

第四十二冊

動物與原子科學研究

譯者：姚士熙

目 錄

緒 論.....	1
動物、人類和科學.....	2
原子年代的動物.....	7
輻射與生命.....	10
環境中的輻射.....	15
輻射防護.....	20
有益的應用.....	28
核子年代的獸醫學.....	33
無菌動物.....	37
實驗室動物的看護.....	40
附錄.....	44
附錄二.....	46

動物與原子科學研究

原 著 EDWARD R. RICCIUTI

譯 述 姚 士 熙

緒 論

在核子科學的發展上，數以萬計的動物正扮演着一部份角色，幾乎在所有進行核子研究的實驗室，都可以發現牠們，科學家們從南北極到熱帶地仔細研究其對自然的習性——在河流，在空中，在草原，在森林。

這些動物在科學上有什麼用處呢？

為什麼牠們在發展原子能和平用途上極為重要呢？

這本小冊正試圖回答這些問題，它舉了一些各色各樣的動物在作為增進人類福利的核子科學發展上，所擔任各種角色的實例。



這些在羅斯阿拉摩科學研究所的小獵犬正在健康研究實驗館中的新狗區中巡視，這個研究所，由於動物寓所的優異，和不虐待動物的人道管理而受到褒獎。

動物、人類和科學

栩栩如生的生命史冊

大約在二千五百年以前，古印度的醫生用班加里黑蟻來縫合腸管的傷口，醫生將一些大的螞蟻，排列在病患創傷的開口，於是螞蟻很快地用它們有如喇叭狗利爪似地嘴狠狠地咬住傷口的邊緣，而將兩邊夾合在一起，然後醫生把螞蟻的身體扭掉，頭留在那裏像一排黑鈕扣似地緊緊黏住已縫合的傷口。

這聽來不是一個荒唐的方法嗎？事實上二十五世紀以前根本製造不出使體內傷口迅速縫合的纖維。

正如印度的醫生一樣，幾世紀來人類仍舊依靠着動物來治療疾病和傷患，換言之，這些生物和記載人類生命史的書籍一直是息息相關的——而現在仍舊如此。

由於動物的研究，使得科學家們獲得堆積如山的知識，事實上，動物的研究帶給醫學和生物上許多重大的成就。

比如說，由於對動物的觀察才能使希臘哲學家亞里斯多德創出生理學（Physiology），動物學（zoology），和比較解剖學（Comparative anatomy）。

哈威(Harvey)和循環系統

大約過了二千年後，由於動物的實驗，使得威廉哈威（William Harvey）在生物醫學方面成為歷史上最偉大的發現者之一。

哈威，這位英國學者，闡明了循環系統的真諦，它是一種由脈管和器官所構成，可將血液流通到全身的網路。

1628年哈威的這個發現是集聚十四年的動物研究而所獲得的。從昆蟲到狗之間，他至少研究了十五種不同種類的動物，於是發現血液由於心臟的壓縮流經一組脈管（動脈），再經另一組（靜脈）流



威廉·哈威 (William Harvey)
1578-1657

回心臟。

這些實驗顯示，循環系統是使食物，氧氣和水送至全身每一個細胞的路徑，同時也是廢物排除和病菌穿過身體進入體內深處窩藏的路徑。

牛痘克服了天花

在哈威的時代，天花尚列為最可怕的傳染病之一，直到1796年，一位英國醫生愛德華·詹諾 (Edward Jenner) 藉著乳牛的幫助才克服了天花。他發現一種存在於牛與牛之間的傳染病，同時也能使農夫和擠牛乳工人慢性感染的牛痘黴菌和天花病毒屬於同一種類屬親如堂兄弟一般，他從患有牛痘黴菌的擠乳少女的炎腫部份，抽取了一些可傳染的介質注射到其他人的身上，自此以後，凡接受過詹諾接種疫苗的病人，可永久免除天花的傳染，詹諾將這種技術稱為牛痘接種法 (Vaccination)，這是由牛痘的拉丁字 *Vaccinia* 而得來的。

在詹諾的病人體內產生了什麼作用，以致可以使他們免除天花的傳染呢？這個問題直到一個世紀以後，由兩位素不相識，各自研究的歐洲籍科學家，傾心研究一種叫炭疽熱 (Anthrax) 的病才獲得解答，炭疽熱是一種動物間的傳染病，有時也會感染到人體而多半造成致命的結果。

其中之一的是一位德國醫生羅勃·科何 (Robert Koch)，自他研究炭疽熱病菌，而首先證明微生物 (細菌) 是高等動物疾病的原因以來，至今還不到一百年。

細菌和疾病

炭疽熱是當時構成歐洲農人之一項很嚴重的問題，爲了要尋找它的病因，科何從患有炭疽熱的動物身上採取了一些細胞組織的切片，注入到從健康的兔子所取來的血清內，科何將此種細菌培養在兔子血

滴的樣品內依次傳遞數次，然後他把部分最後所得的樣品，注入到健康的老鼠體內，這些老鼠都感染上炭疽熱病，正如由病死動物的血液直接感染的老鼠一樣。

這項實驗似乎可用以證明炭疽熱是由病菌感染的，但持懷疑論者却一直不相信，他們認為在血清裏也許有其他某種東西存在而產生疾病，直到偉大的法國科學家路易士·巴斯德證實了科何的發現，這些懷疑的論調才逐漸消失。從受感染的血漿



羅勃·科何 (Robert. Koch)
1843-1910

裏，他提煉了一些極純的炭疽熱病菌的培養液，即使一小滴的這種培養液，就可以殺死實驗用的幾內亞豬和兔子。

根據他的「細菌說」，巴斯德進一步證明血清接種法 (Vaccination) 可避免許多其他的疾病。「細菌說」可用以解釋血清接種是如何的作用：當病原體進入體內，則體內產生一種叫抗體 (Antibody) 的蛋白質，這是身體對外來的物體 (如入侵的病菌) 的一種防護作用，爲了對付不同的病菌，因此在身體內產生相當程度的特殊抗體，假如將半癱患的某種病原接種到某一個人，則在他的體內產生足能有效地抵禦此種疾病的抗體，這種蛋白質可阻遏在可能的未來受此類病菌的攻擊。

巴斯德不久發展出一種成功的炭疽熱疫苗，他將炭疽熱的病菌在高溫下處理，直到細菌半死半活。受接種過的牛，綿羊和山羊能一直保持健康，而未受防治的動物，在炭疽熱的侵襲下都很快地死亡。

征服了炭疽熱之後，巴斯德將工作轉移到狂犬病 (Rabies) 方面，它是另一種從動物傳染到人類的疾病，狂犬病是由一種小到令人難以置信的病毒所引起的——它是非常非常小的東西，需用極高倍的電子顯微鏡才能看得見，在那時，巴斯德沒有這麼新式的顯微鏡，當然不可能看得見狂犬病的病毒，但他懷疑這種引起狂犬病的東西是否太小，以致不能用試管將它收集起來，他推想出一種唯一可用來採集狂犬病疫苗的方法，就是將這種細小的病菌種殖在活的動物的組織內，

巴斯特就根據這種想法，把狂犬病傳染到兔子體內，然後從受感染的兔子抽取組織的切片，製成半癱患的疫苗，再接種到狗體內，沒想到竟發生了作用，這些狗都能避免狂犬病的侵襲。

1885年7月6日是歷史上第一次將這種新發明的狂犬病疫苗接種於人類的試驗，當時巴斯特是爲了拯救一位小孩的生命，他是被一隻患有狂犬病的瘋狗咬傷的。

在醫學上的另一些發現

自巴斯特的研究，時間又過半個世紀，在這期間，用狗作許多實驗，最後發現了治療糖尿病的方法，它是一種使數百萬人們苦惱的病症。如今醫生們已知道患有糖尿病的人是由於體內缺乏胰島素的緣故，胰島素是一種內腺分泌物（荷爾蒙），一種化學性的媒介物，可幫助細胞從血液中獲取葡萄糖並轉換爲所需的能量。如沒有葡萄糖，則身體向各處尋找可供燃燒的燃料，它變成吸食自己的動物，食取自己的脂肪和蛋白質，因此患有糖尿病的人會逐漸消瘦下去。

胰島素是由胰臟腺（Pancreas gland）所產生的，在1920年



班丁（右）和貝斯特醫生與其中之一因患有糖尿病經由胰島素接種而獲得重生的狗的合影。這張照片是在1921年八月所攝的，正是人們相信他們的藥劑是有效之後不久的事。

初為兩位加拿大的研究員，班丁博士（Dr Frederick G. Banting）和醫學院學生貝斯特（Charles H. Best）所發現的，這項重要的發展是經由對 20 隻狗所作的實驗，在一間不透風的多倫多實驗室中工作所獲得的，近百萬原會死於糖尿病的人，如今能生活在這個世界，這都是歸因於胰島素的接種。

現在已成為一位醫生的貝斯特，不久前在一次訪問裏，回顧他的實驗說：「要不是用狗作實驗，則在我們的研究裏，將不可能有任何成就。」

許多其他在近代生物學及醫學上的發現，都直接源由動物的研究，這裏是一些根據美國醫學協會所列出的一些實例

- 一、內分泌腺（endocrine gland）的發現。
- 二、近代心臟外科手術的技術發展。
- 三、外傷和火傷可用輸血法治癒的證明。

其他還有許多。另外為了安全起見，每一種醫生所用來治療人類疾病的藥品，都曾先被試用於動物。馬可提供作為培養治療破傷風（tetanus）和壞疽病（gangrene）之用的血清，小兒麻痺症（bolio）疫苗是從非洲綠猴的腎中培植出來的菌液，並曾試用於恒河猴。



牠是一個紅棕色被闖割的粗大難看的巨獸，在 11 年的期間裏，由牠供給的血液，培養了接種於二十一萬人用的破傷風和肺炎的抗毒血清疫苗。牠在 1940 年退休，當他在四年後死去時，特為牠建造了一座花崗石的墓碑以紀念牠對人類的貢獻。

研究性動物之總計

概括而言，單在美國一地作為研究用的動物，包括近三千萬隻的家鼠，一千二百萬隻的大鼠（ hamsters ）十五萬隻的貓，以及數十萬隻的兔子和狗。

同時數百萬隻較為稀有的動物——範圍從變形蟲（ amoebas ）到美洲鱷魚（ alligator ），從甲蟲（ beetle ）到鮭魚（ salmon ）——都參與協助科學的研究。大多數的這類研究，着重於核輻射對生命的作用。

原子年代的動物

格蘭尼

一條叫格蘭尼（ granny ）的老牛，在1964年死於田納西州橡嶺的田納西大學農業實驗所，全世界的報紙都曾刊載過她的訃聞與略傳，他們描敘格蘭尼是如何安詳地像睡着似地離開她痛苦的晚年，是什麼使這看來和普通沒二樣的牛顯得如此引人注目呢？在牠 21 年的大半歲月裏，在核子科學上，格蘭尼一直是著名的實驗動物之一。

格蘭尼的聲名起由於歷史的背景，在1945年七月十六日那天，牠是一群在新墨西哥州草原的牧場上吃草的乳牛之一，在這一天人類第一顆原子彈在附近爆炸，湧起一陣罩狀的旋風，啓開了原子時代的紀元，這群乳牛遭受這次試爆所造成的放射性落塵的污染，科學家們把所有的乳牛帶回橡嶺進行研究，過了將近二十年後，格蘭尼是這群最後的生存者。

在這些年中，科學家們仔細研究這群乳牛，他們尋求像「在原子塵的感染下，會影響乳牛生產小牛的能力嗎？」等等類似問題的答案。

在 16 年中，每年生下一頭既健康又活潑的犢牛的格蘭尼，給他

們關於上述問題的一個最好的答覆。



格蘭尼和她第15胎犢牛

動物研究與輻射

格蘭尼由於歷史的際遇而受到廣泛的注意，其實和格蘭尼一樣用於實驗的動物尚有數百萬，但牠們沒有格蘭尼那麼幸運，絕大多數的研究性動物，從沒有在報紙的大標題上出現過，但從這類研究所獲得的知識，在這原子時代來說，對我們人類是很重要的。

由於對原子的探究，人類在生物學和醫學上又步入了新的一頁，原子對生命的組織具有廣泛的影響，而這種影響，至今仍無法瞭解。

輻射對生命組織的作用是可好可壞的，要想使原子能用於增進人類福利，科學家們必須充分了解這種處於極端性的關係，尤其是當它應用到人類自身時。

就根本而言，所有尋求的答案實繫於三個主要的問題上：

- 一、輻射對於人和其周圍環境產生什麼變化呢？——尤其是損害方面。
- 二、如何才能控制輻射，並且在暴露下，對可能的傷害，如何才

能作安全的防護呢？

三、科學家們是否能找出輻射在生物學和醫學上具有新的應用價值。

這些問題只有從經年累月不斷地去研究，或許有一天能得到答案，而這些探究將如過去的生物、醫學研究一樣，需要借助於動物作實驗。

舉例言之，從組織的切片或受破壞的細胞，可顯示出輻射對生命機體的整塊或整片產生如何的作用，只要對所有的動物作通盤的研究，科學家們就能判斷輻射對這些整塊、整片一起作用時的影響，由低等動物，科學家們可以推知其對最進化的動物——人，將造成什麼情況，因為畢竟人在生理學上，和其他的動物並無太大的區別，特別是某些動物。

有多少動物？

根據最近的調查和統計，每年有近五百萬的動物，用來作為那些接受原子能委員會生物、醫學部門支持的實驗室所進行的研究工作，除此以外，還有成群的野鳥和較大的野獸，以及難以計數的低等動物，像原生動物（protozoan）和果蠅（fruit fly）等。



這所坐落於華盛頓州里其蘭的農場，飼養着作為實驗動物之一的非洲侏儒羊，這些羊是很好的實驗動物，因為牠們體形小，而且具有良好的適應性。

美國原子能委員會生物、醫學部門支持將「輻射對生命的影響」列為國家科學研究中的主要計劃，這項計劃的主要目標是了解一些輻

射用於原子能和平用途上的種種效應，同時，在生物、醫學部支持下，作研究工作的科學家們正尋求在藥品、疾病治療以及生命奧秘的探究方面，發展一些輻射的新用途。

輻射與生命

輻射之過去與現在

我們生存的這個世界，一直和輻射有密切的關係，當地球還是一個剛形成不久的熔岩氣團時，它就沐浴在從太陽發出的高能量輻射中，但漸漸地地球被一層大氣所包圍，這種圍繞着地球的空氣所形成的外殼，屏擋了能危害生命的太陽輻射。

但如同過去的歲月，直到今天仍有一些輻射構成所有生物賴以生存的環境的一部分，有些來自太空，如穿過大氣而來的宇宙射線，有些來自存在於地殼岩層中的少數天然放射性元素所構成的「背景輻射」(background radiation)。有些來自生命體所含微量的天然放射性物質，如碳-14和鉀-40。

自從很久以前人類斷出其第一批石頭工具以來，背景輻射一直維持在一定的劑量上，以後仍然如此，直到人類開始涉及原子。

在過去的數十年內，核子時代開始萌芽，地球受到一些新加入的輻射。

下面是現今的一些輻射源

高能量加速器

X-射線儀

核反應器

原子塵——它懸浮在大氣層，像試爆過的原子彈的幽靈一般。

因此輻射成了我們生活中的一部分，更基於此的是它能影響生物組織——如人體內細胞的化學組成。

輻射之種類

輻射像粒子或光線般地向外傳播，在這裏所涉及的核子輻射，是由於不穩定原子變成穩定原子時所放出來的，下面為四種主要的射線。

- 一、伽瑪射線(γ)——具高能量的輻射，如X射線一樣，只不過比光線含較多的能量，伽瑪射線是肉眼不能看得到的，對物質有高度的穿透性。
- 二、阿爾伐(α)粒子——帶正電之重粒子，對物質穿透性極微。
- 三、貝他(β)粒子——速度很快，為帶負電的電子，其穿透性較阿爾伐粒子為高。
- 四、中子(Neutron)——是不帶電的重粒子，而快中子的穿透性極強。

這些輻射都帶有足夠的能量足以破壞原子或分子間纖弱之電荷平衡，這種效應稱為「游離」(ionization)，當一個原子被游離成爲帶電的狀態，更容易與其他原子發生作用。

構成生命的分子

很不幸的，主司活細胞機能的分子(和原子)極易遭受輻射之游離而破壞，這種分子大而複雜，彼此疏鬆地連接在一起，正是輻射最好的靶子，當它們被游離後用以維繫它們的化學鍵，以及細胞間之優美而細緻的生物作用，彼此之間的協調與規律因而喪失；化學的組成和細胞組織也可能因此而遭破壞。

任何有機體(如人或老鼠)是由千百萬個細胞所構成的一個活機器，其間彼此相應相助，因此一小部分細胞受到輻射的破壞，可以影響到整個身體，假如受傷的細胞是重要的部分的話，這種情形更爲明顯。

區域效應

根據動物的實驗顯示，在游離性輻射暴露下所產生的後果，絕大

部分決定於身體上接受劑量的部位而定。舉例言之，一隻腿部受到很強的劑量的狗，猶然可以生存，但以同樣的劑量施於胃部，會造成生病，甚至死亡，（其情形正如人之手臂上的一個刀傷通常不會比在下腹施以同樣程度的刀傷來得嚴重）。根據做過的動物研究顯示，像製造紅血球的器官，如骨髓，脾等最容易受到輻射的破壞，更有趣的是，輻射的破壞程度隨動物之種類而異，通常細胞組織簡單的動物比複雜的動物，經得起更多的輻射，這是因為多細胞動物的複雜組織較單細胞動物之單純的細胞更易受到破壞。比如說科學家們發現蝸牛可接受高達 20,000 rads 而不死，螞蟻具有高達 200,000 rads 之忍耐力，但對人來說，超過 450 rads 就會有生命的危險。

輻射對細胞所產生的效應可分為兩類——急性和慢性，急性的效應通常是可立刻發現的，慢性的效應是由於長期接受微量的輻射劑量所造成的結果，它可經許多年而不被發覺。

輻射和年齡

談到正常的生命程序與輻射間的關係時，其中最令人興趣的是「輻射和年齡」，這關係頗令人困惑，微量無致命性的輻射能縮短或延長動物的生命長短嗎？實驗顯示兩種效果都可能發生。

當然，將動物之易被傷害部分暴露於輻射下，能縮短動物的生命。根據實驗顯示，放射性對有些動物似乎能引起衰老的症候，雌的小獵犬暴露於 100 rads（慢性地）或 30 rads（突然地）劑量下，很快地，只要數年後就發現有衰老現象，老人症常發現有皮膚皺縮，牙齒脫落，外表灰化以及心臟病等現象。

用伽瑪射線及 X 射線照射於鼠與狗以探究其所發生的影響所作的研究中顯示，在動物受突然之劑量而生存的動物，它們生命旅程之縮短與所受劑量之強度成正比。

雖然如此，另外一些實驗似乎顯示相反的結果，通常田鼠和家鼠的尾巴隨年齡增長而變硬。科學家們將田鼠和家鼠的尾巴置於高強度輻射下，看看是否在這種強度的劑量下能否仍能和衰老一樣產生這種隨年齡增加而發生變化。結果並不如此。



兩群十四個月大的家鼠，牠們本來完全一樣，左邊的一群未受處理，右邊的一群當牠們在年幼時受到大量但非致命的輻射劑量。受處理的一群只存在三隻，牠們全身灰白且顯得衰老，而未受處理的一群是正常的，健康的活潑的。輻射加速了歲月的過程，是一種作為年齡研究的重要工具。

下面是一些其他的例子：

在終生處於每天照射 0.8 rad 的田鼠可生存 600 天，而不受照射的「控制下」的田鼠僅僅活了 460 天。

在處於平均每週照射 1 rad 之家鼠和幾內亞豬，其壽命要比平常的，來得長些。

吃麵粉的甲蟲，在微量的輻射劑量下，也能活到相當長的時間。

不足為奇的，在本質上，年幼的動物似乎要比年老的動物，對輻射要敏感得多，實驗顯示，老的田鼠可忍受到 700 rad ，然而 400 rad 的劑量對年幼的田鼠是一項致命的傷害。

一種可能的解釋是成長的細胞分裂得很快，這些細胞在年幼的動物中含量很多。在進行細胞分裂時，細胞對輻射很靈敏。因此在細胞被感染的數目上，年幼的動物要比年老的大得多。

雖然如此，在科學家能完全解釋輻射與年齡之關係之前，必須做更多的實驗，目前距離獲得完全的解答還很長遠，因為衰老本身，就很難完全地被了解。為什麼？如何才能使人類與其他動物活得長久些？在輻射用於動物的研究中，對這問題提供了寶貴的線索。

身體復元

據早期用幾內亞豬所作的實驗證明，動物體在接受相當大小的輻射劑量後，能自行復元，這些實驗的動物，除了牠們的腿用東西屏蔽起來不受暴露外，其餘均受輻射照射，於是動物全身的造血組織除了腿部以外，均失去作用。位於腿部的組織全權代理製造血液內主要成分的工作，直到其他部分受損害的組織恢復起來。

從對最簡單動物之一的原生物所作的研究，在受照射細胞自行復元的方法上面，提供了一絲線索。原生動物是用細胞分裂法繁殖，受照射過的原生動物分裂得很慢，但是假如將未照射過的原生動物的細胞質（cytoplasm），注射到受照射過的原生動物，於是後者以正常的速度進行分裂。由此可見細胞質似乎操縱着細胞復元的秘密。

全身效應與遺傳效應

輻射的生物效應，可分為全身效應與遺傳效應。全身效應是全身或部分機能發生的變化，僅涉及到有機體的生命長短。遺傳效應是指輻射擾變了生殖細胞的基因組合，它們改變了生物的遺傳，而這種遺傳靠着基因，天生不變地一代代地傳下去，因此輻射的遺傳效應可影響到受照射動物的子子孫孫。

環境中的輻射

從第一個生命在地球萌芽的時候開始，所有的生命機體都處於輻射的照射之下，而近年來由於進入原子時代，環境中的輻射劑量，更是增加不已，這究竟和人類與動物所構成的群體有什麼關係？這就是我們今日的重要問題之一，比如說，由於核子試爆所產生的放射性銫-90，經常經由飼料而被乳牛所吸收，然後再進入牛乳裏，事實上這種含有銫-90的牛乳都是用以供給人類飲用，因此要知道乳牛所吸收銫-90之量的多寡，成了重要的課題。

放射性物質的追蹤

許多年來，科學家們既已從事追蹤銫-90以及其他放射性同位素（具放射性之原子）的工作，以探究其從周圍環境進入動物體內的路徑。從草食動物所作的研究中顯示，包含於這些動物體內的一種重要的放射性同位素，碘-131其含量在核子試驗後都有呈現增加的現象，（普通碘和放射性碘可被吸收而積存於甲狀腺中。）比如說，1950年初的一連串的核子試爆後不久，科學家們發現在綿羊及乳牛的甲狀腺中，放射性碘大量地聚集在那裏。

在預定的1962年三月及四月的核子試爆前不久，科學家們量過加利福尼亞以及科羅拉多一帶鹿的甲狀腺，以確定所含放射性碘之量，當試驗過後，他們發現這兩州的動物，在甲狀腺中放射碘之含量呈顯著的增加，放射性碘經由動物所食用的植物進入這些草飼動物的體內，許多植物的根與莖對放射性碘的吸收就像吸墨紙吸水一樣。有一個實驗顯示，在曠野飼養的牛與羊其碘的含量為關起來的牛與餵以儲存秣草的羊的一萬倍。

雖然世界各處，在野生動物與家畜中不斷地發現放射性碘的存在。雖然還是第一次在動物中發現原子落塵，但其含量一直太小而不足危害人類。在所有被試驗的動物中，阿拉斯加馴鹿的甲狀腺中所積聚的