

放射性同位元素의 利用과 實際

李 興 植

경희대학교 의과대학 해부학교실

서 론

可恐할 무기로만 여겨지던 原子力이 平和의인 目的에 利用되기 始作한 후 이들은 獸醫畜産分野에 있어서도 실로 刮目할 만한 偉大한 많은 業績을 남겨 놓았다.

放射性同位元素가 獸醫畜産分野에 利用될 수 있는 原理는 放射性物質은 安定同位元素가 될 때까지는 계속 自然崩壞를 일으켜 알파선, 베타선, 감마선 등의 放射線을 放射함과 同時에 이들은 電離作用과 螢光作用, 感光作用이 있고 Geiger-Müller計數器나 scintillation 計數器 등 人工的인 計器를 사용하던 아무리 微量이라도 쉽게 그 存在를 追跡해 낼 수 있다는데 그 根據를 두고 있다.

이와 같은 理論을 바탕으로 하여 수의측산분야에서 흔히 사용하는 방사선과 방사성 동위원소의 利用方法은 방사선 자체의 內外照射法을 비롯하여 追跡子法, 同位元素稀釋法, 自家影像法 등이 있다.

방사선 조사법이란 방사선이 조직을 투과할 때는 조직 자체에 電離로 인한 間接作用과 自由基에 의한 직접 작용을 일으켜 生物學的인 效果를 나타낸다는 點에 着眼하여 放射線自體를 外部에서 照射시켜 주거나 特定臟器에 親和性을 갖고 있는 방사성 동위원소를 投與하여 원하는 장기에 集積되게 한 후 여기에서 放射되는 방사선으로 암이나 病的部位를 진단 또는 치료하는 것이다.

한편 追跡子法이란 우리가 원하는 物質을 방사성 同位元素로 표지하여 이 물질의 行方을 방사능 計測器를 利用해서 追跡해 내는 方法으로 이것은 $10^{-16}g$ 까지의 極微量도 간단하고 精確 신속하게 알아낼 수 있는 定量, 定性法이다. 이와 같은 方法은 各種 營養소의 吸收, 分布, 배설의 代謝경로를 밝히는 가축생리, 營養 분야를 비롯하여 항체-항원의 면역기구 解明, 藥品의 藥効判定, 飼料作物의 營養 및 成長因子研究, 各種 加齢질병의 診斷과 治療에 자주 쓰인다.

同位元素稀釋法이란 分析化學이나 生理化學을 비롯한 많은 分野에 응용되는 方法으로 동위원소로 표지한 소량의 物質을 알고자 하는 다량의 物質에 加하여 그 混合物의 濃도를 一定하게 한 후 그 比放射能을 측정하여 그 物質의 量을 計算해 내는 것으로 血量測定, 體液測定, 소화대사율측정 등에 주로 쓰인다.

自家影像法이란 방사선의 感光작용을 利用하여 一定의 방사성 동위원소를 生체에 주입한 후 조직을 채취하여 조직표본을 만든 다음 이 조직 표본에 필름을 입혀 이들 필름 乳膜이 방사선에 感光되어 맺어지는 흑화도로서 방사성 동위원소의 소재부위와 分布強度를 측정하는 方法으로 成長細胞內 生合成, 중간대사의 物質移動 經路 등을 관찰하는 조직학 분야나 發生學 분야에 많이 이용된다.

방사성 동위원소의 취급과 이용

방사성 동위원소를 利用한 動物實驗은 국제원자력기구(IAEA)에서 권장한 방사성 동위원소 안전취급법에 準하여 취급되 특히 다음과 같은 點에 유의하여 취급하여야 한다. 즉, 동물에 의한 방사능 汚染이나 동물의 배설물에 의한 주위 방사능 오염이 없도록 實驗動物 사육상이나 동물실험실을 특별히 고려하여 설계, 설비하고 방사성 동위원소를 투여한 동물을 취급코자 할 때는 필히 보정틀에 保定하여 기체, 기구, 실험자 상호간에 오염을 最小化하도록 하여야 한다. 특히 다량의 방사성 동위원소를 동물에 투여하였을 때는 동물자체에서 放射되는 放射線에 실험자가 被暴되는 일이 없도록 보호조치를 취해야 한다. 뿐만 아니라 실험동물에 물리거나 할퀴지 않도록 주의해야 함은 물론이고 동물의 운동이나 호흡 등으로 생기는 먼지나 飛沫로 인한 방사능 오염도 충분히 고려되어야 한다.

실험동물의 배설물과 生體解剖나 死體解剖에서 나오는 組織片이나 內臟, 筋肉 따위의 死體는 일단 放射能

汚染物質로 看做하여 廢棄하여야 한다. 放射能을 띤 動物과 飼育箱에는 使用한 방사선 동위원소의 종류와 량, 투여일시 등을 기록한 표지를 달아 두고 방사능물질 취급실이나 동물실험실, 비방사능실험실 상호간에 동물, 機械, 器具, 備品 등을 함부로 교환하여 쓰거나 상호 이동시켜서는 안 된다.

放射性同位元素를 動物에 투여하는 方法에는 注射法과 經口投與法이 있는데 주사법에는 그 方法에 따라 皮下注射法, 근육주사법, 腹腔內注射法, 靜脈注射法 등으로 나눌 수 있으나 이는 實驗目的이나 實驗動物의 종류에 따라 선택하여야 한다.

經口投與法은 사료나 음료수에 동위원소를 混入시켜 自由攝食하도록 하는 方法과 캡슐이나 위소식자(stomach tube)를 이용하여 투여하는 法, 同位元素를 飛沫이나 氣膠質 또는 gas 상태로 만들어 吸入시키거나 기관내로 주입시키는 方法 등이 있다.

放射性同位元素의 선택과 투여량은 目的하는 實驗設計에 따라 다르겠으나 實驗目的에 適合한 核種이 한 가지가 아니라 여러 가지 있다면(예를 들어 iodine의 경우 ^{127}I , ^{124}I , ^{127}I , ^{129}I , ^{131}I , ^{134}I 등과 같이) 經費面이나 取扱面을 고려하여 값이 싸고 energy level이 낮고 적당한 半減期를 갖고 있는 것을 선택함이 우선 조건이라 하겠다. 방사성 동위원소를 이용한 연구에서는 目的하는 바 이외의 다른 방사성 물질의 混入은 비록 그 량이 極微量이라 할지라도 실험결과에 重大한 영향을 미칠 우려가 있으므로 이와 같은 사실도 염두에 두고 純도가 높은 것을 쓰되 같은 同位元素라도 化學型이 여러가지이므로(예를 들면 ^{24}Na 의 경우 $^{24}\text{NaCl}$ in H_2O , $^{24}\text{NaCl}$ in HCl 등이 있고 ^{32}P 의 경우 H_2 $^{32}\text{PO}_4$ in 0.1N-HCl, NaH_2 $^{32}\text{PO}_4$ in NaCl solution, $\text{Ca}(\text{H}_2$ $^{32}\text{PO}_4)_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ 등이 있다) 이를 고려하여 實驗目的에 맞게 選擇하여야 할 것이다.

방사성 동위원소의 사용량이 많으면 많을수록 放射能測定이 쉬운 것은 事實이나 취급도중의 위험성이라든가 他物質에의 放射能汚染 또는 經濟的인 문제 등을 考慮하여 필요 이상의 使用量 決定은 피하는 것이 좋다. 방사성 동위원소 투여량 決定時에는 투여 동위원소의 방사선이 動物의 正常的인 生理機能에 손상을 주지 않는 범위 내에서 決定해야 되는 點도 유의해야 될 사항이다. 대체로 투여량은 시료의 방사능 측정치가 自然計數의 5~6배가 되도록 방사성 동위원소의 투여량을 결정하되 最終測定値가 100~1000 cpm이 되도록 함이 적당하다. 하지만 動物實驗의 경우에는 外部照射보다는 내부에 注入하여 生體實驗을 하는 경우가 많다. 그러나 體內에 注入된 방사성 동위원소는 各各의 特性에 따라 ^{90}Sr 은

骨組織에, ^{131}I 은 甲狀腺에, ^{137}Cs 은 生殖器에, ^{24}Na 는 正肉組織에, ^{59}Fe 는 網狀內皮系에, ^{65}Zn 은 腺臟에 親和성이 있어 이들 친화성 장기에 주로 흡수되어 配列 分布하게 된다. 그러나 生體에 들어간 동위원소는 대부분의 경우 친화성 장기 내에 均一하게 分布하지 않아 어떤 경우에는 外部에서 放射能을 測定한다 해도 거의 무의미한 경우도 있다. 故로 이와 같은 點을 미리 考慮하여 방사성 동위원소의 物理的性質과 生體內에서의 生理的特性을 잘 파악하여 방사성 동위원소의 적절한 量的 투여량 결정을 추산하여 투여하여야 한다.

放射性同位元素로 처리한 動物體로부터 試料를 採取코자 할 때는 大略 다음과 같은 點에 注意할 필요가 있다. 于先 採血하는 경우나 採糞, 採尿하는 경우 일반적인 방사성 동위원소 취급규정에 準하여 주위 汚染이나 個人防護에 유의해야 한다.

剖劊하여 各種 장기의 病理解剖學的인 觀察을 하는 한편 각 장기에 대한 방사성 동위원소의 吸收, 分布와 아울러 病理組織學的인 觀察을 하고자 할 때는 採取한 장기를 固定液에 固定하여 通常方法에 따라 組織標本을 만들어 관찰하되 각 장기의 동위원소 吸收分布도를 알기 위해서는 採取한 장기를 농질산이나 가성소다 용액에 넣어 加熱溫湯에서 유기물을 酸化, 조직을 완전히 파괴, 용해시킨 후 적외선 등에서 乾燥시켜 방사능을 측정하거나 아니면 液狀 그대로 液狀計數器로 放射能을 測定함이 좋다. 脂肪이 많아 強酸만으로 조직이 溶解되지 않는 경우는 濃窒酸으로 酸化 후 濃질산을 증발건조 병각 시킨 다음 아세톤이나 다이옥산으로 지방을 용해하여 均質化시킨 후 放射能을 측정함이 좋다. 以外에 Carius 法을 응용한 灰化法도 이용될 수 있으나 計測用試料 제작시는 水分 기타 物質에 의한 自己吸收, 後方散亂, 計器의 分解時間, 計器의 感度 등이 計測值에 크게 關與하므로 이런 경우는 標準液을 만들어 이들에 대한 幾何學的補正을 하여야 하며 아울러 生體測定時는 生體自然放射能(body back ground)도 고려하여 계측치를 算出하여야 한다.

방사성 동위원소의 응용과 실제

追跡子法에 의한 방사성 동위원소 利用: 動物營養에 관한 研究는 주로 얼마의 飼料를 먹고 얼마나 肥肉, 泌乳, 産卵했느냐 하는 飼料効率에 關係된 것이다. 왜냐하면 各種家畜이나 家禽 등은 사료를 섭취한 후 各種의 多樣한 代謝過程을 거쳐야만 비로소 고기, 젖, 알 등을 생산해 낼 수 있기 때문이다.

따라서 많은 과학자들은 고기, 젖, 알이 어떤 過程을 거쳐 생산될 수 있는지 알아내고자 많은 研究를 거듭해

왔으나 방사성 동위원소가 應用되기 以前까지는 그렇게 만족할 만한 方法이 없었다. 그 한 예를 들면 사료 중의 Ca와 P는 骨格의 주성분이며 동시에 이들은 비타민 D와 유기적인 關係가 있음은 잘 알려져 있으나 Ca나 P를 정량함에 많은 어려움이 있었다. 왜냐하면 이들 Ca나 P는 대개는 직접 糞便으로 배설되 버리거나 腸에서 흡수되어 血中으로 移行하나 血中에 흡수된 Ca나 P도 結局은 다시 腸을 거쳐 직접 糞便으로 배설된 것과 混合되게 되기 때문이었다. 따라서 Ca나 P의 흡수, 배설에 관한 종래의 方法으로는 정확한 내인성 Ca와 외인성 Ca나 내인성 P와 외인성 P의 이용율을 정확히 정량할 수 없었다. 그러나 방사성 동위원소 ^{45}Ca 나 ^{32}P 를 이용하므로 쉽게 Ca와 P를 정량할 수 있었다. 다시 말해서 去勢한 수송아지의 사료에 Ca를 배합하여 給與했을 때 종래의 方法으로는 총투여량의 24%만이 소화 흡수된다고 밝혀졌으나 ^{45}Ca 를 이용한 결과 38%나 이용됨이 判明되었다. 뿐만 아니라 사료작물인 알팔파에 함유된 P의 利用率도 얼마전까지만 해도 22%로 알려졌으나 ^{32}P 를 이용한 研究結果 그 이용율이 95%나 되는 것으로 밝혀져 알팔파는 아주 좋은 P의 공급원이 밝혀졌다. 젖소는 하루 약 15g의 P를 섭취하여 우유에 P를 배설하는데 우유 속에 들어 있는 P의 율대를 알기 위해 ^{32}P 를 使用하여 실험한 결과 전체 P의 20%만이 飼料에서 율래되고 나머지 80%는 젖소 자신의 骨組織으로부터 生成混入됨이 규명되었다. 그러나 계란의 경우에는 65%가 사료에서, 그리고 35%가 산란계에서 율래됨이 밝혀져 동물에 따라 그 차이가 있음도 判明되었다.

生體를 구성하고 있는 모든 成分은 合成과 分解를 계속하면서 動的平衡을 유지하고 있어 체내 構成成分은 항상 새로운 것으로 交替되고 있으나 이들 교체량을 일반적인 方法으로 정량한다는 것은 도저히 불가능하였다. 그러나 追跡子法을 利用함으로써 이들을 쉽게 측정할 수 있게 되었는데 ^{32}P 를 이용하여 근육 중의 P의 대사회전율을 측정한 결과 전체 투여 P의 60%가 20분을 주기로 대사회전되고 靚취 內臟粘膜炎上皮는 15%의 DNA가 매일 대사회전되고 있음이 알려지게 되었다. 또한 지금까지 哺乳類의 齒牙는 어릴 때부터 조금씩 자라 永久齒가 된다고 믿어왔으나 ^{45}Ca 를 이용함으로써 칼슘 조직인 치아는 끊임 없이 合成과 分解가 共存하여 平衡을 維持함이 밝혀졌다.

追跡子法이 無機物의 대사경로 규명에 많이 쓰인다는 것은 이미 기술하였으나 ^{64}Cu 를 사용하여 젖소에서 Cu의 대사를 관찰한 결과 Cu는 장내에서 흡수되어 알부민과 結合하여 血液으로 移行되어 헤모글로빈의 合成에

관여하는 것이 규명되었을 뿐 아니라 사람은 일반적으로 하루 2~5mg의 Cu가 필요한데 비해 젖소는 150mg이나 되는 많은 양의 Cu가 요구되는 것도 밝혀져 젖소의 사양에서는 일반이 생각하는 것보다 다량의 Cu급여가 필요함이 判明되기도 하였다.

혈액의 주요 구성인자인 Fe의 경우 설탕이나 아미노산은 Fe 흡수에 큰 영향을 미치며 동시에 조직의 Fe 함량 조절은 可溶性 킬레이트 화합물에 달려 있음이 ^{59}Fe 에 의해 알려졌다. 뿐만 아니라 哺乳期 仔豚은 이미 돼지 젖속에 들어 있는 Fe의 95% 이상을 흡수하되 仔豚의 Fe 要求量은 체중 kg 당 3mg이 되는 것도 ^{59}Fe 에 의해 判明되었다.

無機態의 ^{35}S 를 닭에 투여한 결과 이들은 주로 含硫黃 아미노산 合成에 쓰이되 메치오닌보다 씨스테인이나 씨스테인 합성에 주로 이용되나 無機態硫黃은 함유황 아미노산으로 되는 과정 중 일단 타우린이 된 후 씨스테인이나 씨스테인이 된다고 규명되었다.

^{45}Ca , ^{131}I , ^{14}C , ^{32}P 등을 이용한 研究로 지금까지 不分明하던 계란의 형성과정도 確實히 규명되어 난소의 성숙 기간은 약 10일이며 난백 분비부 통과 소요시간은 3시간이고 鰾부 통과 소요시간은 1시간이며 자궁내 정체시간이 20시간임이 밝혀졌고 아울러 계란의 부화 7일 경에는 난황의 65%가, 그리고 난백의 25%가 胚로 이행하되 부화일이 가까와질수록 이들 移行率은 반대로 됨이 ^{45}Ca 에 의해 밝혀지기도 하였다.

動物에 먹혀지는 사료의 가치를 判定하기 위해 지금까지 일정기간 飼養하여 飼育開始時 체중과 飼育終了時 체중을 비교하여 良否의 判定을 하였다. 그러나 방사성 동위원소 ^{24}Na 는 이러한 번거로운 과정을 거치지 않아도 사료의 가치를 쉽게 判定할 수 있는 方法을 마련해 주었다. 즉, ^{24}Na 는 골조직이나 갑상선, 지방조직 등 어떤 특정 조직에 親和性을 갖고 있지 않고 正肉에만 친화성이 있어 이들에 거의 전량이 集積되므로 ^{24}Na 를 동물에 투여하여 이들의 放射能을 測定比較함으로써 쉽고 간단하게 正肉의 量을 產出해 낼 수 있게 되었다.

^{14}C 를 利用하면 人體나 動物體를 구성하고 있는 炭水化合物은 물론 지방산, 아미노산 등 단백질 대사과정은 물론 조직 내에서 일어나는 生合成 및 分解過程을 쉽게 追跡해 낼 수 있는데 산양의 제1위로부터 protozoa를 분리하여 ^{14}C 로 표지해서 protozoa가 체외에서 어느 정도까지 蛋白質을 合成할 수 있는지 研究한 結果 非蛋白質窒素化合物로부터 30%까지의 蛋白質을 合成할 能力을 가지고 있고 동시에 이들은 乳蛋白質의 合成에 쓰여짐도 밝혀냈다. 뿐만 아니라 반추위 내 protozoa는 비타민 B_{12} 를 合成하기 위해 Co를 필요로 함도 규명하였

다. 한편 닭의 맹장에 있는 미생물도 이들과 같은 특성을 갖고 있음도 ^{14}C 에 의해 밝혀졌는데 닭 맹장의 미생물은 체외로 배출된 후 1~2일까지 비타민 합성능력이 있음도 알아냈다. ^{14}C 는 또한 유단백질에 合成에 관해 지금까지 의문점도 해결해 주었는데 우유에 들어 있는 카제인과 베타 글로브린은 혈장단백질이나 혈장 펩타이드에서 유래되지 않고 모두 遊離 아미노산에서 직접 合成됨이 判明되었다.

갑상선은 肥肉, 泌乳, 產卵 등과 관계 깊은 내분비 기관이다. 이들 갑상선에서 분비되는 호르몬은 I가 풍부한 단백질이다. 따라서 방사성 동위원소 ^{131}I 을 사용하여 乳汁形成期나 卵形成期에는 갑상선 기능이 항진되고 더운 날씨에는 產卵率과 泌乳量이 떨어지는데 이는 갑상선이 外氣溫에 영향 받아 갑상선 기능이 저하되기 때문이라는 등의 이유가 밝혀졌다. 甲状腺機能抑制는 가축이나 가금의 비육성장에 큰 효과가 있음도 밝혀져 ^{131}I 이 正肉增産을 위한 肉質改善에도 쓰이고 있으며 아울러 지금까지 一般方法으로는 도저히 判定이 어려웠던 泌乳가 좋은 乾초의 선별에도 ^{131}I 을 쓸 수 있어 ^{131}I 은 가축의 優良種을 選拔하는 遺傳育種에도 응용되고 있다.

極微量의 性호르몬은 소나 羊의 肥肉를 促進하나 食用에 쓰기 위해 動物을 屠殺하는 경우 여기에 남아있는 極微의 殘餘 性호르몬은 人體에 害를 주게 된다. 하지만 지금까지의 化學的인 方法으로는 食用에 써도 좋을지 결정할 이 極微殘餘量測定이 거의 不可能하였다. 하지만 방사성 동위원소 追跡法은 10^{-16}g 정도까지의 미량도 測定할 수 있어 이와 같은 正肉內殘留 性호르몬의 추적에도 흔히 방사성 동위원소는 쓰이고 있다.

各種 藥品의 체내 移動, 分布, 吸收, 배설 나아가서 藥效의 判定에까지 방사성 동위원소는 利用된다. 그 한 예로 人體에 蓄積作用이 있고 毒性이 강한 農藥인 有機水銀劑의 경우 ^{197}Hg 로 표시하며, BHC는 ^{36}Cl -BHC로 파라치온은 ^{35}S -Parathion 등으로 표시하여 일정 목초지에 살포한 후 이 牧草를 사료로 給與하여 이들 農藥의 家畜體內殘留 農약이 가축 自體에 미치는 영향은 물론 農藥의 흡수, 분포정도, 배설경로 등을 추적하며 이들 가축이 생산한 알이나 고기 또는 젖에 이들 農藥의 잔류량도 측정하고 나아가서 이들 생산물을 사람이 먹었을 때 인체의 흡수분포를 측정하여 일련의 food chain에 대한 연구도 수행한다.

심지어 방사성 동위원소는 세균이나 기생충의 移動이나 分布狀 조사에도 쓰인다. ^{14}C 나 ^{32}P 가 포함된 배지에서 세균이나 기생충을 배양하여 이들이 放射能을 띠게 한 후 그 放射能을 추적하는 것이다.

방사성 동위원소는 병리기전의 解明에도 응용되고 있

는데 지금까지 乳熱에 관해서 많은 가설이 있었으나 ^{45}Ca 와 ^{32}P 를 사용하여 실험한 결과 부갑상선을 제거하면 Ca 흡수가 장애되고 Ca 증가증이나 P 감소증 때는 흡수가 증가됨이 들어났다. 그리고 골에서 Ca 흡수가 증가되면 골조직은 골절이 일어나기 쉽다고 밝혀지는 한편 Ca 대사는 어린 동물일수록 왕성함도 判明되었다.

動物이 肝蛭에 감염되면 심한 貧血과 蛋白缺乏症이 나타나게 되는데 ^{131}I 으로 표시한 알부민을 人工的으로 肝蛭症을 유발한 토끼에 주사한 결과 알부민 대사장애가 유발되며 이것은 위장관에서의 혈장단백의 과도한 손실에 기인됨이 判明되었다.

稀釋法에 의한 방사성 동위원소의 利用: 가축의 건강 상태를 判斷하는 하나의 手段으로 循環血液量을 測定比較하는 것은 큰 의미를 갖는다. 血量測定을 위해 지금까지 가장 많이 이용된 것은 Evans blue法이다. 그러나 이 방법은 Evans blue 염료를 사용하나 이 染料는 生體에 주입되는 경우 網狀內皮細胞에 吸附되거나 담즙으로 배설되거나 혹은 임파관으로 移行하는 등 缺點이 있고 오차가 크며 단시간에 여러번 할 수 없다는 短點을 갖고 있어 좀 더 신속, 정확한 측정법이 요구되어 왔다. 이와 같은 점에서 近來에 開發된 방사성 동위원소를 이용한 循環血液量測定法은 이들을 모두 만족시키는 간편하고 신속하며 정확한 방법이다.

放射性同位元素가 血液量測定에 쓰이는 原理는 同位元素稀釋法에 그 根據를 두고 있으나 이것은 血液量뿐만 아니라 體液量, 여러 가지 生理學的 또는 病理學的 體液構成分의 測定에도 쓰인다. 稀釋法을 利用할 수 있는 同位元素는 血流內 체류시간이 比較的 길되 生體에 害가 없는 것이어야 하며 同時에 正常 血液成分과 용이하게 混合되어 그 證明이나 測定이 간단하여야 한다. 이런 점에서 稀釋法에는 ^{32}P , ^{51}Cr , ^{59}Fe , ^{131}I , ^{42}K , 등이 比較的 많이 쓰인다.

^{32}P 를 利用한 토끼의 循環血液量 測定法은 大略 다음과 같다. 항응고제가 들어있는 주사기로 3ml의 혈액을 심장천자하여 採血하여 $75\mu\text{Ci}$ 의 ^{32}P 와 混合하여 37°C 恆溫器에 60分間 정치하여 赤血球를 放射同位元素로 표시한다. 그후 구연산완충액 1,000ml로 稀釋하여 3ml를 토끼의 耳靜脈에 주사한다. 30분 후 주사한 反對側 耳靜脈으로부터 0.2ml 採血하여 放射能을 計測, 赤血球總量, 總血液量, 血漿量을 計算한다. 즉 赤血球總量은 試料의 放射能 cpm, 標準液의 稀釋度, 注射한 量, hemotocrit值를 곱한 다음 標準液의 放射能 cpm으로 나눈 후 100분의 1을 곱하면 된다. 總血液量은 赤血球量을 hemotocrit值로 나눈 후 100을 곱해주면 된다. 그리고 血漿量은 위와 같은 方法에 의해 구해진 總血液量

에서 赤血球量을 除하면 된다. 이와 같은 방법으로 구한 토끼의 赤血球量은 13.9ml/kg. body weight이며 總血液量은 51ml/kg. body weight 이다.

^{59}Fe 도 血漿量 測定에 많이 쓰이는데 ^{59}Fe 로 血色素를 표시하면 ^{32}P 나 ^{131}I 에 비해 거의 遊離되지 않는 長點이 있다. 血漿量 測定方法도 위에 예를 든 ^{32}P 의 경우와 유사하나 ^{59}Fe 는 血漿 내에서 造血臟器 또는 鐵 저장장기에서 指數函數적으로 減少되므로 血漿內의 放射能을 시간의 函數로 하여 片對數表에 기입한 후 이 直線에서 ^{59}Fe 의 消失 傾向과 注射直後의 Fe 濃도를 計算하되 注射量, 標準液 稀釋度, 標準液 放射能 cpm을 곱한 후 注射直後 血漿內 ^{59}Fe 濃도 cpm으로 나누면 된다.

^{51}Cr 을 사용해서는 赤血球의 平均壽命을 測定하는데 많이 利用하는데 이것은 6價의 음이온 chromate는 赤血球의 글로부린과 쉽게 結合하고 赤血球 내에서 3價로 還元된 chromate는 赤血球膜을 通過할 수 없으므로 일단 ^{51}Cr 로 標識된 赤血球은 Cr과 遊離되지 않고 遊離된다 해도 다시 赤血球에 利用되지 않는다는 長點이 있기 때문이다. 減衰曲線에 의한 赤血球 平均壽命은 7시간 후 赤血球 比放射能 cpm에 100을 곱한 후 開始時試料中 赤血球 放射能 cpm으로 나누면 된다. 이와 같은 방법에 의해 지금까지 사람의 赤血球 壽命이 120일, 130일, 135일, 140일 등 여러 가지 설이 있었으나 127일로 精明되었다.

放射線에 의한 各種 疾病의 診斷과 治療: 放射線을 利用한 各種 疾病의 診斷과 治療에 있어서 문제가 되는 것은 診斷이나 治療코자 하는 病的組織에 적합한 방사성 동위원소를 어떤 것으로 選擇하며 얼마나 한 量의 동위원소를 投與하여야 되느냐 하는 것과 어떻게 하면 다른 周圍正常組織에 放射線障害를 最小化할 수 있는냐 하는 것이다.

放射性同位元素는 非放射性同位元素와 같은 化學的 特性을 갖고 있어 甲狀腺— ^{131}I , 骨格— ^{45}Ca , ^{32}P , ^{90}Sr , 腸상내피제— ^{59}Fe , 膀胱— ^{65}Zn 등으로 특정 臟器에 대한 親和性이 있기는 하지만 모든 방사성 동위원소가 全部 그런 것이 아니므로 경우에 따라서는 放射性同位元素를 膠質狀態로 만들어 被貧食性을 利用하여 腸상내피제에 集中시켜 利用하기도 한다.

甲狀腺疾患의 診斷과 治療에 자주 쓰이는 방사성 동위원소는 ^{131}I 인데 이것은 甲狀腺은 I를 섭취하는 특성이 있고 동시에 攝取하는 程度는 甲狀腺의 기능과 比例한다는데 根據를 두고 있다. ^{131}I 를 생체에 투여하면 그 大部分의 ^{131}I 는 甲狀腺에 集積되고 나머지는 대개 尿로 排泄된다. 그러나 甲狀腺에 섭취된 ^{131}I 는 甲狀腺 호르

몬의 상태로 되어 血中에 分泌되어 蛋白結合沃素(protein bound iodine, PBI)로서 存在하게 되므로 血清 PBI 濃度는 갑상선 기능 진단의 指標가 된다. 갑상선 기능이 항진되었을 때 갑상선의 ^{131}I 섭취율은 높게 나타나며 機能低下時는 낮게 나타난다. 대개 주입 후 24시간에 15~20%면 기능저하이다. 排泄率의 경우에 있어서는 이와 反對現象을 나타낸다. PBI는 흔히 全血漿 ^{131}I 에 대한 PBI의 放射能濃度 cpm으로 그 轉換量을 求한다. ^{131}I 의 섭취율이 적다고 해서 반드시 甲狀腺機能의 低下일 수는 없고 腦下垂體 機能의 저하일 수도 있어 이들의 區別을 위해서는 ^{131}I 투여 후 갑상선 자극 호르몬을 투여하여 鑑別診斷한다. 갑상선에서 由來한 原發性일 때는 20% 정도 攝取率이 높다. 갑상선기능 항진증일 때 흔히 多量의 ^{131}I 를 투여하여 人工的인 手術보다 좋은 效果를 얻게 되는데 이는 放射線의 電離效果를 利用하여 過度한 細胞機能을 抑制하는데 根據한다.

^{32}P 는 眞性赤血球增多症이나 白血病, 淋肉肉腫, 乳房癌, 腦腫瘍의 진단과 치료에 자주 이용되는데 이것도 역시 방사성 동위원소가 組織에 흡수되면 방사선이 放射되며 이와 같은 放射線은 電離作用을 하므로 세포나 조직에 不可逆的인 變化가 일어나 세포나 조직은 기능이 저하되거나 상실될 수 있다는 特性과 細胞分裂이 旺盛한 造血臟器나 腫瘍組織 또는 急慢性炎症部位는 세포의 진진대사가 항진된 狀態이므로 核酸 수요가 정상조직에 비해 4~15배나 높아 ^{32}P 의 섭취율이 증가된다는 것을 利用한 것이다.

放射性同位元素를 願하는 臟器에 集積시킨 후 放射線檢出器를 外部에서 走査시켜 各臟器內 放射性物質의 分布를 觀察하는 scanning이 간장, 신장, 심장, 비장 등 각종 臟器機能檢査에 널리 쓰이는데 記錄方法에는 點狀法과 感光法이 있으나 주로 點狀法이 많이 쓰인다.

^{131}I 로 標識한 $^{131}\text{radioiodohippurate}$ 를 정맥내로 주사하면 이들의 대부분은 신장을 거쳐 배설되고 일부의 少量만이 肝臟에 濃縮되어 담관으로 배설된다. 따라서 모든 질병의 初期變化가 가장 잘 나타나는 신장에서 섭취, 배설되는 방사성 동위원소의 상태를 測定分析함으로써 신장의 기능과 수노관의 排尿狀態를 判斷할 수 있어 진단과 예후를 알 수 있다. 이와 같은 방법으로 개에서 신장기능검사를 한 결과 정상일 때는 15분에 섭취량이 최고점에 달하나 신장에 어떤 질환이 있을 때는 10~15초만에 最高點에 달한다.

흔히 ^{131}I -rose bengal 또는 colloidal ^{198}Au 를 利用하여 간기능검사를 많이 하는데 rose bengal은 一種의 色素로서 간세포에 의해 選擇의로 섭취되어 膽道를 통해 장관내로 排泄되며 ^{131}I 는 rose bengal과 밀접하게

結合되어 ^{131}I 가 生體내 代謝過程을 거처도 서로 分離되는 일이 없다는 점에서 많은 利點을 갖고 있다.

肝臟은 약 60%가 實質인 간세포로 되고 간세포사이는 동양모세혈관이 되어 貧食性的 Kupffer 세포로 덮여 있다. ^{198}Au 은 Kupffer 세포에 貧食되나 ^{131}I 은 實質細胞에 흡수되어 배설된다. 生體에 放射性同位元素를 주입하면 肝組織內 放射性同位元素가 곧바로 分布되어 放射線을 放射하는 것이 正常이지만 肝臟에 病變이 있게 되면 放射性同位元素의 섭취상태가 scanning에 의한 scintigram에 음성으로 나타나게 되므로 쉽게 간종양, 간농양, 간경변 등을 判別해 낼 수가 있다.

惡性貧血의 진단을 위해서는 ^{60}Co 로 표지한 비타민 B_{12} 가 많이 사용되는데 이 放射性 비타민을 經口投與하면 正常의 경우 투여 24시간 후 투여량의 10%나 그 이상이 흡수, 배설되나 체내에 어떤 기능부전이 있게 되면 5%나 그 이하만이 배설되게 된다. 다시 말해서 ^{60}Co 의 방사능을 測定함으로써 內的要因에서 오는 惡性貧血인지 吸收不全에서 오는 貧血인지 區別할 수 있다.

이상은 방사성 동위원소의 内部照射에 의한 利用이 있었으나 現在 外部照射에 의한 外科의 利用도 대단히 많다. 즉, ^{60}Co 이나 ^{137}Cs 에서 放射되는 강력한 감마선을 利用하여 患部에 직접 조사하므로 종자골종염이나 완골종염에 의한 말의 跛行症治療에 800~1000 렌트겐이 쓰인다. 뿐만 아니라 소의 안검종양 치료를 위해 라듐金屬針을 직접 종양조직내에 삽입시켜 방사선을 조사하는 方法도 利用되고 있다.

表在性血管腫이나 色素性母斑 등에는 ^{32}P , ^{90}Sr , ^{89}Sr 등을 흡이나 흡수지, 외세팅 등에 吸收混入시켜 환부에 직접 밀착시켜 치료에 쓰기도 한다.

放射性同位元素는 家畜疾病豫防藥의 生産에도 응용되고 있는데 牛肺虫, 豚肺虫, 肝蛭, 개 十二指腸虫, 닭 회충에 대한 電離放射線의 효과에 관한 연구는 이미 오래 전부터 研究되어 왔으나 實際 放射線을 利用한 예방약이 實驗的으로 生産된 것은 最近의 일로 현재 가장 많이 利用되는 것은 牛肺虫豫防藥이다.

牛肺虫 예방약의 제조도 一般 豫防藥의 제조과정과 같은 이론에 근거하나 대략 다음과 같다. 2~100krad의 放射線을 총체에 조사하여 非活性化시킨 후 방사선조사 幼虫을 숙주에 人工感染시켜 免疫을 形成한다.

현재는 ^{32}P 를 利用하여 바이러스의 增殖機轉을 밝혀냄으로써 병원성이나 항원성에 關係 깊은 바이러스 粒子的 物理化學的性狀이 들어나게 되어 뉴겟을 병독의 경우 이 병독의 순수분리와 정제가 방사성 동위원소에 의해 가능케 되었다.

放射性落塵과 畜産과 公衆衛生의 問題點: 現在 世界各國에서는 放射能에 의해 汚染된 食品에 關係 많은 문

제가 제기되고 있어 社會的인 문제로까지 확대되고 있다. 실제로 ^{90}Sr 의 경우 1954년에 오염도가 1.4였으나 1964년에는 10배가 넘는 23.2였다. 뿐만 아니라 뉴욕 시내에서 우유를 먹는 어린이를 대상으로 골조직 중 ^{90}Sr 의 양을 調査한 바 1958년에 2.1이였으나 1964년에는 6.2로 3배나 증가되어 우유의 방사능 오염이 크게 문제시 되고 있다. 故로 未來에 일어날지도 모를 核戰이나 核實驗의 結果 生成되는 核分裂生成物이나 放射性物質의 利用增加로 생기는 放射能廢棄物의 문제는 심각하다 하겠다.

그 한에로 核實驗을 하게 되면 그 결과 ^{131}I , ^{137}Cs , ^{224}Ba , ^{90}Sr 등 人體나 動物體에 害로운 核種들이 생기게 되는데 이들은 대기권에서 上昇氣流가 되었다가 冷却되어 放射能 비가 되어 地上에 落下하게 된다. 이렇게 落下한 落塵은 땅 위나 물 위에 떨어지게 되어 이것이 들어 있는 물을 사람이나 동물이 먹게 되고 심지어는 이 물 속에 있는 고기조차 이 물을 먹게 되어 고기의 뼈 속이나 살 속에는 방사성 核種이 沈着하게 된다. 뿐만 아니라 사람은 이런 고기를 섭취하게 되므로 문제는 더욱 심각해지는 것이다. 나아가서 또 생각할 수 있는 것은 放射性落塵을 맞은 牧草를 먹은 젖소나 羊 같은 가축의 젖이나 고기를 먹게 되는 경우에도 간접적으로 방사능 피해를 받을 수 있는 可能性을 排除할 수 없는 것이다.

따라서 獸醫畜産分野에 있어서는 이들의 汚染經路를 밝히고 나아가서 放射能이 汚染되었어도 食用에 쓸 수 있는 汚染度를 規定하는 등 방사능 오염관리에 關해서 뿐만 아니라 放射能物質의 汚染除去를 위해 많은 研究가 되고 있다. 日本의 경우 우유 속에 들어 있는 ^{90}Sr 나 ^{137}Cs 을 제거하기 위해 우유 1톤 당 500엔의 경비를 쓰고 있으며 ^{131}I 제거를 위해서는 무려 2만엔의 경비를 지출하고 있다.

原子力の 平和利用中 가장 흥미 있는 問題로 登場한 것중의 하나가 放射線照射에 의한 食品貯藏이다. 食品에 대한 放射線의 照射線量은 食品自體에 따라서 또는 원하는 결과에 따라 달라지나 低線量의 방사선을 利用한 것은 低溫殺菌(pasteurization)이라 하며 高線量의 방사선을 이용한 것을 滅菌(sterilization)이라 하나 단지 저장기간만을 연장하기 위해서는 20~50만 레드의 저온살균량이 이용되고 멸균을 위한 경우에는 200~450만 레드의 멸균량이 이용된다. 방사선조사에 의해 수육, 계육, 어육 등은 물론 계란, 햄, 베이컨 등이 장기간 저장될 수 있는데 일반적으로 베이컨의 경우 ^{60}Co 를 線源으로 하여 450만 레드 조사할 때 실온에서는 물론 冷藏庫에서도 도저히 여러달 저장할 수 없는데 비해 包裝한 채로 실온에서 1년이나 저장할 수 있다. 계란이나

조개, 대구에 50만 레드의 방사선을 쬐이면 食中毒菌인 *Clostridium*, *Salmonella*, *Shigella* 등이 사멸되어 식중독을 미연에 방지할 수도 있다. 새우는 알음에 채워 저장한다 하여도 고작 15일 정도 저장할 수 있고 화학약품을 사용한다 해도 20일 이상 저장이 어려우나 ^{60}Co 나 ^{137}Cs 을 線源으로 10만 레드 照射하면 색이나 맛이나 香氣에 아무 變化 없이 50일간 저장할 수 있다.

이상의 예에서 보다싶이 방사선은 식품저장에 획기적인 방법을 제시해 주었으나 이들이 방사선조사 食品인 이상 과연 食用으로 할 수 있는지 與否의 安全性은 獸醫畜産分野에서는 큰 관심 거리이다. 물론 지금까지 公認된 食品照射는 安全性이 認定된 것이지만 앞으로의 畜産物에 對한 放射線照射 저장은 광범위한 분야에 걸쳐 長期的인 檢討가 수행되어야 할 것이다.

參 考 文 獻

1. Asimov, I. and Dobzhansky, T.: The genetic effect of radiation. U.S. Atomic Energy Commission, Washington D.C. (1966)
2. Augenstein, L.G., Mason, R. and Zelle, M.: Advances in radiation biology. Vol.1—3, Academic press, N.Y. (1969)
3. Bligh, A.S.: Radioisotope in radiodiagnosis. Butterworths, London (1976)
4. Clapp, N.K., Carlson, W.O. and Morgan, J.P.: Radiation therapy for lamenesses in horses. J.A.V.M.A. (1963) 143 : 277.
5. Claus, C.: Radiation biology and medicine. Addison-Wesley, Reading (1958)
6. Collery, S. and Keating, J.: Blood volume determinations in horses using radioactive phosphorus. Vet. Rec. (1958) 70 : 216.
7. Comar, C.L.: Fallout from nuclear test. U.S. Atomic Energy Commission, Washington D.C. (1967)
8. Comar, C.L.: Radiation biology in veterinary education and research. J.A.V.M.A. (1959) 134 : 162
9. Comar, C.L.: Radioisotope in biology and agriculture. McGraw-Hill, N.Y. (1955)
10. Holmes, J.R.: The application of radioactive isotopes as diagnostic aids in veterinary medicine. J.A.V.M.A (1960) 136 : 309.
11. International Atomic Energy Agency: Radiosterilization of medical product. IAEA, Vienna (1967)
12. International Atomic Energy Agency: Radioisotope and radiation in dairy science and technology. IAEA, Vienna (1966)
13. International Atomic Energy Agency: Radioisotopes in animal nutrition and physiology. IAEA, Vienna(1965)
14. International Atomic Energy Agency: Use of radioisotopes in animal biology and medical science. Academic Press, N.Y. (1963)
15. Lawrence, J.H., Manowitz, B. and Loeb, B.S.: Radioisotopes and radiation. McGraw-Hill, N.Y. (1964)
16. Lett, J.T., Adler, H. and Zelle, M.: Advance in radiation biology. Vol.4—7, Academic Press, N.Y. (1977)
17. Moss, A.J.: Practical radioimmunoassay. Mosby, St. Louis. (1976)
18. Reitemeier, R.F.: Nature and effects of radioactive fallout on the farm. J.A.V.M.A. (1960) 136 : 394.
19. Ricciuti, E.R.: Animals in atomic research. U.S. Atomic Energy Commission, Washington D.C. (1966)
20. Rogers, A.W.: Technique of autoradiography. Elsevier, Amsterdam (1967)
21. Urrows, G.M.: Food preservation by radiation. U.S. Atomic Energy Commission, Washington D.C. (1968)
22. Whitson, G.L.: Concepts in radiation cell biology. Academic press, N.Y.(1972)
23. 日本農林省農林技術會: 原子力と農業, テテイス, 東京 (1968)