2 実験に基づく研究の提案

この節で示される提案は、子供たちに実施されるべきではないと思われる研究に関することである。たとえ実行可能で実践的だという理由があろうとも、ネット検索で容易に引っ掛かりやすいという理由があろうとも、倫理上の慣行という理由があろうとも、これらの研究は、齧歯類（例：ネズミ、ハツカネズミ）のような動物のモデルで実行されるべきであろう。

この節で紹介されている提案は、実現の可能性という現実的な理由から、又、生物試料入手の容易さから、あるいは、倫理上の理由から、子供に実施するべきではない研究に関するものである。

数ヶ月間セシウム 137 を摂取し、慢性的な汚染の結果として起こり得る心筋に表れる機能と組織の変化の出現メカニズムを明確にすることを主な目的とする。その一方で、体内に取り込まれたセシウムの分布に関する情報をもたらすべきであろう。

二つの動物グループの構成：最初のグループには、1 か月から 9 カ月という多様な期間中、毎日、セシウム 137 を含む食糧を食べさせて汚染された齧歯類が含まれる。もう一つのグループには、汚染されていない食料を与えられた齧歯類（対照群）が含まれる。

4.2.1 体内のセシウム分散に関する研究プロトコル

プロトコルの最初の段階は、実験の期間中ずっと、セシウム 137 の糞尿の排泄を算定することを目的とする。日による排泄の変動から免れるために、採取は 48 時間にわたって実施される。従って、動物は代謝ケージという装置に入れられる。

プロトコルの第二段階は、安楽死をさせた後、甲状腺や副腎、膵臓、胸線、心臓、脾臓、肝臓、腎臓などと同様に、血管内のセシウム 137 の濃度測定を目的とする。実験は、異なった汚染期間に応じて、異なる組織区分において、セシウムの濃度の変化を追跡するために繰り返し行なわれることになる。

4.2.2 心筋へのセシウムの影響に関するプロトコル

齧歯類(げっ歯類)を使って行なわれる実験は次のことを可能にする：

- ・わずかな服用量で、セシウムの慢性的な摂取によってしばしば引き起こされる可能性のある心筋組織の変化を測定すること。
- ・組織の悪化の結果として、さまざまな アゴニスト(アセチルコリン作動薬やアドレナリン作動薬)により心臓の収縮反応に変化がみられるかどうかを明確にすること。
- ・セシウムの慢性的摂取が心臓の電気生理学的変化につながる可能性があるかどうかを判断すること。実際、セシウムはカリウムと類似した特性を有して、心臓の領域でカリウムの伝導体であるプロテインや遺伝子の発現のレベルや活動を研究するのは妥当であろう(c カリウムチャネル、Na/K-ATPase、Na/K/2 Cl 共輸送体)。

実験に基づいたこれらの研究の過程で得られる全ての結果から、セシウムによって起こり得る心臓に対する悪影響のメカニズムを満足がいくように理解できるようになるし、セシウム 137 に汚染された地域の子供たちにみられる病理についてもっと理解を深めるのに必要な情報をもたらすことになるであろう。最後に、もし以前述べられたような臨床実験から得られる結果を正確に述べる必要があると判断するのなら、これらの研究は、齧歯類を汚染させてからペクチンを投与するというプロトコルによって完成させることが可能になるであろう。

Références bibliographiques

- [1] Bagheri S, Gueguen L. Effect of wheat bran and pectin on the absorption and retention of phosphorus, calcium, magnesium and zinc by the growing pig. *Reprod Nutr Dev* 25:705-16 (1985).
- [2] Baig MM, Burgin CW, Cerda JJ. Effect of dietary pectin on iron absorption and turnover in the rat. *J Nutr* 113:2385-9 (1983).
- [3] Bandazhevskaya GS, Nesterenko VB, Yerkovich TV, Bandazhevsky YI. Relationship between caesium (¹³⁷Cs) load, cardiovascular symptoms, and source of food in 'Chernobyl' children - preliminary observations after intake of oral apple pectin. *Swiss Med Wkly* 134:725-729 (2004).
- [4] Bandazhevsky YI, Bandazhevskaya G. Cardiomyopathies au Césium-137. *Cardinale XV* 8:40-43 (2003).
- [5] Bandazhevsky YI. Chronic Cs-137 incorporation in children's organs. *Swiss Med Wkly* 133:488-490 (2003).
- [6] Belarus Republic Ministry of Public Health. [Ecological de-adaptation syndrome in children of Belarus and ways to correct it - Method recommendations]. Minsk, Belarus, June 9 (2000). [Article in Russian].
- [7] Belrad Institute of Radiation Safety. [Final report of the international expert analysis of the Belrad Institute of Radiation Safety - Radiation monitoring on HRS of children in Belarus Chernobyl region, their effective radiation protection by pectin products and the urgency of issuing the pectin-based food additive Vitapect in the Republic]. Minsk, Belarus, July 20 (2002). [Article in Russian].
- [8] Belrad Institute of Radiation Safety. [Final report on work of the third phase in the project Highly-Irradiated Children in Belarus (fourth stage) - Effective removal of ¹³⁷Cs radionuclides from children by the Vitapect pectin-containing product and preservation and stabilization by it of the balance of vital trace elements (K, Zn, Fe, Cu)]. Minsk, Belarus, April 11 (2004). [Article in Russian].
- [9] Bondarev GI, Anisova AA, Alekseeva TE, Syzrantsev IuK. [Evaluation of a pectin with a low degree of esterification as a prophylactic agent in lead poisoning]. *Vopr Pitan* 2:65-67 (1979). [Article in Russian].
- [10] Carr TEF, Harrison GE, Humphreys ER, Sutton A. Reduction in the absorption and retention of dietary strontium in man by alginate. *Int J Radiat Biol* 14:225-233 (1968).
- [11] Chun W, Bamba T, Hosoda S. Effect of pectin, a soluble dietary fiber, on functional and morphological parameters of the small parameters of the small intestine in rats. *Digestion* 42:22-29 (1989).
- [12] Cullen RW, Oace SM. Dietary pectin shortens the biologic half-life of vitamin B12 in rats by increasing fecal and urinary losses. *J Nutr* 119:1121-27 (1989).
- [13] Cummings JH, Southgate DA, Branch WJ, Wiggins HS, Houston H, Jenkins DJ, Jivraj T, Hill MJ. The digestion of pectin in the human gut and its effect on calcium absorption and large bowel function. *Br J Nutr* 41:477-85 (1979).

- [14] Degtiareva TD, Katsnel'son BA, Pirvalova LI, Beresnova Olu, Gurvich VB, Kuz'min SV, Malykh OL. [Use of biologically active substances in preventing the toxic action of some heavy metals]. *Gig Sanit* 5:71-73 (2001). [Article in Russian].
- [15] Dongowski G, Lorenz A, Proll J. The degree of methylation influences the degradation of pectin in the intestinal tract of rats and in vitro. *J Nutr* 132:1935-1944 (2002).
- [16] Drochner W, Kerler A, Zacharias B. Pectin in pig nutrition, a comparative review. *J Anim Physiol Anim Nutr (Berl)* 88:367-380 (2004).
- [17] Elsenhans B, Sufke U, Blume R, Caspary WF. The influence of carbohydrate gelling agents on rat intestinal transport of monosaccharides and neutral amino acids in vitro. *Clin Sci* 59:373-80 (1980).
- [18] El-Zoghbi M, Sitohi MZ. Mineral absorption by albino rats as affected by some types of dietary pectins with different degrees of esterification. *Nahrung/Food* 45:114-117 (2001).
- [19] Erdman JW, Fahey GC, White CB. Effects of purified dietary fiber sources on beta-carotene utilization by the chick. *J Nutr* 116:2415-2423 (1986).
- [20] Falk JD, Nagyvary JJ. Exploratory studies of lipid-pectin interactions. *J Nutr* 112:182-188 (1982).
- [21] Flourie B, Vidon N, Florent CH, Bernier JJ. Effect of pectin on jejunal glucose absorption and unstirred layer thickness in normal man. *Gut* 25:936-941 (1984).
- [22] Garcia-Diez F, Garcia-Mediavilla V, Bayon JE, Gonzales-Gallego J. Pectin feeding influences fecal bile acid excretion, hepatic bile acid and cholesterol synthesis and serum cholesterol in rats. *J Nutr* 126:1766-1771 (1996).
- [23] Girard M. Etude qualitative et quantitative des interactions entre la β -lactoglobuline et la pectine en système dilué. Thèse, Université de Laval, Québec, (2003).
- [24] Gres NA, Tkachenko LV, Petrova VS, Prokhorova S. Einfluss der pektinpräparate auf die Dynamic der mikroelementären Zusammensetzung des Kinderbluts. *Sammelwerk des Wissenschaftlichen klinischen Forschungsinstitutes für Strahlenmedizin und Endokrinologie. Minsk*:108-116 (1997).
- [25] Hollriegel V, Rohmuss M, Oeh U, Roth P. Strontium biokinetics in humans: influence of alginate on the uptake of ingested strontium. *Health Phys* 86:193-6 (2004).
- [26] James WP, Branch WJ, Southgate DA. Calcium binding by dietary fibre. *Lancet* Mar 25;1(8065):638-639 (1978).
- [27] Kartel MT, Kupchik LA, Veisov BK. Evaluation of pectin binding of heavy metal ions in aqueous solutions. *Chemosphere* 38:2591-6 (1999).
- [28] Kasper H, Rabast U, Fassl H, Fehle F. The effect of dietary fiber on the postprandial serum vitamin A concentration in man. *Am J Clin Nutr* 32:1847-1849 (1979).
- [29] Khokhar S, Kapoor AC. Effect of dietary fibres on bioavailability of vitamin A and thiamine. *Plant Foods Hum Nutr* 40:259-265 (1990).
- [30] Kim M. High-methoxyl pectin has greater enhancing effect on glucose uptake in intestinal perfused rats. *Nutrition* 21:372-377 (2005).

- [31] Kiyozumi M, Mishima M, Noda S, Miyata K, Takahashi Y, Mizunaga F, Nakagawa M, Kojima S. Studies on poisonous metals. IX. Effects of dietary fibers on absorption of cadmium in rats. *Chem Pharm Bull (Tokyo)* **30**:4494-4499 (1982).
- [32] Koseki M, Kitabatake N, Doi E, Yasuno T, Ogino S, Kasama M, Doguchi M. Binding of taurocholate by pectin in the presence of calcium ions. *J Food Sci* **52**:1744-1745 (1987).
- [33] Lapina VA, Sheshko PM, Pankovets EA, Dontsov AE. Phytosorbent prepared from sunflower husks prevents mercuric chloride accumulation in kidney and muscle of adult rabbits. *Arch Environ Health* **55**:48-50 (2000).
- [34] Mellanby E. *Spec Rep Ser Med Res Counc London* (1921).
- [35] Miettinen TA, Tarpila S. Effect of pectin on serum cholesterol, fecal bile acids and biliary lipids in normolipidemic and hyperlipidemic individuals. *Clin Chim Acta* **79**:471-477 (1977).
- [36] Nesterenko VB, Nesterenko AV, Babenko VI, Yerkovich TV, Babenko IV. Reducing the ¹³⁷Cs-load in the organism of 'Chernobyl' children with apple-pectin. *Swiss Med Wkly* **134**:24-27 (2004).
- [37] Nesterenko VB. Consequences of the Chernobyl accident for Belarus and urgency of radiation protection of the population, especially children. Report at the international symposium « *Prevention of the risks. Let's learn the lessons of Chernobyl* ». Lyon, France, April 1-2 (2005).
- [38] Reinhold JG. High phytate content of rural Iranian bread: a possible cause of human zinc deficiency. *Am J Clin Nutr* **24**:1204-1206 (1971).
- [39] Riedl J, Linseisen J, Hoffmann J, Wolfram G. Some dietary fibers reduce the absorption of carotenoids in women. *J Nutr* **129**:2170-6 (1999).
- [40] Ristow KA, Gregory JR 3rd, Damron BL. Effects of dietary fiber on the bioavailability of folic acid monoglutamate. *J Nutr* **112**:750-8 (1982).
- [41] Romanenko AYe, Derevyago IB, Litenko VA, Obodovich AN. [Further improvement in the administration of pectin as a preventive agent against absorption of radionuclides by human body]. *Gig Tr Prof Zabol* **12**:8-10 (1991). [Article in Russian].
- [42] Rose HE, Quaterman J. Dietary fibers and heavy metal retention in the rat. *Environ Res* **42**:166-175 (1987).
- [43] Rowland IR, Mallett AK, Flynn J, Hargreaves RJ. The effect of various dietary fibres on tissue concentration and chemical form of mercury after methylmercury exposure in mice. *Arch Toxicol* **59**:94-98 (1986).
- [44] Russian Federation Ministry of Public Health. [Method recommendations for the use of Zosterin-Ultra pectin as an agent of mass prevention at enterprises of the nuclear and other sectors of industry working with radioactive substrates, heavy and polyvalent metals, as well as in areas contaminated by radioactive and other hazardous substances]. February 10 (2003). [Article in Russian].
- [45] Saito D, Nakaji S, Fukuda S, Shimoyama T, Sakamoto J, Sugurawa K. Comparison of the amount of pectin in the human terminal ileum with the amount of orally administration pectin. *Nutrition* **21**:914-919 (2005).
- [46] Schaus EE, de Lumen BO, Chow FI, Reyes P, Omaye ST. Bioavailability of vitamin E in rats fed graded levels of pectin. *J Nutr* **115**:263-70 (1985).

- [47] Schwartz SE, Levine GD, Starr CM. Effects of dietary fiber on intestinal ion fluxes in rats. *Am J Clin Nutr* 36:1102-1105 (1982).
- [48] Schwartz SE, Levine GD. Effects of dietary fiber on intestinal glucose absorption and glucose tolerance in rats. *Gastroenterology* 79:833-836 (1980).
- [49] Trakhtenberg IM, Litenko VA, Derevyago IB, Demchenko PI, Mikhailovskii SV. [The use of pectin-containing enterosorbents in exposure to radionuclides and heavy metals]. *Lik Sprava* 5:29-33 (1992). [Article in Russian].
- [50] Trakhtenberg IM, Lukovenko VP, Korolenko TK, Ostroukhova VA, Demchenko PI, Rabotyaga TY, Krotenko VV. [Preventive use of pectin for chronic exposure to lead in production]. *Lik Sprava* 1-2:132-135 (1995). [Article in Russian].
- [51] Trakhtenberg IM, Mikhailovskii SV, Litenko VA, Demchenko PI, Derevyago IB. The removal of ⁸⁵Sr and ¹³⁷Cs from the rats by pectin-containing oral adsorbents. *Fresenius Environmental Bulletin* 2:724-729 (1993).
- [52] Trakhtenberg IM, Talakin IuN, Leskova GE, Kakovskaia VN, Gridneva NV. [Prophylactic use of pectin in occupational mercurialism]. *Gig Tr Prof Zabol* 7:33-36 (1980). [Article in Russian].
- [53] Van Dick K, Tas S, Robberecht H, Deelstra H. The influence of different food components on the in vitro availability of iron, zinc and calcium from a composed meal. *Int J Food Sci Nutr* 47:499-506 (1996).
- [54] Wapnir RA, Moak SA, Lifshitz, F. Reduction of lead toxicity on the kidney and the small intestinal mucosa by kaolin and pectin in the diet. *Am J Clin Nutr* 11:2303-2310 (1980).