

營

養

對

幼兒之腦的發育與行為發展的影響

保健營養學系提供

一、前言

一個人的體格、智慧、個性與行為等方面，由胎兒時期即開始發育成長，經嬰兒、幼兒、童年、青少年、成年等時期，逐漸發展完成而形成個人的特性。這些特性主要是取決於環境與遺傳二者之間相互的影響，然遺傳是無法控制的，故在此不談論，單就環境來討論。而環境因素有很多種，今著重於營養，因為營養是環境當中一個最重要的變數。很久以來，人們就已推測到營養對成長的重要性。

二、營養對腦發育的影響

1 生長泉湧期：

人的腦在發育過程當中，有一段生長最快速的時期，一般稱為生長泉湧期。在這段期間，腦特別容易受到環境因素的影響，尤其是營養不良將會造成腦永久性的生長抑制及永久性的損壞，亦即腦、腦重、頭圍都會變小，久之就會造成永久性的行為異常及智能低落。

腦成長中泉湧期及危險因素再詳說如下：

由受精開始，經 10 週、18 週、32 週到出生後 1、2、3 歲之過程中，腦的發育有一段時期最快速，即腦成長泉湧期。在受精後時期為組織及器官分化長成時期，由 10 週至 18 週有神經原之增殖，由 18 週至出生後 2 歲則為腦生長泉湧期，這段時期大約開始於腦神經細胞的增殖分裂完成，而神經膠質細胞開始加速分裂之時，前半期大致是神經膠質細胞的增殖分裂，後半期是髓鞘的合成，這時期亦正是神經原之間有一種樹狀突分出，還有很多突觸連接起來，於是細胞與細胞之間就形成很多網路，又由 30 週至 1 歲為小腦長成時期。所以腦發育在此期最快。如這

段期間營養不良常是造成永久損害的原因。所以腦成長泉湧期為腦發育之最 重要時期。

至於各時期之危險因素為何呢？

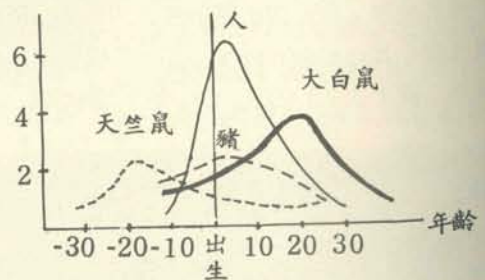
(1) 在懷孕前三個月，要避免輻射傷害、感染（病毒、弓形屬原蟲、德國麻疹）、染色體異常、亂服藥物及母親特殊傳染病（如 phenylalaninemia）之因素。

(2) 30 週至出生時期，其危險因素為多胎、營養不良、妊娠毒血症、吸煙、胎盤功能失効等。

(3) 由出生後至 1 歲則有營養不良、感染、母愛、環境因素及文化因素之危險因素。若不多注意，會使小孩子將來腦發育與行為發展都不好。

總而言之，前三個月須避免輻射傷害、感染及藥物之傷害，後三個月則特別重視營養不良所造成的不良影響。

表一：乃人之腦生長速率（重量比率）與其他種哺乳類之比較：



人類(—)由懷孕中期至出生後 2 歲速率最快，其乃以月計。

天竺鼠(— · —)以日計，在懷孕期間最快。

豬(· · ·)以週計，剛出生前後最快速。

大白鼠(—)以日計，在哺乳期之 21 天當中是決定將來發育良好與否之最 重要時期。

以上四者比較之下，人與豬比較相似。

2 動物實驗的證據：

由動物實驗之證據可反應出多胎對營養及腦發育的影響。以老鼠做實驗，若在哺乳期之生長泉湧期給予限制食物，則身體之生長不能達到如正常老鼠一樣。

以下乃設計個實驗：給予哺乳母老鼠以各種營養素皆很充分之食物，而增加給予哺乳之小老鼠，結果發現一般以養6隻時之營養情況最好，若增加10至16隻時，每隻小鼠的營養份量會減少，可見多胎會影響到營養之攝取，使其生長速度較慢，除此之外，這些小老鼠長大後還會有什麼不良影響呢？

(1)小老鼠之腦體積較小，即小腦症。

(2)腦細胞數減少，可能少神經膠質細胞。

(3)脂質較少，腦的脂質減少，尤其是單位重量內合成髓鞘的脂質特別減少。

(4)腦細胞的酵素活性會降低，如乙醯膽素脂酶(*acetylcholine esterase*)，若活性降低，將來腦細胞之結構會受影響，因為酵素的作用是做為合成腦成分之催化劑。若酶活性降低，腦成分之合成則會受到影響，所以在急速生長時就須給予足夠的營養才不會造成以上之不良影響，如果長大後再使其飢餓或營養不良，則腦體積，細胞數及脂質都不會有以上之影響，也就是說，在人體最急需時若不給予，以後再如何補充都是於事無補的。

3 營養不良對腦發育的影響：

對人而言，可由腦重、頭圍、DNA、RNA（與遺傳有關）、蛋白質、脂質等之量及酶活性來觀察。

(1)腦重：懷孕13週時為5g，出生後13個月則增加970g，發育相當快。在滿1歲時達到成人之60%，滿4歲時則達成人之80%，所以小孩子在這段期間，腦部發育已快成定型。

(2)頭圍：營養不良的小孩比正常小孩小13.7%。

(3)DNA：表示腦細胞數目，即腦細胞發育的程度，懷孕13週時為25.4mg，出生時增至685mg，生後五個月達最高量為900mg。

DNA是表示腦細胞的數目，可由定量DNA而得知腦細胞數目，其在懷孕期限很快的增加，出生後徐徐增加，至五個月時達最大值，以後則不再增加，其乃表示，腦細胞數在出生後五個月即達一定數，五個月以後腦重量之增加主為蛋白質及脂質量的增加，如脂質即為增加髓鞘形成(*myelination*)所必需之物質。

(4)RNA：懷孕13週時18.5mg，生後13個月則增至1384mg，其乃主管蛋白質之合成，與蛋白質之合成有關，若RNA減少，蛋白質含量則會受到影響。

(5)腦蛋白質：懷孕13週為193mg，出生後13個月

增至53g，增加速度相當快。

(6)脂質：髓鞘之合成所必需，主要是用來定量膽固醇、磷脂質、神經節脂質。若早期營養不良、脂質會減少，髓鞘之形成也就延緩了。

(7)酶活性：若營養不良，酶活性則差，因為髓素必需靠酶來合成，若酶活性降低，合成髓素之機能則受阻礙。以上乃J. Dobbing與Winik實驗所得的數據，其實驗則為：

(1)J. Dobbing收集了139個由懷孕10週至出生後七歲的小孩，做腦分析而與成人腦比較所得的數據。

(2)日本醫生Winik，收集因中毒，意外死亡，人工流產或早產的胎兒共31個例，分析懷孕13週至出生後13個月的結果都互相符合，在質、量方面都有顯著的變化。所以人之腦發育在這段期間非常快速，若營養不良則量會顯著降低，尤其表示腦細胞數目的DNA在五個月即達最大數目，因此在五個月之前的營養尤其重要。

4 蛋白質和熱量對腦發育之重要性：

一個人的組織要增加必須先經過細胞之分裂與變大，而二者都須給予原料，最重要的為蛋白質，因為其乃建造、修補身體組織的原料，因此以蛋白質做為細胞分裂與變大及組織增加的原料。

與腦發育最有關係的也是蛋白質，在生長期間，特別要維持正的氮(N)平衡，所謂正的氮平衡，即蛋白質在組織的合成速率大於分解速率，其消耗掉的氮量是用來建造身體之組織蛋白質，例如小孩之尿中，其尿素態氮，氨態氮量尤其減少，因為他們特別需要蛋白質，至於熱量必須充分的理由，即表示一個小孩在生長迅速時期，代謝速率最快且活動最大，熱量需要尤其多。

所謂人的活動分為二種，(1)不自主活動：如心跳、血液循環、肺臟呼吸，胃腸蠕動，其熱量由每天所攝取之營養來供給。(2)自主活動，如寫字……等活動，這些活動均需靠熱能，而能源主要由攝取之醣類、脂質的營養素來供給，而不要以蛋白質，因為蛋白質是用來建造及修補組織的原料。若醣類、脂質供給不足，則須由攝取之蛋白質分解後來供應，如果蛋白質又攝取不足則會消耗體組織蛋白質，如此下來，人會愈來愈瘦，所以攝取足夠之醣類與脂質有節省蛋白質的作用，使蛋白質遂行其正常的合成作用，不致用於能量的消耗。換言之，小孩子除了給予蛋白質食物外，還要攝取足夠之米飯等醣類及油脂類食物來供給熱量。

以上也有以老鼠做實驗為根據的，正當老鼠生長時期就須供給足夠營養，若需要時不給予，等到不需要時再大量給予都是沒用的，例如在早期生長期間，如飼以蛋白質

不足的飼料，即使是短短的時間，那麼以後就是供給牠無限制的營養素也不能長成和正常的動物一樣。也就是說，腦發育有一定的限度，正在生長期時，若缺乏蛋白質及熱量會造成永久性的損害，甚至身體之其他部分也會造成長期的遲鈍，包括腦發育不全等，所以熱量及蛋白質都要足夠，而且蛋白質之質、量都要講究，所謂質地就是品質，有好壞之分，如肉、魚、蛋、奶類最好，黃豆次之。因為我們所攝取之蛋白質，經過消化後變成胺基酸，大部分吸收以合成身體之組織蛋白質，少部分則分解產生熱量，若質地好者，消化利用率高。

由食物中之蛋白質變成組織蛋白質的過程稱為轉換，轉換率愈高的，表示品質愈好，如肉、魚、蛋等動物性蛋白質，若植物性蛋白質則轉換率較差。所以孕婦特別需要補充動物性蛋白質。

幼兒在生長期，蛋白質和脂質的合成速度亦比成人旺盛，科學家曾經以胺基酸做同位素的追蹤，發現其代謝速率很快，故蛋白質需要量尤其多。由以上種種，可見蛋白質與熱量對腦發育的重要性。

三、營養對行為發展的影響

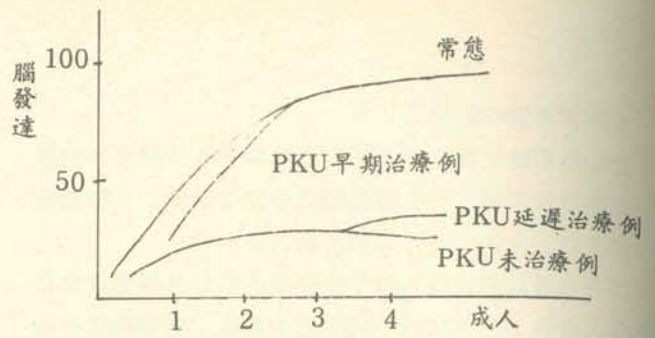
腦發育會影響以後行為發展之良否。

1 營養與行為發展的關係：

各種高等動物之腦發育與隨後行為發展，受到很多遺傳與環境因素相互作用所形成的。其環境因素包括疾病、心理、學習、文化與營養，這裡特別的強調營養，營養是細胞組織發育之所需，可說是直接因素，而且一個人要獲得營養必須攝取食物，食物同樣可刺激行為，同時也是構成社會基礎之因素。根據很多科學家之實驗發現，營養不好的兒童會影響到腦部發育，而腦主宰著行為，所以營養會影響行為發展。

有些影響是先天的，即對營養素利用不善，則神經系統在代謝結構、功能上的潛力和表達行為方面會受到急性或慢性的限制，如有一種小孩子生下來就不能利用苯丙胺基酸（phenylalanine），因此血液中就含有很多苯丙胺基酸，而尿中會含有很多苯丙酮酸（phenylpyruvic acid），這種兒童之智商很低，若以平常之小孩的智商以100為計，則這種兒童都在50以下，稱之為PKU（phenylketouria）低智能症。這種缺陷症若早點發現給予治療，例如生下三週即治療，則其智商可能會提高與正常小孩一樣，稱為PKU早期治療；如果生下後八個月始治療則智商發育就差，稱之為PKU延遲治療。至於其治療方法是供給含很低量的苯丙胺基酸的食物之飲食療法。

今將患苯丙酮尿症與正常人之腦發達情形做個比較：



若以老鼠做實驗，發現

(1)如果在早期營養受限制，則長大以後其運動協調機能較差，即利用①走旋轉鼓時，使老鼠倒退走以保持免從梯子掉下來。和②走過平行的二根木梯才能得到另一端所放置的食物來測驗，發現早期成長受限制的老鼠，長大後較易掉落下來，表示四肢協調與腦部控制不好，所以若早期營養不良，小腦受損害，行為發展就差。

(2)學習能力差，正受營養限制的初生小老鼠，其學習能力較差，如走迷宮以得到食物，若早期營養不好的老鼠，須花費很多時間，很多次方能學會。

(3)早期營養受限制的老鼠在精神上：

a. 易受刺激，若以電來刺擊老鼠，只要老鼠按下木棍則會停止電擊，結果發現，營養不好的老鼠所按木棍的頻率高於營養良好的，亦即表示前者易受刺激。

b. 社會性（社會關係）差，具侵略性，若與其他老鼠放在一起，比對照組更易打架。

c. 受壓力時，腎上腺皮質固酮分泌的反應較差。

2 營養不良干擾學習與行為的可能情況：

營養不良與其它環境因素，對中樞神經之潛在能力，表達有影響，其可能情況為：

(1)由於生態、生化和（或）生理上的異常，腦的正常功能降低，如學習能力的降低。

(2)由於腦發育的泉湧期受到損害，對外來的刺激就由不容易接受而減少，同時也減少了應有的反應行為，因此連續而有程序的正常發育便受到了阻礙。

(3)學習步驟可能因性情、人格、行為上的改變而受到阻斷，此等改變將可干擾人與人之間的關係，於是減少了學習的經驗。在營養不良的環境中成長的兒童，甚至反對接受學習的機會和學習的經驗。

3 營養不良對人類行為發展的關係：

嬰兒與幼童若患有嚴重的營養缺乏，雖經過醫療與復健之照顧，仍會遺留心理上，生理上之缺損，也就是說，長大後即使送到醫院經過良好的醫療與復健仍無法彌補早期所受心理上與生理之缺陷，且研究營養不良兒童家族性的特性中，也曾發現此等兒童有顯著的家族社會性的缺憾。

有些科學家曾在南非做過追蹤研究，觀察學齡之學童，發現若在幼年有營養不良或復健記錄者，其成績總比營養良好的正常學童差，此乃表示，早期由於母親不重視營養或其他原因造成永久性之損害。

又有些醫生認為，若早期營養不良的兒童，經過醫療復健後並沒有或僅留下過去輕度的損害，其表示社會家族因素也會影響智力行為發展，可見家庭教育也很重要。

對眾多小孩的追蹤研究，也發現營養不良的小孩表現出行為異常，學習能力低，意志力不能集中，且對人格的形成有不良的影響，如性格消極、依賴心強，神經質等現象。

日本有位醫生 Parten 在保育學校（即我國之幼稚園），觀察 143 個兒童的遊戲，發現營養之好壞會影響兒童之行為發展。

I、如營養良好的具有合作精神，能夠組織團體一起創造遊戲玩耍。

II、營養較差的當做旁觀者，看他人如何玩而自己亦隨著玩。

III、營養不良的根本不加入團體，對他人之遊戲不感興趣，自己也不想玩，僅作為旁觀者。

營養不良對心智發育的影響，亦可從患 Kwashiorkor 症兒童而得知，即其智商較低。這種兒童因為缺乏蛋白質所引起，先有水腫現象、白蛋白血症、脂肪蓄積（脂肪肝）、頭髮變紅、心理方面也會改變，如表現不活潑，對周圍事物不感興趣，追究其原因，可能因為斷奶太快，而且只供給五穀類之低蛋白食物，如稀飯、米飯，使得蛋白質缺乏，甚至死亡。這種兒童之行為發展與成績都差，但與早期營養不良是有所不同的，因為其心理改變是後期營養不良所引起，而非腦部發育不好，所以可以營養來改良，則生理狀況及行為發展都會有所改進。

最近由 Lornell 精神病學家所率領的工作隊，在非洲西部地區之調查研究發現，營養不良乃導致精神病患者癡呆之一重要因素，如將營養改善則很多患者會使心智障礙改善或恢復。

4. 維生素與心智發展的關係：

與心智發展較有關係的維生素有：維生素 B₁、B₂、B₆、B₁₂、Niacin（菸鹼酸）、folic acid（葉酸）、維生素 A、C 及泛酸等。

有位醫生 Harell 做老鼠之維生素實驗：在老鼠之生長期間、分為三個組（group），第一組：添加維生素 B₁，第二組：添加維生素 B₂ 和 B₁，第三組：二者都不添加，結果發現，對智商發育以第 II 組最好，第 III 組最差，可見添加維生素與心智發展有關。

若缺乏維生素 B₁、B₂、Niacin 三種，根據 Anderson、Mickelsen、和 Key's 等人之研究，動物之心理協調與表達行為會發生變化。如果缺乏維生素 B₆，就人而言，對中樞神經系統之發展有影響，如容易患躁發性驚厥、敏感及表達行為異常之現象。若以老鼠而言，則學習能力差。至於食物來源有魚肝油、蛋黃、菠菜、肝臟、胡蘿蔔。再者缺乏葉酸，腦發育會異常，如水腦，即腦積水：如 Arakawa、Fuji 和 Hayashi 等之實驗，若懷孕之老鼠給予缺乏葉酸食物，所生下來之老鼠，腦部會畸型，行為會異常。至於其他維生素缺乏都會影響腦部發育及行為發展，但只要均衡飲食，即可避免缺乏之現象。

5. 飢餓對智力表達或學業成績的影響：

當一個人飢餓時，行為往往會發生改變，如小孩子不能充分獲得食物時，很少能有滿足健康愉快的感覺及即刻所需的熱量，所以小孩子不能滿足時，上課之注意力不會集中而影響學業成績，如果常飢餓或營養不良的小孩，在行為上有顯著的改變，如無情、冷淡、注意力不集中，怠惰之行為表現，尤其早餐特別重要，所謂好的早餐好的開始，所以應特別強調。

以上種種改變，可能由於過份注意食物而對教育的刺激失去興趣。又學習能力是有層次而逐步發展的，每一層次成為後一層次的發展基礎，早年受到飢餓或營養不良的兒童，由於對早期學習層次的刺激處無反應，所以後期的學習經驗也就不能發揮得恰到好處，但此等兒童之不善學習，乃因缺乏經驗而非遺傳關係或神經結構的不健全所致。

四、結論

人腦的成長可分三個時期，第一期是細胞增殖期（Hyperplasia），腦細胞數目開始增加，然而細胞形體之大小（cell size）並無改變。第二期是細胞增殖和細胞增大（Hypertrophy）之過渡時期，淨 DNA 的漸減緩，而重量及蛋白質含量繼續增加。第三期是細胞增大期，淨 DNA 之合成停止，而重量及蛋白質含量繼續增加，到了重量不變，淨蛋白質合成停止的狀態，表示細胞的生長已經完成了。像這種分裂增值，在每一階段的速率不盡相同，而特別有一段生長最快速的時期，在這段期間，最需要適當的營養以進行腦成長中的某些層次。一般咸信在腦細胞組織的增殖時期，營養不良可能使腦的發育受到永久性的阻抑，進而影響腦結構上的變化，個體行為的異常以及智能的低落，而人之腦細胞快速增殖的時期，是自懷孕中期一直到出生後二歲，因此在懷孕期間的母親以及對出生後二歲的幼兒要特別注意營養的問題。