

放射線全身測定器 在 醫學上之應用

寄自日本國立長崎大學醫學部原研放射線生物物理學教室

方 錫 經

【前言】

近年來發展人體內自然放射線 (back ground) 之測定與檢查體內放射能之污染以及藉放射性物質投與人體內以研究體內之代謝機構所需要的放射線測定裝置已有特殊的設施。其中測定效率與靈敏度最好者所謂全身測定器 (whole body counter) 又叫人體測定器 (human counter)。此裝置係用上下相對二個大型的 NaI (Tl) 檢出器 (detector)，檢查存於人體內極微量的 γ 線放射性物質，並以正確的測定放射性物質的種類、量以及位置分佈。因此在保健物理、醫學方面的研究以及診療為目的，可測一般人體內自然放射能的程度與分佈，放射性同位素 (RI) 給與人體內，研究其代謝情形，以及檢查發生事故時體內放射線污染 (contamination) 程度，與污染位置。

【醫學上之應用】

茲擇其在醫學上之應用說明：放射線全身測定器採用 Dual NaI detector system, NaI (Tl) 即碘化鈉含 Thallium $_{81}\text{Tl}$ 在本質上俱有良好的能量分解能 (resolving power)， γ 線的檢出效率大，在短時間的測定可獲得最大的情報。分解能高，測定波道 (channel) 寬度窄，故可行高靈敏度的能量分析，如此 NaI (Tl) 俱有正確的決定試料放射線的特性能力，檢出效率也高。因此在醫療或分析方面可當為有利的用途。利用此種計數器，可檢查在體內極微量的 RI 追蹤劑 (tracer) 以至於量的測定，體內分佈、核種類的決定等廣泛的利用於各種元素代謝的研究，例如鐵代謝的測定用極微量的 RI。

【構造】

關於全身測定器的設施，可分為鐵室與電子控制機兩大部份。前者為避免自然放射線的影響，內有 NaI (Tl) 檢出器，被測定者 (病患) 所在的地方；後者為測定時一切的控制器，有測定部的多數波道的波高分析器 (pulse height analyser)

，測定結果用紙帶穿孔器 (tape puncher)，紙印機 (page printer) x-y 記錄器以及圖表記錄器 (chart recorder) 記錄下來。

【測定方法】

病患須先身體檢查以及簡單的問診，後入浴室洗淨身體然後進入鐵室。由于目的的不同，其測定方法有標準椅子法 (standard chair method)、仰臥法 (stretcher)、一米圓弧法 (1m arc)、線型搜查法 (linear scanning) 以及往復搜查 (double scanning) 等方法，由此方法能分析能量，分佈測定以及經過時間測定。測定結果以數據處理裝置記錄之，經計算而得所需的數值。

【校正】

由上述方法所得的數值須經種種的校正始可得到正確的結果。由全身測定器藉計算而得出的效率，那是不可能。因人體形狀的不規則受到幾何因素 (geometry factor) 的影響，由于 γ 線的散射 (scattering) 與吸收結果，在光譜上產生偏差。所以須用實驗上的效率校正，即用人體模型 (phantom) 以代替人體，人體模型隨著測定目標的不同有許多種的製法。譬如作標準人體的小腿、大腿、胴、胸、頸以及頭部形狀，大小相等的中空模型並注入與人體各部分等質的溶液而成。可行測定效率的校正。甚至于作脊髓、腕、腳等骨骼相似的空洞模型，並在洞內裝入注有定量的適當的線源玻璃管，其餘充滿水以代替肉部份，如此可解決校正放射能分佈於局部時的測定效率。

【診斷例】

因身體內必定含有天然放射性同位素 ^{40}K ，故人皆為放射性 ^{40}K 蛻變時放出 11% 1.46 Mev 的 γ 線。標準體重 70 kg，體內含有 140g 的鉀 (^{40}K 佔 0.012%)，每分鐘放出 4×10^5 個的 γ 線。但由于體內的散射與吸收， γ 線會損失，因此 γ 線的檢出效率比 1 低。實際上所檢出的計數率很低。人工放射性元素以種種的路徑進入體內，由核爆

作所產生的核分裂生成物，很廣泛的分佈在地球面積蓄於農作物，河川等而被污染的物質，當為動物的食料，隨著動物的代謝機構被濃縮於動物體內，因此類的動物有的當為人的食物，結果無形中放射性物質進入人體內。這樣的情形 ^{90}Sr 就濃縮在骨， ^{137}Cs 和自然的 K 同樣的分佈於體組織，在牛乳中常見的 ^{131}I 積蓄於甲狀腺。進入體內的 Li 主要的積蓄於腎臟。放射線障害的危險性，不但是與放射性物質的濃度與半衰期有關而且與放射性物質在體內排泄的生物的半衰期以及絕對攝取量也有關。放射性物質的體內攝取量，可藉攝取路徑便知其食物的種類，由此推知所含有的放射性物質，例如放射性廢棄物棄於河川、海內時，被魚類攝取而後由食物進入人體內。又如牛乳的消費量與 ^{137}Cs 攝取量之間有密切的關係。用全身測定器測定正常人與各種病症的體內 ^{137}Cs 和 ^{40}K 量。結果顯出正常人每公斤含 ^{40}K 量，男人平均 $2.09 \pm 0.06 \text{ g/kg}$ ，女人平均 $1.77 \pm 0.05 \text{ g/kg}$ 。 ^{137}Cs 量為男人平均 $0.205 \pm 0.070 \text{ m}\mu\text{Ci/kg}$ ，女人為 $0.150 \pm 0.066 \text{ m}\mu\text{Ci/kg}$ 。神經肌肉病患含 ^{40}K 量較少，但重症筋無力症約分佈於正常範圍。甲狀腺機能亢進症病患 ^{40}K 的含量也少。 ^{131}I 治療後 2-4 個月，機能正常時仍然 ^{40}K 量少。除亢進症以外的甲狀腺病患、糖尿病患、高血壓以及心臟不健全病患大略分佈於正常

範圍。腎臟病患，在腎炎時稍微高一點，但尿毒病患並不高，有時病狀進展時會下降。各種內分泌病患，如褐色細胞腫、副腎癌、Addison's disease 以及 Primary aldosteronism 等含 ^{40}K 多。下垂體能低下症與肥胖症則少，慢性骨髓性白血病等的貧血病患則多。

【結語】

放射性同位素應用在醫學上已很普遍，並在醫學的領域已成立專門的一科，稱為核醫學（nuclear medicine），即應用放射性同位素的醫學之意。其範圍很廣並與其他學科有密切的關係，如搜查（scanning）、臟器攝取率測定、循環時間測定等以放射線測定為主，生物學為副，如此的外部測定（external measurement）與放射線物理學（radiological physics）有關。又如中間代謝，吸收率差等以化學為主，放射線測定為副，如此的內部使用（internal used）與生物化學有關。在核醫學範圍還要用到許多理論與技術，即核醫學並不是獨立單一的專門一科而是與其他學科領域相關連的學問。然而放射性同位素應用在醫學上，必要正確的測定放射線的線與量，其先決條件乃是測定器（counter），全身測定器是測定活的人或動物的放射性物質攝取量的最正確的直接方法，所以在醫學的應用上可發揮最大的效果。



都市之空氣飢饉

以絕食聞世之印度聖雄甘地（Gandhi 印度民族運動領袖，國大黨黨魁 1869 - 1948，早年留學英國，由倫敦大學畢業後，任律師於南非。返國後主張政治自治 Swari，領導國人對英國不合作運動，採取不流血溫和緩進政策，每次被捕時則絕食，其思想人格深為人民崇敬。曾任國民大會主席，人民稱為「聖雄」Mohatma。印度之獲得獨立，以他之助勳為最大。西元一九四八年一月卅日，被印度急進派青年謀刺身死），因對英國採取不抵抗主義政策，每次被捕便絕食數天尚不致餓斃。人絕食尚可活十天至十幾天，但無空氣，不出幾分鐘即能致窒死。吾人如知空氣與日光對於吾人之健康如何重要，更應利用一切機會，多至海岸、山間、或郊外呼吸新鮮空氣。為呼吸新鮮空氣而多費錢財，應視同吃一頓晚餐或用於娛樂之費用，不可吝惜。現在尚無人企圖囤積空氣，或壟斷空氣，似乎呼吸空氣不必費錢。然在大城市，新鮮空氣却並不要錢，不要錢者，祇係充滿塵埃、細菌、有毒氣體之惡劣空氣。

或謂都市為空氣之陰溝，而造成此空氣之陰溝者，首為塵埃。有機物則有紙屑、布屑、綿屑、草木纖維、穀粉、炭粉、煙草屑等，無機物則有沙塵、灰土、煤煙等，非謂一切均屬有害，不過多吸則不免使肺臟發生變化。例如多吸煤炭、木炭粉則致變成炭肺；多吸石粉則變成石肺；多吸鐵銹粉則變成鐵肺；多見於煤炭廠工人、石匠、鐵匠、車光金屬等工人。凡一般人呼吸此等空氣者大都發氣管枝炎，或眼睛發結膜炎，此乃由於粘膜受到此等灰塵刺戟而起。灰塵之有害健康，在灰塵之本身為害尚少，其沾附細菌，四處散布，最為可怖。

空氣中之有毒氣體，大都為及動物所呼出之炭酸氣，吸香煙煙氣，柴炭燃燒所生之煙氣、煤氣

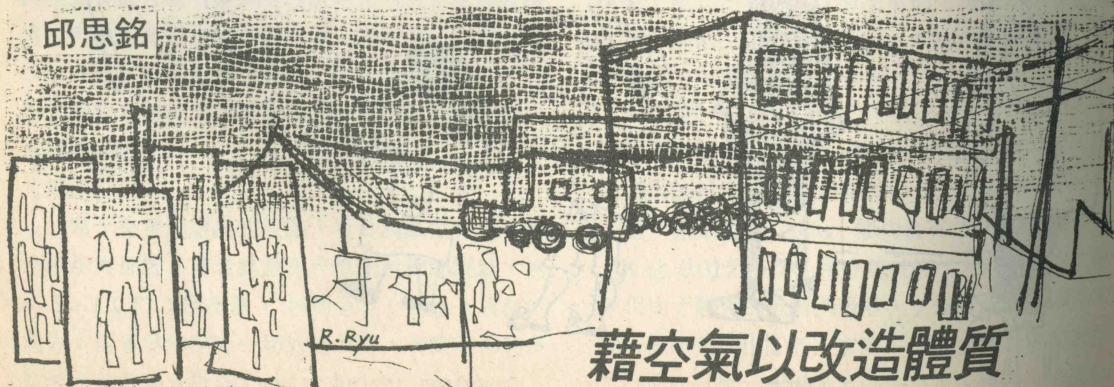
等。對於都市人此等有毒氣體之為害，實際更較塵埃為甚。在都市屋中空氣，尤多炭酸氣，煙煤氣。雖由呼吸將空氣吸入肺中，無奈吸入之空氣，所含之炭酸太多，致肺不能將空中所含之炭酸氣充分排出，以致血中充滿炭酸氣，亦即空氣中少氧氣。氧氣為維持吾人健康唯一之重要氣體，空中少氧氣則等於空氣之渣滓。日夜呼吸此種空氣，等於日夜呼吸空氣之渣滓，其弊害可想而知。吾人每日平均需要二千加洛里（Calorie）之飲食物，假如每日祇得一千加洛里之飲食，必然要受飢餓；吾人如同樣不能從空氣中吸到所需要之氧氣，亦必受到空氣之飢餓，都市乃空氣飢饉之地，炭酸性作惡性膨脹而氧氣則缺乏。

吾人登高山，現出暈山症狀，或乘飛機現出特殊症狀，皆由空氣稀薄，缺乏氧氣而起。都市之空氣不但缺乏氧氣，而且炭酸氣過剩，故尤為有害。居於鄉間之人，偶爾到城市，可以立刻覺到都市之空氣臭惡，但都市人因呼吸已慣，故而不覺。久居鮑魚之肆，則不聞其臭，慣呼吸臭惡空氣之都市人亦然。都市影戲館極似一貯藏炭酸氣之大桶，都市人常能安坐其中至三、四小時之久，可謂極有耐性，但此習而不覺，在健康上却極有害。西人謂：呼吸惡劣空氣，使人生白髮。此語似非無據也。

窗與皮膚之解放

都市之空氣固惡，而尤為惡劣者，則為其環境及都市人之生活態度。都市屋內之空氣固然惡濁，但在戶外時常流動之空氣，尚不甚惡。都市之幾十層高樓，雖然少射進日光，但向陽之處，仍然有日光照射。陰處之冷空氣與向陽處之暖空氣，自然發生交流，使空氣流通。但屋中人却將窗戶緊閉，妨害其自然交流，妨害空氣之新陳代謝，宛如嗜呼吸惡濁空氣，已成為習慣。

房子之有窗，除使射進日光外，即欲流通空氣



邱思銘

藉空氣以改造體質

，固不問晝夜，窗均宜盡量打開，以使室中空氣清淨。近時西人提倡戶外睡眠，係欲在睡中能呼吸戶外之純良空氣。睡眠時間約占人生之三分之一，故在睡時，對於空氣之清淨，亦不可不加注意。惟在寒季，為調節室中溫度起見，可酌量將窗關閉一部份，打開一部份。蓋在寒季，室中溫度與室外溫度相差頗遠。故寒暖空氣之交流亦速，雖將一部份之窗關閉，而空氣仍易流通。

某醫生言，夫妻實在不宜同寢，因夫妻同寢，將互吸入對方所呼吸之惡濁空氣。如此則無異躺在空氣之臭溝中睡眠。又婦女抱嬰孩而臥，亦不合宜。因婦與嬰孩對面而臥，新鮮之空氣，幾全為婦女所吸，嬰孩所吸者，幾全屬對方所呼出之惡濁空氣云云，姑誌之以供參考。

睡時，每有人以被覆面首，此最不合衛生之惡習，更無從吸到新鮮空氣。此類人或者早生白髮，或者頭髮早禿，成為早老。

流通空氣之重要，尚不僅為供給氧氣及排除炭酸氣。為使皮膚機能佳良，精神爽快，尤有重要關係。關於皮膚之衛生，每為人所輕視，此蓋對於皮膚之重要，未嘗認識故。常人見解大都以為皮膚只不過係包被全身以保護身體而已，實則不如此簡單。發散熱氣以調節體溫，其百分之八十，係由皮膚為之，故身體物質新陳代謝作用之大小，乃由皮膚表面面積之大小而定。皮膚全面分布各種之知覺神經，其狀態宛似有幾千萬條之電線。從皮膚之感覺點，連至中樞腦髓，隨時發出報告，毫無間斷。欲使皮膚之知覺銳敏，故人之大部份皮膚，均未生毛，祇有極細之汗毛。人有此皮膚及神經，故頭腦非常發達。謀求皮膚之衛生者，欲使其機能健全，實為使心身強健之極重要事。多人居於窗戶緊閉之室

內時，由於人之皮膚表面發散呼吸氣，時時發散水氣，致室中之空氣，水氣過多，使皮膚發散困難。如此則皮膚之血液循環不良，妨害新陳代謝，使精神作用沈滯，精神不適，工作之效率減低。

欲使皮膚強健，最有效果之方法，為使皮膚直接接觸空氣及日光。夏季宜多裸體，冬季在有日光而無風處，亦可裸體，不但窗戶要打開，皮膚亦需要解放也。

以衣服言，當以寬闊者為佳。衣服寬闊則空氣易流通，貼身衣服，以用棉布，麻紗為宜，因其善能吸收水氣，又善能發散。羊毛等毛織品，雖亦善能吸收水氣，而且較棉布更溫暖，但不易發散水氣。在冬季如非着羊毛等毛織品襯衫不暖時，須於其下加着棉布襯衣方佳。

要之，新鮮空氣，在健康上極其重要，主宰全身機能之神經中樞細胞，對於此種感覺，最為銳敏。能使精神時常爽快，此乃健康之本。古時希臘醫聖希卜克拉底斯（Hippocrates）以為係大氣中含有靈氣，人呼吸之，生命乃能活動，亦自頗有根據。

深呼吸

欲藉空氣以改造體質，最有效者為深呼吸。深呼吸不問其年齡均可行之。在正在發育之兒童行之，更有增加胸圍之效果。人在壯年時，須避免激烈運動，深呼吸實為一合宜之健身法。

兒童試行深呼吸，可以增加胸圍，有統計可資證明。據日本杉本博士之記載，日本茨城縣皆掛小學校曾使小學兒童全體試行深呼吸僅一年，成效大著。男女胸圍均見增大，少者增加五分，多者增加一寸五分云。其統計如下：

	初 等 五 年		初等六年	高等一年	高等二年
未行深呼吸前之男女生平均胸圍	男 生	二〇・一（寸）	二〇・七	二一・六	二二・九
	女 生	一九・九	二〇・六	二一・七	二二・六
試行深呼吸一年後之男女生平均胸圍	男 生	二〇・六	二一・五	二二・一	二三・一
	女 生	二〇・六	二一・六	二二・三	二四・一

上列之比較統計，乃係兩班學生之比較統計，非同一學生一年後之比較，因同一學生不能作為比較故。又高等二年女生胸圍之增加，超過男生者，蓋因是時女生年齡恰在十四五歲，正當女子最發育之時期故。茲為參考起見，將日本全國健康兒童之平均胸圍統計附錄以供對照。

		初等五年	高等一年	高等二年
日本全國健康兒童平均胸圍	男 生	二〇・三	二一・四	二二・一
	女 生	一九・九	二一・五	二二・三

另東京三田高等小學校亦曾使男女生作集團深呼吸，所得成績亦大略相同。並云男女生之患沙眼、齲齒者均大見減少，而且一般學生，精神均有顯著之快樂活潑云。

行深呼吸，雖有各種方式，但據體育衛生專家所述，有如下述之簡單方式：擇少塵埃空氣清淨之處，身體立正，口閉住，將清淨新鮮之空氣，徐徐由鼻孔吸入，吸至不能再吸，稍停片刻（約三四秒鐘），於是將肺內之濁氣，徐徐從鼻孔呼出，呼至不能再呼。第一次行完後，休息片刻，再行第二次。大略一深吸氣，約費七八秒鐘，一深呼氣亦約費七八秒鐘，在一吸一呼之間，停止三四秒鐘，故一呼吸約費十七八秒鐘至二十秒鐘。最佳每清晨戶外行之，每回可行十餘次至三四十次。關於深呼吸應注意之點如下：

- (1)吸氣呼氣，均須徐徐行之，不可粗暴。粗暴之短呼吸最大忌。
- (2)呼吸必須用鼻孔，不可用口，鼻孔之孔管，頗曲折，表面有粘膜，又生有鼻毛，並有氈毛運動。吸進乾燥空氣時，此曲折之鼻管，能給與以適度之水氣，使不致太乾燥。吸進寒冷之空氣時，此曲折之鼻管，能給予適度之暖氣，使不致太冷。有惡濁之氣體時，可由聞到臭氣而加辨別。空氣中之灰塵，鼻毛能將其攔住，並藉氈毛運動將灰向外吹送，如此可免吸入有塵埃及寒冷乾燥空氣，傷及肺臟，並刺激咽喉。
- (3)在深呼吸時，腹部不可用力努責。如腹部用力努責，則胸腔內之壓力增高，心臟及肺臟貧血，全身靜脈系鬱血，動脈系貧血，在努責過後，靜脈之血即滾滾流入心臟，而致心臟過度擴張，如常作此種不合法之呼吸，必致心臟變化。
- (4)行深呼吸時，腦中宜作無念無想之狀態。
- (5)每日宜規定一定之時間行之，以清晨行之為最佳。此外在野外新鮮空氣中，亦可隨時行之。頭腦疲勞時亦可隨時行之。夜間不能入眠時，出至戶外行深呼吸五分間，可使人易於入眠。
- (6)患肺癆者，有下列四種病狀時，據醫師所言不宜行深呼吸。即有咯血之傾向者，有血痰者，有激烈咳嗽者，有熱者。

深呼吸之功用

吾人如知深呼吸對於吾人之身體有如何功用，則行深呼吸時，必然更有興致，與毫無所知者，大不相同，其見效亦大不相同。今略述深呼吸之功用

於下：

吾人之胃，通常不過進三次之飲食（但亦有例外者），但吾人之肺每分間却要吸入十六次至十八次之空氣。平常淺呼吸每次所吸之空氣量，約為半升，深呼吸所吸入之空氣量約為一公升至三公升半，比平常呼吸多至數倍（三倍至七倍）。呼吸時，除吸進巨量之氧氣外，同時又排出多量之碳酸氣及水蒸氣。吸進氧氣，排泄酸氣所以使血液潔淨。呼出水蒸氣，一以調節體溫，一以調節身體水分，使身體水分不致過多（身體水分約占身體全體六五%）。

肺之呼吸，又能促進血液之循環。大多數人對於肺之機能，祇得一半。知肺能呼吸空氣，而不知肺與血液循環有關。主持血液循環之主要器官為心臟，由心臟之搏動，將新鮮之動脈血送出動脈管，流至頭部、頸部、胸部、四肢等，再由靜脈流向心臟。但腹腔中諸臟器之血液循環，却不由心臟主持，而由橫隔膜與腹筋之張縮主持。腹腔中有胃、腸、肝、胰、脾等各重要臟器，或分泌消化液，或有解毒作用。此等臟器之血液循環，另成為一系統。

總之，在健康人，由於肚皮之筋肉緊張，亦同時擠壓腹部之諸臟器，由此四面八方之擠壓，而將諸臟器中之血液擠出。故當肺吸入空氣時，腹部恰如抽筒（pump）壓水，將血壓出，胸部則類抽筒抽水，將血吸引，使靜脈血流回心臟。胸腹部之血行，係藉肺之吸氣及橫隔膜及腹筋之張縮而促進，於此當可了解。

又由深呼吸而間接運動者，有胸骨、舌骨、胸骨、甲狀筋……等等，在深呼吸時，雖然手足不動，而實際則有許多筋肉作適度之運動，近於全身運動。

要之，深呼吸能促進血液之循環，使全身之臟器細胞（cell）活潑，使胸腔、腹部諸筋肉，有適度之運動，而使胸腔部強健。與呼吸有重要關係之橫隔膜及腹筋衰弱，則致發生呼吸障礙，祇能用作淺呼吸，不能充分吸進空氣，腹腔發生鬱血，發生胃腸障礙，消化不良，吸收不良，更進而發生便秘、腰痛、腰痠、頭重、頭痛、胃酸、睡眠不足、手足寒冷等種種症狀，世上感受此等痛苦之人甚多。

總之，吾人除行深呼吸外，實未有可超出平常呼吸量及壓力之呼吸運動，尤其在四十歲以後之人，未便作激烈之運動，故深呼吸實為惟一可使肺臟日日有適宜之運動，而期以達到改造體質之目標也。

參考書：老人醫學入門 解剖學圖解