BEIR V 報告書의 評價와 그 適用

최근에 발표된 BEIR V 보고서에서는 放射線危險度評價에 대해서 새로운 수치를 제시하고 있다. 이 BEIR V 보고서 자료의 의미는 무엇이고, 또한 이 자료가 앞으로의 기준과 선량제한에 어떤 영향을 줄 것인가? 다음은 보건물리학자 Joyce P.Davis씨가 Nuclear News誌 8月號에 발표한 BEIR V 보고서에 대한 평가내용이다.

금년 초 미국국립과학아카데미는 방사선피폭이 인체에 미치는 영향에 관한 보고서를 발표하였다.

BEIR V 보고서의 특징은 방사선이 예전에 생각하였던 것보다 더 위험하다고 나타냈으며, 한편으로는 지난 30년동안 사용된 방사선위험도평가는 유효하고 최근의 과학적 결과에 의해서도 입증되고 있다고 하였다.

BEIR V 보고서에서는 자기의 주장을 뒷받침하기 위한 인용부분들을 발견할 수 있는데, 자세히 분석해 보면 실제의 인용부분이 복잡하여 일반화하거나 너무 지나치게 간략화함으로써 종종 진실과 맞지 않음을 분명히 알 수 있다.

오늘날 작업종사자와 일반대중의 방사선피폭은 대부분이 저선량(률)으로서 가장 중요한데, 불행하게도 아직까지 방사선으로 인한 건강영향의 존재를 과학적으로 입증 또는 반증할 수 없다는 것이다.

이제는 보건물리, 위험도평가, 정부의 결정 등에 BEIR V 보고서의 응용을 위해 이 보고서에 대해 활발한 토의를 할 시기이다.

제기된 정책적인 문제점들은 다음과 같다.

- 방사선작업종사자 또는 일반대중에 대한 현행의 연간제한치를 줄여야 하는가?
- 최대허용 평생피폭선량이 있어야 하는가?
- 모체의 태아 피폭에 대해서 추가적인 규제가 있어야 하는가?
- 방사선작업종사자에 대해 대규모의 역학적 연구가 있어야 하는가?
- 자연선량이나 그 이하의 범위내 수준에서 방사선피폭선량의 증가에 대한 위험도평가는 어떤 의미가 있는 것인가?

이러한 의문점에 대한 근거를 생각하기에 앞서 BEIR 보고서의 역사와 방사선방어기준을 수립하는데 있어서 BEIR보고서의 역할을 살펴보기로 한다.

BEIR 報告書의 歷史

미국국립과학아카데미는 매 10년마다 방사선피폭의 영향을 검토하기 위한 목적으로 과학자들로 구성된 위원회를 조직하여 지원해 왔다. 1955년에 방사선의 생물학적 영향에 관한 위원

회(BEAR)가 처음 구성되었으며, 1956년부터 1963년까지 동안에 일련의 BEAR보고서가 발표되었다.

현재의 이온화방사선의 생물학적 영향에 관한 위원회(BEIR)보고서의 시리즈는 BEIR I 이 발간된 1972년부터 시작되었다. 요약시리즈 BEIR Ⅲ가 1980년에 발행되었는데, 이 보고서는 지난 10년동안 위험도평가와 기준설정을 위한 많은 활동의 기초를 제공해 주었으며, 이제 이 BEIR Ⅲ가 BEIR V로 교체되는 것이다 (BEIR Ⅱ는 이익/비용분석을, BEIR Ⅳ는 알파방사체를 포함하여 다루었음).

또한 1955년 이래 한 국제적인 과학자그룹이 방사선학의 개발을 검토하여 왔는데, 이는 어떤 의미에서는 BEIR과 거의 같은 역할을 하였다고 할 수 있다. 방사선영향에 관한 미국국가위원회(UNSCEAR)의 가장 최근의 보고서는 1986년에 방사선피폭에 의한 유전적 및 신체적 영향에 관해서 발표되었고, 1988년에는 방사선원, 영향 및 위험도에 관해서 발표하였다.

BEIR V와 UNSCEAR은 방사선의 위험도를 평가하는데 있어서 본질적으로 동일한 과학적 자료를 기초로 하였다.

基準의 設定

BEIR이나 UNSCEAR보고서 둘다 방사선기준에 대해서는 권고하고 있지 않은데, 이러한 권고는 미국의 경우 미국방사선방어측정심의회(NCRP), 국제적으로는 국제방사선방어위원회(ICRP)와 같은 기구의 업무이다.

그러나 NCRP와 ICRP의 권고는 BEIR과 UNSCEAR이 요약한 과학적인 자료에 근거를 두고 있다. ICRP는 1988년 UNSCEAR보고서를 검토하여 코멘트의 초안으로 가장 최신의 권고안을 최근에 발표하였다. NCRP는 이전에 권고한 방사선방어기준에 어떤 변경을 하여야 할지를 결정하기 위해서 현재 BEIR V 보고서를 검토하고 있다.

이러한 권고안들을 정부의 규정이나 지침 그리고 전문적인 합의기준을 위한 기초를 형성한다. 따라서 BEIR V 보고서의 결론은 시간이 경과한 후에야 NCRP, 기준위원회 그리고 정부 검토자들의 해석을 거쳐 원자력발전소, 의학, 교육, 정부활동에서 방사선방어 시행에 적용되는 정부의 규정과 합의기준에 반영될 것이다.

BEIR V 報告書의 資料

BEIR보고서는 정량적인 방사선위험도평가를 함에 있어서 여러가지 인간과 동물에 관한 연구를 검토하기는 하였지만 주로 일본의 원자폭탄 폭발시 생존자에 대해 계속 수행되고 있는 연구의 결과에 크게 의존하여 왔다.

BEIR V 보고서는 원자폭탄에 의한 피폭이 있은지 40년이 지난 1985년까지의 일본인 그룹을 추적·조사한 결과에 주의를 기울였는데, 방사선분야의 과학적 재평가로 인해서 1980년대 중반에 생존자 선량평가에 변화가 이루어졌었다. 생존자중에는 500mrem 이하에서 부터 500rem 이상까지 범위의 주로 감마선에 의해 피폭된 사람들이 포함되어 있다.

인간피폭에 대한 역학적 자료 외에도 다른 포유동물에 대한 수년간의 방사생물학적 연구로 부터 축적된 이용가능한 정보와 통찰력이 많이 있다. 이러한 중요한 자료가 보고서의 물리 및 방사생물학 원리, 유전효과, 방사선에 기인한 암발생 기구, 태아에 대한 영향, 기타 건강영향 등의 항목에 요약되어 있다.

癌發生 危險度 評價

평생위험도평가를 일본의 생존자 자료에 근거할때 이 자료가 아직은 전부가 아니고 많은 생존자들이 아직 살아있음을 인식하여야 한다. 따라서 현재의 사망률로 장래의 사망률을 전망하는 방법이 강구되어야 한다. 두가지의 단순한 전망모델이 널리 사용되고 있다.

(상대적인)증식모델은 방사선에 기인한 암발생 위험도는 다른 요인에 의한 암발생 위험도에 비례한다고 가정한다. 즉, 연령에 관계없이

방사선에 기인한 암발생 비율의 퍼센트는 변함이 없다.

(절대적인)부가모델은 방사선에 기인한 암발생률은 통상적인 암발생률과는 독립적이라고 가정한다. 통상적인 암발생률은 연령에 따라 급격히 증가하기 때문에 동일한 총 평생위험도의 경우 절대위험도모델은 젊은층에 대해서 방사선에 기인한 암발생을 과다하게 전망할 수 있다.

그러나 같은 이유로 피폭된 집단의 모든 사람의 전생애가 아직 다 끝나지 않았다면 현재의 자료로 부터의 전망은 상대적인 위험도전망모델을 사용하는 경우가 절대적인 위험도전망모델을 사용할때 보다 평생위험도평가가 더 커지게 될 것이다.

UNSCEAR은 1988년 보고서에서 低LET방사선(감마선, X선, 베타선) 100rad에 피폭된 일본의 모집단에서 치명적인 암발생의 평생위험도를 7.1%(상대적인 위험도 전망)와 4.5%(절대적인 위험도 전망)로 평가하였다. UNSCEAR보고서는 「하나의 생물학적 수정전망모델이 진실로 존재한다면, 이 전망모델을 작성하기 위한 방사선 발암에 관한 정보가 충분히 알려져 있지 않다」고 기술하고 있다. 또한 UNSCEAR은 치명적인 암발생률 전망 외에 위험도를 표시하는 또다른 방법인 손실수명년수를 계산하였다.

이 방법을 사용하면 상대적 및 절대적 모델은 100rad에 약 1년의 손실수명년수라는 비슷한 결과를 가져온다. 이와 같이 유사한 결과가 나오는 이유는 상대적인 모델로 전망한 암발생이 더 많은 반면에 평균적으로 생애의 후반기에 늦게 발생하므로 인해 손실수명년수가 적어지는 것과 각각 연관되기 때문이다.

한편 BEIR V 위원회는 일본의 자료분석을 기초로 할때 절대적인 위험도모델은 더이상 유지될 수 없다고 판단하고 평가에 상대적인 위험도모델을 채택하였다. 또한 BEIR V 보고서는 일본의 예에 대한 연구에서 선량범위의 최저치를 100rem 보다는 10rem(0.1Gy)의 선량으로 위험도평가를 나타냈고, 손상의 중요한 측정방법으로 치명적인 암발생을 사용한다는 관점에서 UNSCEAR보고서와는 다르다.

BEIR V 보고서의 주요 개요에 의하면 모든 기관에 低LET방사선 10rad(0.1Gy) 상당의 급성선량이 피폭된 다음 모집단에 비중을 둔 평균 초과 치명적 암발생 위험도평가는 0.8%이다. 위험도를 단위 선량당으로 나타낼 경우 UNSCEAR의 상대적인 위험도 수치가 rad당 0.071%가 되어 BEIR V 보고서의 rad당 0.08%와 비교할때 본질적으로 다르지 않음을 보여준다.

放射線은 어떻게 危險한가?

BEIR V 보고서에서는 치명적인 암발생률에 대한 결과를 BEIR Ⅲ 보고서 발표된 여러가지 위험도 평가와 비교하여 기술하였다(표1 참조). 이 비교표에 의하면 BEIR V 보고서의 수치가 3내지 18배 이상 더 큰 것으로 나타나 있다. 이로 인해서 일부에서는 방사선의 위험도가 극적으로 상승하였다고 결론을 내리는 사람도 있다.

그러나 이러한 비교는 본질적으로 사과와 오렌지를 비교하는 것과 같다. 일본 자료에 대한 중요한 BEIR V 보고서의 위험도평가가 BEIR Ⅲ보다 더 크더라도, 선량률에 대해서 미보정된 상대적인 위험도 전망에 똑같이 근거를 두고 있을때 BEIR V 보고서 평가의 불확실성 범위내 인자인 2인자 이하의 차이가 난다.

더우기 손상측정방법으로 「치명적인 암발생률」 보다 「손실수명년수」가 사용되어 BEIR V 보고서의 결과와 BEIR Ⅲ 보고서의 절대적인 전망 사이의 차이가 치명적인 암발생률에서 본질적으로 6인자 이하 또는 그 이상의 차이가 있음이 판명되더라도 위험도 측정방법의 선택이 위험도를 어떻게 인식하는가에 대해 막대한 영향을 줄 수 있음을 보여준다.

앞에서 논의된 기본적인 위험도평가는 연령과 성별에 관계없이 일본의 모집단이 단기간에 받은 10rad 이상의 감마선량에만 직접 적용될 수 있다. 그러나 관심의 대상이 되는 방사선 위

〈표 1〉

	Continuous Lifetime Exposure. 1 mGy /yr (100mrad /yr) (deaths per 100,000)		Single Exposure. 0.1 Sv(10 rem) (deaths per 100,000)	
	Males	Females	Males	Females
Leukemia				
BEIR Ⅲ	15.9	12.1	27.4	18.6
BEIR V	70	60	110	80
Ratio, BEIR V /BEIR Ⅲ	4.0	5.0	4.0	4.3
Nonleukemia				
BEIR Ⅲ				
Additive risk model	24.6	42.4	42.1	65.2
Relative risk model	92.9	118.5	192	213
BEIR V	450	540	660	730
Ratio, BEIR V /BEIR Ⅲ	4.8-18.3	4.6-12.7	3.4-15.7	3.4-11.2

험의 대부분은 이러한 형태가 아니다.

미국그룹에 대해서 계산되어져야 할 방사선 위험도는 근본적으로 두가지 상황에 대해서 이다.

(1) 연간 십분의 몇 rad 이하인 일반대중에 대한 피폭

(2) 연간 수rad 이하인 방사선작업종사자에 대한 피폭

따라서 저선량에 대한 직접적인 자료가 없기 때문에 높은 선량률에서 피폭되는 고선량의 영향을 저선량으로 외삽하는 것이 필요하다. 더우기 전선량이 광범한 기간에 걸쳐 있는 경우에는 피폭자의 수명기간동안 위험도의 일부만이 표현되는 것이 아니라 위험도평가는 시간에 대해 총체적으로 이루어져야 한다.

BEIR V 보고서는 관측된 범위 이하의 선량에 대한 영향을 계산하기 위해서 선형모델(직접 비례)를 사용하였다. 따라서 앞에서 인용된 10rad의 반인 5rad선량은 그 영향도 반, 즉 0.4%의 암발생 위험도를 갖는 것으로 가정하였다.

시간의 변화는 추가로 두가지의 위험도평가를 함으로써 나타내진다. 모든 연령의 모집단에 대해 연간 0.1rad(100mrad)의 연속적인 평생피폭의 경우 BEIR V 보고서는 단위선량당 평균 위험도를 1rad당 0.08%를 계산하였다. 18세부터 65세까지 연간 1rad의 연속피폭에 대해서 BEIR의 계산결과는 모든 나이의 경우보다 낮은 위험도인 단위선량당 평균 위험도가 1rad당 0.06%로 예측되었는데, 이는 처음 18세까지 받은 초과방사선량이 없다고 가정하였기 때문이다.

그러나 이러한 위험도 수치가 대부분의 상황에서 위험도평가를 위해 사용되기 전에 임의선량효과는 선량율이 감소함에 따라 저하되는 경향이 있다는 사실을 반영하도록 조정되어야 한다. BEIR V 위원회는 선량률이나 분별효과(Fractionation Effect)를 고려하지 않고 백혈병이 아닌 다른 암들에 대한 결과를 제시하기로 하였다. 따라서 이들 수치는 대부분의 방사선피폭상황에 사용되기 전에 적절한 선량률효과계수(DREF)로 조정되어야 한다.

BEIR V 보고서는 2 이상의 低LET선량률인자에 대해 언급하면서, 동물연구를 근거로 하여 종양원인에 대한 하나의 최선의 평가로 4를 제안하였다. UNSCEAR과 NCRP는 2에서부터 10까지 범위의 DREF를 제안하였었다(표 2 참조).

방사선작업종사자의 경우 대부분 일반적으로 300mrem /h의 피폭선량을 받으며, 이와 같은

〈표 2〉

	Males	Females
Nonleukemia		
BEIR Ⅲ		
Additive	95	147
Relative	432	479
BEIR V	660	730
Ratio. V/Ⅲ		
BEIR Ⅲ Additive	7.0	5.0
BEIR Ⅲ Relative	1.5	1.5
Total(Including Leukemia)		
Ratio. V/Ⅲ		
BEIRⅢ Additive	6.3	4.9
BEIRⅢ Relative	1.7	1.6

경우 선량률감소계수를 적용하는 것이 합당하다.

BEIR V 보고서에 계산되어 있는 고선량(률) 방사선작업종사자 위험도의 백혈병 이외 요소에 적용된 DREF 4를 사용하면 1rad당 약 0.02%의 방사선에 기인한 평균 평생 치명적 암발생 위험도가 전체적으로 계산된다.

최근에 방사선 손상을 평가하기 위해 정부기관과 보건물리학자가 사용해온 1rad당 위험도 수치는 일반적으로 1 rad당 0.01%에서 0.05% 범위였었다.

최근에 발표된 BEIR보고서에서 어떤 수치(0.02%와 0.08%) 하나를 선택하느냐와 불확실성을 어떻게 보느냐에 따라 방사선위험도의 양에 중요한 변화가 있었다고 말할 수도 있고, 또 전혀 중요한 변화가 없었다고 말할 수도 있다.

年間制限値의 低減

BEIR V 보고서 발표에 따른 영향중의 하나인 방사선 위험도 이해에서의 인식변화는 현행 방사선작업종사자에 대한 연간 피폭선량제한치인 연간 5rem과 일반대중에 대한 연간 500m rem을 줄이라는 압력일 것이다.

현행 ICRP의 권고 제한치(ICRP-26)는 1rem당 0.01%라는 등급으로 추정된 위험도를 기초로 하였다.

따라서 1rad당 0.02%의 최선의 위험도평가를 제시하고 있는 BEIR V 보고서에 의하면 현행 방사선작업종사자의 피폭한계를 2인자에 대해서 연간 2.5rem으로 낮추어야 한다고 결정내릴 것이다. 그러나 동일한 기초에서 불확실성이 매우 크기 때문에 0.01%와 0.02%의 평가사이에는 본질적으로 차이가 없으므로 현행의 제한치를 변경시킬 필요가 없다고 결론내릴 수도 있다.

현행 제한치에 대해 새로 평가된 위험도를 분명하게 받아들일 수 없는 것은 아니라 할지라도 현재 널리 사용되고 있으며 또한 오랫동안 수용되어 왔던 제한치를 변경시켜서는 안된다는 실제적인 주장도 제기되고 있다.

더우기 제한치를 낮추는 것은 새로운 제한치보다는 크지만 그전에는 허용되었던 피폭이 과피폭이 되어 허용할 수 없는 위험도에 노출된 피폭이었다는 문제를 야기시켜 국민이해 증진활동에 영향을 줄 뿐만 아니라 법적인 문제도 일으키는 상황이 될 것이다.

한편 현행의 제한치는 너무 높기 때문에 즉시 낮추어야 한다고 주장하는 비판론자들은 그들의 주장을 입증하기 위하여 1rad당 0.08%라는 BEIR V 보고서 주요 개요의 평가를 계속 인용할 것이다.

「변화 없음」과 「중요한 변화」 사이의 여러 견해는 BEIR V 보고서에서 그 근거를 찾을 수 있다. 따라서 제한치를 변경시킨다면 얼마만큼 낮출 것이냐에 대한 결정은 과학적인 문제를 초월한 것이다. BEIR V 보고서는 대답을 주는 것이 아니라 논의하기 위한 출발점인 것이다.

平生의 制限値

선형위험도계수의 적용은 총 피폭선량에 의존한다고 가정되었기 때문에 허용할 수 있는 평생의 위험도를 제한하도록 하는 제안이 제기되었다.

예를 들면, 일생동안 방사선에 기인한 암발

한편 BEIR V 위원회는 일본의 자료분석을 기초로 할때 절대적인 위험도모델은 더이상 유지될 수 없다고 판단하고 평가에 상대적인 위험도모델을 채택하였다.

생의 평균 위험도를 통상의 치명적인 암발생 위험도인 20%(전체 암발생 위험도는 22%)의 10%인 2%로 제한하기를 원한다고 가정해 보자. 앞에서 논의된 바와 같이 모든 종류의 방사선에 대해 1rad당 0.02%의 위험도를 적용하는 것은 평생선량이 100rem을 초과해서는 안된다는 것을 의미한다.

그러나 제한치를 설정하는 것은 가정된 위험도계수 뿐만 아니라 허용할 수 있는 평생 암발생 위험도에도 의존함이 명백하다. 방사선작업 종사자 피폭의 경우 다른 작업의 위험도가 허용할 수 있는 위험도에 대한 지침으로 자주 사용되고 있다. 평생선량과 평생위험도의 단순한 상호관계를 넘어서 방사선의 시간효과에 유의하면 젊었을때 피폭되는 선량을 제한하는 것이 매우 중요함이 분명하다. 많은 암이 발병되기 전에 긴 잠복기를 거침은 일생의 후반기에 피폭된 선량의 위험은 좀처럼 표출되지 않음을 의미한다. 따라서 연령의 함수로 누적선량제한치를 설정하든가(예를 들면, 연간 5rem이나 누적선량도 연령의 누적제한치를 초과할 수 없다), 또는 연간선량에 기간연수를 곱한 것 이하로 그 기간동안의 선량제한치를 설정하여(예를 들면, 연간 5rem이나 5년동안은 10rem 이하) 누적될 수 있는 선량을 제한하는 제안이 제기되고 있다.

이것은 현행 시스템을 변경시키는 외에 또다른 실제적인 의미가 있다. 이것은 앞에서 논의된 연간선량 외에 평생 제한치를 초과한 작업자에 대한 문제가 있다.

예를 들면, 55세의 작업자가 평생 제한치를 초과하였다고 하여 그후 방사선구역의 출입을 금지시켜도 건강상의 이익은 거의 없을 것이며, 그가 받을 추가 선량이 그의 수명에 거의 영향을 주지 못할 것이다. 오히려 오랫동안 근무해온 업무로 부터 강제로 조기 퇴직은 그의 건강과 복지에 더 많은 손해를 줄 것이다.

胎兒 被曝

출산전 방사선피폭은 성장하는 태아의 기관에 영향을 줄 것이다. 인간의 경우 방사선에 의해 전개되는 이상중 가장 잘 문서화된 것은 지능발달의 지연이다. 일본의 원폭생존자들 예에서 임신 8~15주 사이에 피폭된 임산부가 이 영향에 가장 민감하였다.

BEIR V 보고서는 선량·반응 상호관계가 문턱치가 없는 선형모델과 일치함을 확인하였으나 자료는 0.2~0.4Gy(20~40rad) 범위에 있는 문턱치를 제외시키지 않았다. BEIR V 보고서의 주요 개요에서는 최대로 민감한 기간동안의 태아의 위험도를 0.1Sv(10rem)당 4%로 평가하였다. BEIR 위원회는 「임신을 할 수 있는 연령의 여성에 대한 저준위 피폭과 건강관계를 평가하는데 있어서 태아의 이러한 종류의 손상 위험도가 간과되어서는 안된다」고 경고하였다.

이와 같은 정보는 임산부의 치료 또는 진단시 피폭시기와 관련하여 의학적 진료에 가장 커다란 영향을 줄 것이며, 또한 비교적 짧은 기간에 rem범위의 선량이 피폭되는 상황으로 부터 임산부를 보호하도록 권고될 것이다. 궁극적으로 모든 작업상의 설비에서 임산부에 대한 피폭의 지침에 영향을 줄 것이다.

疫學的 硏究

BEIR V 보고서의 주요 개요에 있는 BEIR V 위원회의 권고안중에는 역학적 연구와 관련된 것이 몇가지 있는데, 그중 하나는 「저선량의 역학적 연구는 고선량(률)에서 관찰된 영향이 작업상의 환경에서 발생하는 것과 같은 만성적 피폭에 의한 영향을 평가하는데 있어서 신뢰할 수 있을 정도의 범위에 대한 정보를 제

공할 수 있을 것이다」라고 언급한 부분이다.

이것은 방사선작업자에 대한 대규모 연구가 가까운 장래에 수행되어져야 하는지에 대한 의문을 제기한다. BEIR V 위원회는 0.1Gy(10 rad)이하의 선량에 대한 위험도평가는 역학적 연구에서 직접 관찰에 의해서 감지될 수 없을 정도로 너무 적다고 결론내렸다. 따라서 이와 같은 연구의 유용성은 10rem 보다 큰 직업상 집적선량을 갖는 방사선작업종사자(잠복성의 암이 발달할 수 있는 시간을 갖을 정도로 충분히 먼 과거에 피폭된)의 수가 충분히 큰 모집단이 있느냐에 달려 있다.

BEIR보고서는 저선량의 역학적 연구에서 일어날 수 있는 방법론적 문제들의 논의를 포함하고 있는데, 이전에 수행된 몇가지 연구를 검토하여 이 연구들이 고선량의 연구로 부터 외삽에 기초를 둔 백혈병과 다른 형태의 복합적인 암에 대한 위험도평가가 잘못이라는 확실한 자료를 제시하지 못하였다고 결론내렸다. 그러나 BEIR V 보고서는 저선량(률) 방사선이 고선량의 연구로 부터 외삽에 의한 것보다 실제로 더욱 위험하다는 가능성을 배제하기 위해서 고선량의 연구에 기초를 둔 전망과 상관없이 대규모의 방사선작업종사자에 대한 연구가 수행되어야 한다는 주장을 뒷받침하는데 이용될 것이다.

重大한 危險度 評價

UNSCEAR은 저선량을 20rem 이하, 저선량률을 300mrem/h로 정의하고 있다. 위험도평가가 계산된 상황중 대부분은 이보다 훨씬 낮은 선량의 경우이다. 예를 들면, 자연방사선으로 부터의 선량률은 300mrem/yr로서 300mrem/h와 비교하여 대단히 낮다.

평균 약 50rem의 선량이 대부분 순간적으로 피폭된 일본의 원폭생존자들에 대한 연구로 부터 전개된 선량위험도계수가 자연방사선 정도이거나 이 보다 약간 증가된 선량률의 경우에 그대로 적용될 수 있는지는 확실하지 않다.

BEIR Ⅲ 보고서에서는 자연방사선 수준의 선량에 대해서는 위험도계수를 설정하지 않았었다. BEIR V 보고서는 일본에서의 자료를 기초로 하여 평가에 선량분별이나 선량률계수를 반영하지 않고 단지 DREF를 적절하게 사용하여야 한다고 언급하면서 평생에 걸쳐 100mrem/yr의 선량위험도를 계산함으로써 혼란을 야기시켰다. 이것은 위원회가 극저선량에 정량적인 위험도계수의 사용을 권고하는 것을 의미하는 것으로 해석될 수 있다.

그러나 BEIR V 보고서의 다른 부분에서는 극저선량범위에서의 정량적인 위험도평가의 제한을 분명히 하고 있다.

예를 들면, 자연방사선의 영향의 경우 BEIR V 보고서는 자연방사선량이 높은 지역에 거주하는 주민들에게서 암발생빈도의 증가에 대한 어떠한 증거도 기록되어 있지 않다고 하였다.

BEIR 위원회는 저준위의 방사선은 인간의 건강에 이롭거나 혹은 필요하기 까지하다는 가능성인 방사선의 호르미시스(Hormeisis)문제에 대해 간단히 논의하였으나, 위원회가 관심을 갖고 있는 발암의 영향과는 관계가 없다고 종결을 짓고 있다.

BEIR V 보고서는 어떤 형태의 위험도모델을 사용하더라도 저선량(률)에 대한 위험도평가의 유도는 여전히 앞으로 확인되어져야 할 가정을 내포하고 있다고 지적하였다.

예를 들면, 문턱치값은 없다는 가정도 여전히 가정으로 남아있다. 위원회는 역학적 자료가 수백mrem의 선량범위에서 문턱치의 존재를 아주 배제할 수 없다는 견해이다.

따라서 외부자연방사선 정도의 피폭에서는 어떠한 위험도도 될 수 없을 것이라는 가능성을 배제할 수는 없다고 하였다. 이와 같이 극저준위의 위험도를 정량화함에 있어서 위험도평가의 불확실성 범위의 낮은 한계는 영(0)으로 확장한다고 위원회는 언급하였다. BEIR V 보고서는 극저준위 방사선의 위험도를 평가하는데 관련된 불확실성을 줄일 수 없음이 명백하다.

BEIR V 보고서의 여러가지 위험도평가가 아직 과학적으로 정량화될 수 없는 위험도의

BEIR V 보고서의 결과로 어떤 변화가 이루어지든 그것은 단지 잠정적인 변화에 불과하다는 사실을 명심해야 한다 미래에는 또다른 BEIR보고서가 존재할 것이다.

정량화를 위해 사용(또는 오용)되더라도 보고서의 경고와 그것을 해석하는 보건물리학자들의 노력은 위험도 평가자와 정책결정권자들이 정량화에 대한 빈약한 자료와 예견되는 결과의 불확실성을 인식하는데 도움을 줄 것이다.

結　論

방사생물학의 현상황과 방사선 위험도평가의 현안문제를 이해하고자 하는 사람들은 8페이지로 요약된 보고서의 주요 개요만을 볼 것이 아니라 BEIR V 보고서의 주요 부분을 모두 읽어야 할 것이다.

요약분은 너무 간결해서 말하고자 하는 논점을 파악하는 통찰력을 주지 못하며, 더우기 위원회에 의해서 강조된 것이어서 각 장에 포함되어 있는 명백한 견해의 범위를 전부 다 전달해 주지 못하고 있다.

BEIR V 보고서의 결과로 어떤 변화가 이루어지든 그것은 단지 잠정적인 변화에 불과하다는 사실을 명심해야 한다 미래에는 또다른 BEIR 보고서가 존재할 것이다.

젊었을때 피폭된 사람들에 대한 자료가 일본의 원폭생존자 연구로 부터 더욱더 많이 이용될 수 있게 되고, 체르노빌사고에 의해서 잠재적으로 영향을 받은 피폭자들중에서 백혈병에 관한 첫번째 자료가 분석됨에 따라, 또한 많은 동물평생연구가 완료되고 암에 대한 수수께끼가 그 해답에 더욱 접근하게 됨으로써 방사선 영향에 대한 이해가 증대될 것이고 불확실성의 범위가 줄어들 것이다.

저준위 방사선의 위험도에 관해 1990년 BEIR보고서가 많은 중요한 의문점에 대해 해답을 못주고 있음에 실망한 사람들은 2000년의 BEIR보고서에서 큰 진전이 있기를 기대하고 있다.