

游離輻射的職業病

鄭尊仁 醫師

壹、導論：

游離輻射可造成急性及慢性的傷害，這些傷害在放射性醫療儀器操作員及礦工中都報告過¹。另外在日本長崎、廣島原子彈爆炸及車諾比核電廠事故後，也有許多這方面的研究^{2,3}。目前游離輻射已被 ICRP (International Commission on Radiological Protection)、NCRP (National Council on Radiation Protection and Measurement) 等機構認定為對人體有害^{4,5}，會導致急性輻射症候群及慢性傷害，如癌症等。

急性高劑量游離輻射的急性健康效應大家都很熟悉，而急性高劑量暴露的癌症效應也有很多的報告，但是低劑量長期暴露的危害則爭議較多^{6,7}。所以本報告的目的是制定游離輻射職業傷害的診斷參考標準，以提供職業病診斷時參考。

貳、游離輻射相關的行業⁸：

職業是游離輻射暴露的重要來源。職業性游離輻射的主要來源為放射性同位素，及可發生游離輻射設備，上述作業環境的工作人員都有可能暴露於游離輻射，例如醫院放射線部、核子醫學部、放射腫瘤治療部及其他相關部門(心導管室及腸胃科)之放射師、醫師、物理師及護理人員。其他如工業界的核電廠員工、反應爐及加速器員工、非破壞檢測員工、輻射照射廠員工、高壓真空管製造者、工作中使用高壓真空管者、礦場礦工、地底工作人員及高空飛行員等，此外，油井開採人員、石油精煉工人等可能在礦物中接觸到放射性同位素者，皆有可能暴露於游離輻射。

參、臨床評估及鑑別診斷^{1,9}：

臨床評估勞工是否有游離輻射傷害，除理學檢查及實驗室檢查外，應包括一般病史詢問(含家族病史過去醫療病史)，以及詳細環境與職業上可能有關的游離輻射暴露的詢問與評估。

游離輻射傷害的臨床表徵：

急性游離輻射的急性危害較易診斷，其徵狀及症候，主要為急性輻射症候群，如骨髓抑制引起的白血球減少、血小板減少及感染出血，腸胃道的噁心、嘔吐、下痢及黏膜潰爛，呼吸道的肺水腫、急性肺炎、呼吸困難，神經系統的焦躁、狂亂、視覺錯亂、昏迷及死亡等。

急性游離輻射的長期後效及慢性長期游離輻射傷害的症狀則較不具特異性，如疲倦、噁心、腹部疼痛、發燒或呼吸急促、焦躁等，因長期受輻射影響，病人可能有骨髓抑制，白血球、紅血球、血小板低下的情形，以及易感染、發燒、貧血、出血的現象，皮膚可能有發炎、潰爛，肺部可能有水腫、纖維化，甚至可能有血液、皮膚及其它各組織器官的癌病變。

病史的詢問應包含詳細工作史（過去與現在）是否有游離輻射暴露，疾病史包括化學或放射治療與家族疾病史，是否有癌症或其他血液疾病及異常出血等問題。此外，抽煙或其它個人可能接觸致癌物嗜好皆應詳細評估。

理學檢查¹⁰：

1. 體溫、脈搏、呼吸、血壓、心跳、體重、視力。
2. 精神、神經狀態。
3. 皮膚有無發炎、潰爛或出血傾向。
4. 心肺：呼吸音、心音。
5. 淋巴、肝臟、脾臟有無腫大。
6. 水晶體檢查。
7. 頸部狀腺觸診。

實驗室檢查：

一般檢查¹⁰：

1. 血液檢查：游離輻射可造成紅血球、白血球及血小板減少，若是白血病則白血球數極度升高，且分類異常。
2. 胸部 X 光：急性游離輻射暴露可導致肺水腫、肺炎，而長期暴露可導致肺癌、肺纖維化等。

特別檢查：

1. 骨髓穿刺及切片檢查：

欲診斷游離輻射造成的骨髓傷害、再生性不良貧血、骨髓形成不良症候群及急性白血病與其他血液病，應有骨髓穿刺及切片檢查。

2. 病理檢查：

如懷疑或發現有異常腫瘤（如骨肉瘤及肺癌等），須作病理學檢查予以確定。

3. 染色體變異檢查⁹：

周邊淋巴球染色體變異頻率變高，可為輻射暴露的輔助證據之一。特異的染色體變異，如雙中心節（dicentric）、環狀（ring）、轉位（translocation）與輻射暴露可能有關，於急性暴露後可見以上的變化，至於低劑量慢性暴露則較不明顯。

4. 甲狀腺超音波。

鑑別診斷：

長期暴露於游離輻射中可造成：

- a. 水晶體混濁導致白內障。
- b. 慢性放射性皮膚炎。
- c. 影響胎兒的大腦發育，造成小腦症或骨骼發育不全，同時會影響智力。
- d. 惡性腫瘤：如

- a. 血癌
- b. 皮膚癌
- c. 肺癌

d. 骨癌 (osteosarcoma)

由於游離輻射所引起的傷害並不具特異性，因此要鑑別其他原因，首先要確認有游離輻射，包括劑量的評估等，以下暴露參考標準為目前歐盟所採用¹¹：

- a. 白內障：X射線的累積劑量大於10西弗(Sv)。
- b. 皮膚炎：X射線的接受量每天大於5m西弗(Sv)或整體皮膚接受劑量大於10西弗(Sv)。
- c. 對胎兒的影響：孕婦在胚胎器官成形期接受的劑量大於0.1西弗(Sv)。
- d. 惡性腫瘤：
- e. 血癌：除了考慮累積劑量大於1西弗(Sv)外尚需考慮病人的年紀及該個體族群的血癌好發率。
- f. 骨癌：骨骼中的輻射(如鐳226與銻239)累積劑量大於8西弗(Sv)。
- g. 皮膚癌：在慢性皮膚炎後轉化為皮膚癌，整體皮膚的X射線接受劑量要大於15西弗(Sv)。
- h. 肺癌：具 α 射源的體內輻射暴露。

此外尚需注意暴露與疾病的因果關係及時序性¹¹。一般而言，慢性游離暴露的最短誘導期 (minimum induction period) 多在3~5年以上，而白內障的最短誘導期為1年。

在流行病學的研究上超過1西弗(Sv)游離輻射暴露所造成的危害因果關係明顯，但是不到1西弗(Sv)的暴露所造成的危害較不清楚，尤其小於0.2-0.5西弗(Sv)的所謂低暴露，爭議最大。本研究以1西弗(Sv)為參考暴露基準，未達1西弗(Sv)但高於法規的暴露勞工仍應定期接受游離輻射的醫學監測。如果有其他的研究能確立其他癌症或其他病變與較低劑量游離輻射之關係，並符合以上幾項基準，也不應排除游離輻射引起的可能。

肆、流行病學研究：

急性暴露於游離輻射中，可引起急性輻射症候群 (Acute Radiation Syndrome) 造成嚴重的全身性傷害，甚至導致死亡^{3,9}。在皮膚方面可見紅疹、潰爛甚至壞死，在血液方面可見白血球、血小板減少導致嚴重感染或嚴重出血，在胃腸方面有腹痛、嘔吐、下痢及黏膜潰爛等情形，呼吸系統可造成間質性水腫、嚴重肺炎，而在神經系統方面則可造成焦躁不安、狂亂、視覺錯亂、昏迷及死亡等大劑量急性暴露的後效。

急性暴露的後效研究方面，在日本原子彈生還者的世代研究中發現某些癌症發生的比率升高¹²。在暴露三年後，白血病即可能出現，特別是急性淋巴性血癌 (ALL) 及慢性骨髓性血癌 (CML)，最高的發生期間在五至十年間。二十年後期白血病的發生仍偏高。此外肺癌、甲狀腺癌及乳癌在此世代研究中也偏高，其發生一般在暴露十年後。

職業游離輻射暴露與癌症的關係也有人報告¹³：放射線醫師的皮膚癌及血癌增多，錶面漆工的鐳暴露導致顱竇癌及骨性肉瘤升高，地下採礦工人可能暴露於氡氣，發生肺癌的機會較高，此外婦女接受X光透視 (Fluoroscope) 與乳癌的發生，以及小孩因頭癬

照射 X 光與甲狀腺癌的發生也都有報告。

除此之外，一些游離輻射的局部效應如嚴重掉髮、禿頭、慢性皮膚炎、白內障及肺部纖維化等，都有研究報告⁸。日本原子彈爆炸及核電廠輻射外洩對孕婦影響的研究，也發現會造成胎兒的腦部發育不全(如小腦症)及智力受損¹⁴。

不過長期低劑量的游離輻射暴露，如核電廠員工，其慢性健康效應則仍不清楚。在核電廠員工罹患肺癌、甲狀腺癌及乳癌的標準化死亡率(SMR)的研究中，其SMR較常人互有增減，目前對於較低劑量的游離輻射是否會導致肺癌、甲狀腺癌、乳癌，還須進一步研究^{15,16}。

伍、暴露證據^{17,18}：

游離輻射的暴露量與其種類及強度有關。游離輻射的穿透力隨其種類而有不同，X射線和 γ 射線穿透力最強，而 α 射線穿透力最弱，不能穿透皮膚，但是 α 射線若以氣體存在則可進入肺部，直接與肺上皮細胞作用。此外，含 α 、 β 射線之物質若經腸胃道吸收可能對全身標的器官造成傷害。游離輻射的暴露量可由射源種類、強度及個人操作情況(與射源之距離或是否有屏蔽隔離)來粗略評估，而區域環境偵測可提供暴露參考資料。個人暴露量可使用個人膠片配章、熱發光劑量計來估計。定期的體格檢查、健康檢查資料的分析也可提供工作環境游離輻射的參考。此外，染色體變異檢查也可提供游離輻射劑量的參考。游離輻射劑量應由受過游離輻射物理及生物方面專業訓練的專家來評估。

美國NCRP的游離輻射暴露值為成年員工每年低於50毫西弗，18歲以下者及孕婦則每年應低於5毫西弗¹⁹。而ICRP更於1990年建議，成年工作者的游離輻射暴露每5年應小於100毫西弗；一般民眾每年應小於1毫西弗²⁰，本國目前職業暴露一年內所接受最高許可劑量為50毫西弗。

陸、結論：

診斷基準¹¹：

暴露於超過1西弗(Sv)游離輻射可引起多系統的疾病，如皮膚、胃腸道、呼吸系統、神經系統、血液系統等，現依產生症狀時間分為急性及慢性作用，其診斷標準如下：

急性作用：

短時間內暴露於大量游離輻射，可引起皮膚、血液、胃腸、呼吸及神經系統異常之急性輻射症候群，甚至死亡。這類的暴露因有大量輻射外溢的事件發生，故較易診斷。其認定基準為：

(一) 主要基準：下列三個條件均需符合。

1. 有短時間(數分鐘)內暴露於大量游離輻射的證據，同時暴露與疾病的發生具時序性。
2. 具急性皮膚、胃腸道、血液、呼吸道及神經系統疾病，同時有客觀的理學徵狀、異常實驗室及病理證據。

3. 排除其他常見非為游離輻射暴露的致病原因。

(二) 輔助基準：如果對上述三條件的效度仍有存疑，則輔助基準可以支持此項診斷。

1. 同一工作環境其他工作人員也有類似的症狀或疾病。
2. 作業環境輻射偵測顯示有大量輻射出現，或事後輻射偵測仍有顯著增高。
3. 淋巴球染色體變異頻率增高。

慢性作用：

因短期暴露於大量輻射或長期暴露輻射經一段時間後才發生健康危害。其認定標準為：

(一) 主要基準：下列三個條件均需符合

1. 具短時間暴露於大量游離輻射或長期暴露於游離輻射的證據，累積劑量要達到造成危害的暴露標準，且暴露與疾病間有時序性。
2. 具白內障、皮膚炎、胎兒發育異常及癌症（包括血癌、骨癌、肺癌、皮膚癌等），同時有客觀的理學徵候，異常的實驗室證據及病理學證據。
3. 需排除其他常見非游離輻射暴露的致病原因。

(二) 輔助標準：如果對上述三條件的效度仍然存疑，輔助標準可用以支持此項診斷。

1. 同一工作環境其他的工作人員也有疑似的症狀或疾病。

作業環境偵測顯示長期的游離輻射偏高記錄，或在環境未改善前曾偵測出輻射偏高。

柒、參考文獻：

1. Upton AC. Ionizing Radiation. In: Rom WN (ed.) Environmental and Occupational Medicine. Little, Brown and Company, Boston, 1992, pp 1071-1084.
2. Schull WJ. Radioepidemiology of the A-bomb survivors. Health Physics 1996; 70 (6): 823-7.
3. Guskova AK, Nadezhina NM, Barabanova AV, et al. Acute effects of radiation exposure following the Chernobyl accident. In: Browne D, Weiss JF, Mac Vittiet J, Pillai MV, eds. Treatment of Radiation Injuries. Plenum Press, New York, 1990, pp 195-209.
4. International Commission on Radiological Protection(ICRP). Non-stochastic Effects on Ionizing Radiation. ICRP Publication No. 41, Ann ICRP 1984; 14 (3).
5. National Council on Radiation Protection and Measurement (NCRP). Exposure of the U.S. Population from Occupational Radiation, Report no. 101, Bethesda, MD, National Council on Radiation Protection and Measurements, 1989.
6. Nussbaum RH, Kohnlein W. Inconsistencies and open questions regarding low-dose health effects of ionizing radiation(review), Environmental Health Perspective 1994; 102 (8): 656-67.
7. National Academy of Sciences/National Research Council (NAS/NRC), Advisory Committee on the Biological Effects of Ionizing Radiation. The effects on population of exposure to low levels of ionizing radiation. Washington, DC, National Academy of Sciences, National Research Council, 1990.
8. Upton AC, Marshall CH, Wald N. Ionizing Radiation. In: Rosenstock L and Cullen MR. Textbooks of Clinical Occupational and Environmental Medicine, W.B. Saunders Company, 1994, pp633-645.
9. Finch SC, Radiation Injury. In: Isselbacher KJ. et al (eds) Harrison's Principle of Internal Medicine. Mc-Graw Hill, 1994, pp2482-2487.
10. 原委會，游離輻射工作人員體格健康檢查技術規範（草案），1996。
11. European Commission, Health and Safety: Information notice on diagnosis of occupational disease, 1994, pp. 175-177.
12. Kato SY, Schull WJ. Studies of the mortality of A-bomb survivors, Mortality 1950-1985. Radiation Research, 1990; 121: 120-141.
13. Fred A. Arthur C. Carcinogenesis of Specific Organ site. Medical Effects of Ionizing Radiation. W.B. Saunders Company, Philadelphia, pp 113-211,1995.
14. Wakeford R. The risk of childhood cancer from intrauterine and preconceptional exposure to ionizing radiation, Environmental Health Prospective. 1995; 103 (11): 1018-25.
15. MacMahon B. Some recent issues in low-exposure radiation epidemiology, Environmental Health

- Perspective, 1989; 81:131-5.
16. Doll R, Llarby S. Occupational Epidemiology Problems in Reaching an Overview in Health Effects of Low Dose Ionizing Radiation. British Nuclear Energy Society, London, 1988.
 17. George S, Maureen A. Fundamentals of Industrial Hygiene, American National Safety Council, 1993, pp 213-224.
 18. Shapiro J. Radiation Protection, Harvard, Cambridge, 1990.
 19. National Council on Radiation Protection and Measurement (NCRP). Recommendations on limits for exposure to ionizing radiation. NCRP, Bethesda, MD, 1987, pp123.
 20. International Commission on Radiological Protection (ICRP). Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP Publication No. 60, Ann ICRP 1991; 21.