

22186

14.812/KL9

小儿脑的发育

翁嘉穎 譯

上海衛生出版社

Brooklyn

目 次

大腦外形的发育	1
腦的内部結構的发育	5
大腦半球的皮层及白質的形成	5
腦細胞的发育	8
神經髓鞘的形成过程是腦内部結構成長的标志	11
腦营养系統的发育	16
腦的液体系統	16
腦的血管系統	18
大腦半球的发育与营养系統的关系	27

大腦外形的发育

人体胚胎的神經系統在妊娠的第三星期就打下了基础。首先在胚体的背部形成神經板。神經板的邊緣很快地長成一溝，以后向中間皺褶起来，形成神經管(图 1)。其前端不断膨大，中有一腔，称为腦泡；經過二次縮縮，形成前、中、后三个腦泡。前腦泡和后腦泡再先后分成二个腦泡，如此在妊娠中期已有五个腦泡了。

腦泡开始是在一直綫上(图 2)，随着妊娠时期的增加，腦泡开始弯曲，因此腦的形狀变得愈来愈复杂了。同时腦泡迅速生長，形成腦的各个部分。在第五腦泡后面的神經管部分形成了脊髓。第五腦泡形成延髓，它为低級反射中樞，調节呼吸、心臟活动及血压等。第四腦泡形成腦桥及小腦。第三腦泡变为中腦。第二腦泡形成間腦。

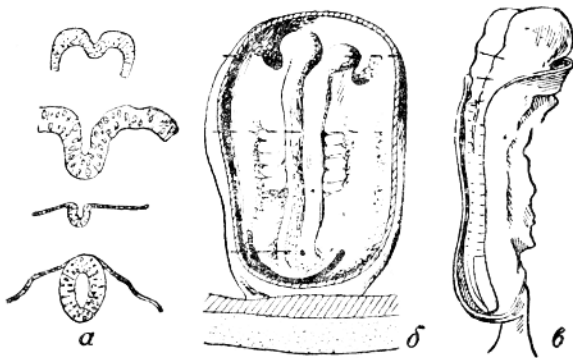


图 1 腦的原基示意图

a. 神經管形成的四个連續时期； b. 胎儿神經溝时期上面观；

c. 胎儿神經溝时期側面观。

前腦泡(第一腦泡)发生特别复杂的变化,以后形成大腦半球。还在发育的早期,它由一縱溝分裂成左右二半,它生長很快,大大地超过了其余的腦泡。这样在妊娠期的第三个月,前腦



图2 胎儿腦泡发育的連續时期

1.25日; 2.28日; 3.30日; 4.35日; 5.55日; 6.56日; 7.2月; 8.近3月; 9.3月另10日。 a.前腦泡; 6.間腦泡; b.中腦泡; r.桥腦-小腦泡; n.后腦泡; B3Г1.枕曲; B3Г2.桥曲; B3Г3.頂曲。

泡的后部即盖沒了間腦。这时二半球間开始連合，这連合称为胼胝体。在六个月时前腦泡完全遮盖了中腦，后来甚至遮盖了当时发育很微弱的小腦。

前腦泡壁的各部生長不勻，此时內壁轉向前腦泡腔，其外壁比內壁長得快，外壁迅速地生長及其在各个部分生長不勻，因此半球表面有溝及回的出現。早在妊娠期第二个月，前腦泡的內表面形成二个皺褶。第三个月时其外表面有小窩出現，到誕生时这小窩的边緣接近而形成习利威氏溝（即外側裂——譯者）。

在妊娠六个月時間內，半球外及內面形成了原級的溝（图3）。以后在发展过程中二級和三級溝很快地和原級溝連合起来。这样，到誕生时，小孩的腦基本上已具有所有的溝，此即成年人腦的特征。然而溝的形式及大小以及小溝的形成在誕生后还是繼續发育的。

在胎內生活及誕生后一年內，人腦的重量很快地增大，到七、八岁时才逐漸減慢，在30~40岁时达到最大限度。誕生时腦重量为360克，9个月的小孩是660克，一、二岁的小孩为1000克。下表是說明小孩腦重量增加的更精确的

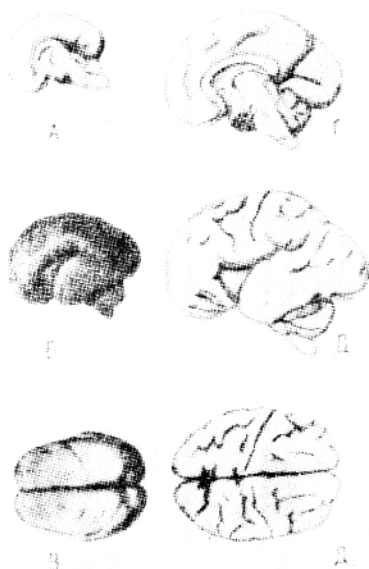


图3 人腦的溝回形成

A, B. 近5月；C. 近6月；D. 7月开始；
E, F. 8月开始。

数目：

年龄	男(克)	女(克)
新生儿	391	388
2岁	1011	896
3岁	1080	1068
5岁	1154	1168
9岁	1270	1236

在人体胚胎发育早期，腦泡是很微弱的，腦泡中有很大的腔。随着腦泡的生長，其内腔漸縮小。腦发育成熟后的腦室即为这些腔的殘余。在大腦左右半球内有第一及第二（側）腦室。在間腦部分是第三腦室。中腦部分变为狭小的管，与第三及第四腦室相連。第四腦室是第四及第五腦泡腔的殘余。所有的腔

都能連通，且充滿着腦脊液。新生儿的腦脊液数量不超过15~20立方厘米，成人不超过35立方厘米。腦脊液是由腦泡腔内特殊的器官——脉絡叢所分泌出来的（图4）。

在五个月以前的胎儿的腦腔是封閉的。至胎儿第五及第六个月以后，在后腦泡的壁上（第四腦室）形成三个孔。腦脊液經過这些孔开始流到腦的外表面。这时腦脊液把盖在腦外表面的薄膜分成二层：与腦紧密貼住的一层称为軟腦膜；第二层是很薄的蛛網膜，仅貼在腦表面

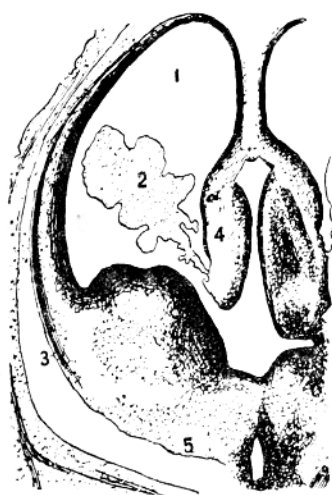


图4 胎头部横切面(受孕九星期)

1.側腦室；2.側腦室脉絡叢；3.新皮层；
4.旧皮質；5.原皮質。

突出的部分。在二层膜之間有腦脊液。新生兒腦的軟腦膜與蛛網膜間空隙的容積約 20 立方厘米，在脊髓部約 40 立方厘米（在成人約 35~75 立方厘米）。這樣，新生兒在腦室內及在軟腦膜與蛛網膜間（也就是在蛛網膜下間隙）的腦脊液平均約 60 立方厘米。我們以人及成年動物進行研究以後，確定腦脊液每晝夜要更換 4~5 次。

腦的内部結構的发育

大腦半球的皮层及白質的形成

在人体胚內发育过程中，腦的外形改变，我們已經介紹過了。現在我們再觀察皮質、灰質、白質在前腦泡壁是怎样形成的。在妊娠期二月初，前腦泡壁是由二层結構組成（图 5 A）。前腦泡腔的內面有大量的神經細胞，它們总称为神經母細胞层。在发育时期，該細胞层內有母細胞及初級海綿細胞。母細胞的特性是能进行多次的分裂。由于这种分裂的結果，母細胞的数量就愈来愈增加。

在图 5 A 看到初級海綿細胞的細長突起，經過腦泡壁的第二层即邊緣层伸展到前腦泡的外面。在腦泡的內腔和外腔間好象形成一条綫。沿初級海綿細胞的突起，母細胞开始轉移至前腦泡的外表面，以形成皮层。沿了这些突起，原始血管也从軟腦膜由腦表面开始生長到母細胞层。

在妊娠第三个月初皮层变为較明晰（图 5 B），不久它成为狹長的多細胞帶，位于邊緣层下。在第四、五月的胎兒，大腦半球的腦泡壁变得較复杂，且已分化为八层結構（图 5 B）。

这时腦壁母細胞层由于大量細胞轉移到腦的外表面，因而数量减少了，皮层就变得相当广闊，且有大量排列密集的細胞。妊娠第五个月，大腦半球壁的構造发生了改变，由二层（皮层及

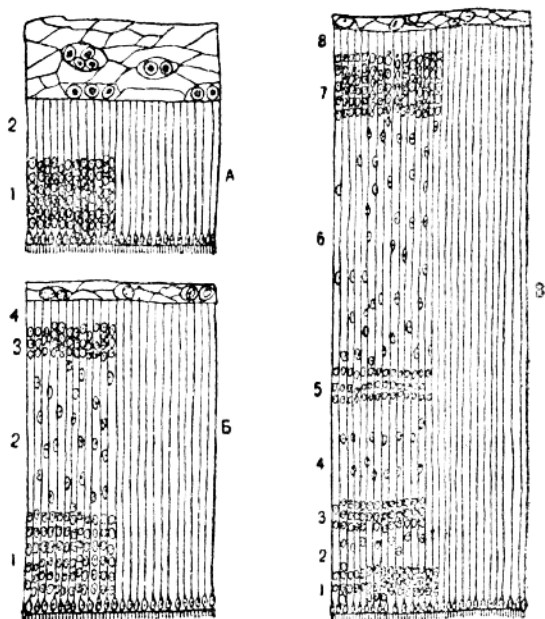


图5 大腦半球白質和皮質形成模式图

A. 大腦半球壁(四星期胎儿): 1. 母細胞层; 2. 边缘层。B. 受孕三个半月的人胎: 1. 母細胞层; 2. 中間层; 3. 基础皮层; 4. 边缘层。B. 大腦半球壁的八层时期(胎儿4~5月): 1. 母細胞层; 2. 內紋狀层; 3. 內过渡层; 4. 外紋狀层; 5. 外过渡层; 6. 中間层; 7. 皮层; 8. 边缘层。

白質)代替了八层,然而大腦半球壁的发育在此时还未停止。它的发育有二种方式: 层次的形成及分化或細胞大量的成熟。

在妊娠第二月末及第三月初,皮层还不分层。至第三月皮层分为狭的外层及闊的內层。

根据第三个月胎儿的皮层結構的不同,可分成新皮层、旧皮层及原皮层,但此时新皮层已占前腦泡相当大的部分(见图4)。

五个月的胎儿,大腦皮层的厚度因不同部分而异。此外,皮

层的各个部分，每一层的細胞排列及細胞数量都不一致。因而在这一段发育期中，新皮层内可以分成若干部分，每部分都有特殊的結構。

在妊娠的六个月末，新皮层总共有六层組成。然而每区的分层表現得各各不同，如六个月的胎儿在十七区(視束末端)很明显地分成六层，它可以与相鄰的十八区分开来，因十八区的分层并不这样明显。以前后中央回的皮层結構相比較，亦有同样情况。故后中央回部分与前中央回部分亦可区分，因前者被发现有有很多的細胞物質。在7~8个月的胎儿很多区域都有明显的分层。

皮层的第一层細胞是由疏散的紡錘形或梨形細胞組成的，細胞大小約4~6 μ 。第二层是許多小的、圓形的、三角形的或多角形的細胞彼此紧密地堆积着。第三层是小的及大的錐体細胞。接着第四层是有微圓形、多角形及三角形細胞所組成。下面是疏松的第五层，具有大小二种錐体細胞，但在該层的某些区域，也含有巨大的錐体細胞。最下是第六层，由錐体細胞及紡錘形細胞組成。

在以后的发展过程中，皮层的某些部分层数增加，例如在十七区可分出八层，在其他各区层数相反地减少，如在第四区共計有五层。到誕生时(少数例外)，不同区的层次最后就固定了。

虽然皮层神經細胞在胚内发育时就开始分化，但还不是很明显，而在出生后的发育过程中才明显分出各种不同的神經細胞。

通常認為人的大腦半球的神經細胞在誕生后其数量不再增加。相反的，小腦在誕生后可看到細胞增殖，但到誕生后9~11个月的小孩即停止分层。

到胎内发育結束时及胎外生活开始时，細胞的成熟及生長进行得最剧烈，后来就比較不明显。在三岁的小孩大腦半球皮

层的神經細胞分化得相当厉害，至八岁时大腦半球的神經細胞与成年人的神經細胞区别很小。

只有哺乳动物才有分六层的新皮层。在人的大腦半球新皮层占了大多数，即占皮层全部面积的 95.6%。

人的大腦半球除新皮层以外，还可分为旧皮层和原皮层(图 4)。此外在新、旧皮层間以及新、原皮层間有間皮层，因而，在人的皮层內可分出五个主要区域。

旧皮层占全部皮层面积的 2.2%。哺乳动物的旧皮层是由二层組成，由感受嗅覺的神經細胞积聚而成。

原皮层占全部皮层面积約 0.6%，它不分层，也与嗅覺有关，在人的間皮层部分計有 1.6%。

根据巴甫洛夫的学說，不論外界环境和內部器官的刺激，大腦皮层都能进行分析綜合。这些刺激由我們的感受器官感受；眼、耳、鼻粘膜及口腔粘膜(嗅、味覺)，以及在皮肤、肌肉和內臟器官內的感受器，例如各种光的刺激进入到皮层的十七区后，感受器先进行分析。因此巴甫洛夫把十七区及其相鄰的一些区域称为視觉分析器。同样在皮层上可分为听覺、味覺、嗅覺、运动及皮肤感覺分析器，它們分析从各个有关的感觉器官所傳入的刺激。

腦細胞的发育

上面已經講过，皮层的发育不仅借助于它的层次形成，而也依靠全部神經細胞的成熟。

我們已經知道在发育早期，未成熟的細胞內可分为母細胞及初級海綿細胞。神經細胞及特殊的細胞都由母細胞形成，这种特殊細胞称为神經膠質細胞。母細胞体是圓形的，它的核含有大量的染色質，是一种复杂的蛋白質。在母細胞轉变成神經細胞时，首先是它的細胞体形狀改变，因为原生質堆积在一极，

因此細胞變成梨形。後來梨形細胞繼續增長，形成長的突起稱為軸突。神經細胞的興奮沿着軸突傳出。此外梨形細胞體逐漸發生短的側面的突起，它們生出分支，其外形似樹枝狀，因此稱為樹狀突，它也正如神經細胞體一樣，感受從其他細胞軸突傳來的刺激。

隨同外形的改變，細胞核亦發生改變，以後細胞的原生質也開始改變，在細胞中出現特別長而細的原纖維或神經原纖維，它從細胞體分布到軸突。在這些原纖維間細胞的原生質內，出現染色質塊，這些物質是神經細胞在活動過程中所消耗的。這些染色質塊呈虎皮形，就稱為虎斑或尼氏小體。這樣的細胞具有一個長的軸突及很多的樹狀突，內有泡狀的核，核內有一或二個核仁，原生質內含有神經纖維及虎皮塊，這樣的細胞就是形成神經細胞或神經原的。在圖6 I, A 1~6 上可以看到母細胞變成神經細胞的一切階段。神經細胞在胚內的發育過程中及誕生後，具有不同的形狀及大小，例如分為小的、中的、大的及巨大的錐體形、紡錘形及三角形細胞。

神經系統是由大量神經細胞或神經原組成的。僅在大腦皮層計有 140 億個神經細胞。它們借一個細胞的軸突末梢分支與另一神經細胞的樹狀突或細胞體接觸。這樣就形成了由 2~3 個及很多的神經細胞組成的神經環鏈。通常某些神經細胞的軸突常終止於一個神經體的附近，終止處可以具有小棍棒形、小鈕扣形、杆形或細纖維形的結構。軸突與細胞體或側突的接觸處稱為突觸。

大腦皮層的特點是神經細胞的側突分布到離其細胞體距離較遠的地方。這些側突也和在中華神經系的其他部分的細胞側突一樣，發出大量的小突起。這些小突起對各種不同的有害刺激如氧的不足及毒物的作用是非常敏感的。這些突起被認為是感受刺激的基礎。

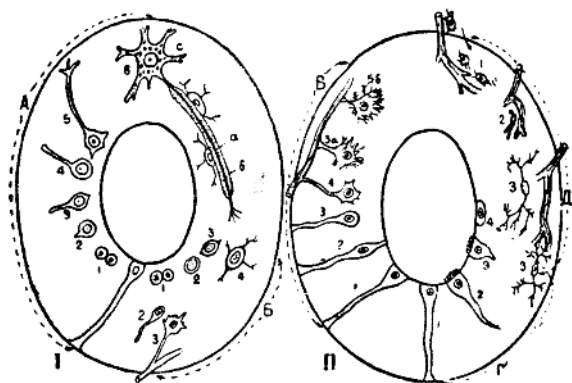


图6(I, II) 軟腦膜未成熟細胞、原始海綿細胞、母細胞的轉移模式圖

I. A1~6 神經細胞從母細胞發育的過程: 1. 母細胞; 2. 無極神經母細胞; 3. 雙極神經母細胞; 4. 單極神經母細胞; 5. 多極神經母細胞; 6. 神經細胞。B 1~4 寡突細胞從母細胞發育的过程。II. B 1~5 星狀膠質細胞從原始海綿細胞的发育过程: 1. 早期的原始海綿細胞; 2. 雙極原始海綿細胞; 3. 單極原始海綿細胞; 4. 原始星狀細胞; 5a. 纖維星狀細胞; 5b. 原生質星狀細胞。Г 1~4 室管膜細胞從原始海綿細胞的发育过程: 1. 早期的原始海綿細胞; 2~3. 室管膜原始海綿細胞; 4. 室管膜細胞。Д 1~3 從腦膜的未成熟細胞形成小膠質細胞: 1~2. 原始小膠質細胞; 3. 成熟小膠質細胞的形态。

如上所述，母細胞不僅給神經細胞而亦給神經膠質細胞打下了基礎。膠質細胞可分為寡突細胞及星狀細胞。寡突(Олигодендроглия)細胞為小圓形的膠質細胞；星狀細胞為蛛網形的膠質細胞。

母細胞變成成熟的寡突細胞的一系列过程如图6Г, B1~4指出的那樣。在母細胞變成星狀細胞的第一步即出現長的突起，稱為單極海綿細胞。單極海綿細胞的突起與血管接觸，並吸附在血管上，以後細胞原生質開始伸出長而細的突起，就稱為星狀細胞(图6 II, B 1~5 b)。星狀細胞可分二種，即原漿性及纖維性。

原漿性星狀細胞有发育很好的原生質体及很多突起；纖維性星狀細胞在原生質內有很多細小的纖維。

星狀細胞形成的另一方式是由初級海綿細胞形成的。海綿細胞除了形成星狀細胞外，亦形成了室管膜細胞，它的变化过程在图 6 II, I 1~4 所指出。

除了神經細胞、星狀細胞及寡突細胞外，在腦內还有所謂小膠質細胞。小膠質細胞在血管長入腦的时期由軟腦膜滲入腦組織內。起先小膠質細胞有粗而短的細胞形式的突起，后来这突起變長而細，且有分支狀突起(图 6 II, I 1~3)。神經細胞、所有的各种膠質細胞及血管都位于特殊的所謂中間物質內(間質)，这物質合成了髓質。

神經髓鞘的形成过程是腦內部結構成長的标志

我們看到在发育过程中未成熟的神經母細胞及初級海綿細胞變成腦的各部分，同时簡單的構成前腦泡壁，即變成大腦半球的壁，在壁內可分皮层及白質。皮层里有神經細胞、血管以及有原漿性星狀細胞、寡突細胞及小膠質細胞。在部分神經細胞里軸突很長，它伸出了皮层的境界而形成了白質，因此，白質系由神經纖維組成。此外，白質还含有血管、纖維性星狀細胞、寡突細胞及小膠質細胞。

所以称为白質，是因为在腦的切面上它是白色的，而在同样的切面上皮层是灰色的，故皮层称为灰質。白色的神經纖維是由于神經細胞的軸突上盖了一层特殊的白色类脂膜，即称为髓鞘，这膜可使神經纖維与另一神經纖維隔絕，此外，还促进神經兴奋沿神經纖維更快的傳导。

一般水生的軟體动物——无齿类及蚌类，其运动神經纖維外面不包有髓鞘，兴奋沿神經纖維的傳导速度是很緩慢的，每秒約 1 厘米。哺乳动物及人类的胃神經叢的神經纖維是无髓鞘的，

兴奋傳导的速度每秒平均 20 厘米。人的感覺神經纖維有髓鞘，每秒 10~90 米。人的运动神經纖維有髓鞘，傳导兴奋很快，每秒竟达 120 米。早期的神經細胞的軸突不具有髓鞘。髓鞘的形成是腦内部結構成熟的标志。

某些研究家們認為髓鞘的形成并不影响神經纖維机能活动。他們認為成年人的傳导通路有一定的机能，并且无髓鞘的神經亦如此，例如傳导兴奋到血管平滑肌去的神經纖維引起血管的擴張和收縮，以及到唾液腺、汗腺和其他腺体等使它們执行分泌机能。此外，某些动物(家鼠和鼠类)誕生时神經纖維沒有髓鞘，以后在生活过程中才形成。同时家鼠和鼠类在誕生后立刻具有攝取食物的机能，由此发生了这样的概念，即神經纖維的髓鞘形成好象与它的机能无关。

然而从大量的科学資料中說明这种概念是不正确的，正如我們已經看到多数实验証实，无鞘神經纖維傳导兴奋較有鞘神經纖維慢好多倍，家鼠和鼠在誕生后能立刻执行运动性的活动，这只是很簡單的，較复杂的活动只有在神經纖維完全成熟后，亦即髓鞘遮盖纖維以后才具有。

另一方面，大家知道早期神經纖維的髓鞘形成与机体特殊需要的产生有关。例如已經証实了地，当髓鞘形成在正常条件进行以前，如果眼的照明加强时，視神經纖維为髓鞘复盖；相反的，假使有机体对神經纖維的功能沒有需要，那末，髓鞘形成的过程即行停止。例如有一个学者，以足月誕生后而死亡的胎儿和不足月誕生后生存不久才死亡的胎儿的視神經的髓鞘形成来比較，說明了誕生后生存不久的不足月胎儿的視神經发育比誕生后死亡的足月胎儿較好。因此視神經的机能，由于光的刺激沿此神經而导至大腦，促使神經纖維更快地成熟。

巴甫洛夫的生理学說使我們对有机体发育問題，也包括腦髓和脊髓的神經纖維的成熟問題，有了新的見解。認為神經纖

維的成熟是跟随着反射原則开始的。换言之，即全部神經发育过程是从刺激皮肤受納器开始，兴奋沿感觉通路傳到中樞神經系統，即刻又把兴奋傳遞到反射弧的运动部分。

在人的皮肤、肌腱、韌帶、关节及肌肉内有許多感受器，这些感受器接受对皮肤上的刺激，对皮肤的温度刺激和肌肉收縮等。此时发生的刺激沿了感觉根进入到脊髓。在脊髓内刺激沿二条路走。第一条可从感觉根傳遞到脊髓内的运动神經細胞。

这样簡單的反射产生了反射弧：感觉根→脊髓→运动根。我們用燙热的东西接触手的皮肤，当温度刺激皮肤感受器，所发生的神經兴奋沿感觉根到达脊髓，再轉向运动神經細胞，后来到达运动根，于是手的肌肉收縮而手就从燙热的东西縮回。第二条比較复杂，它的过程是这样的，即感受器的刺激→脊髓感觉根→上升的感觉經→大腦半球皮层（在这里刺激被分析綜合）→下降运动經→运动根→肌肉。在人类大多数反射都是由皮层参加的。

因此，感受器所感受的刺激首先作用于脊髓的感觉根，說明了有机体的胎内时期此根的神經纖維应先被初級髓鞘所遮盖，然而事实上初級髓鞘的形成不是脊神經感觉根而是运动根。为什么这样呢？这問題經我們研究后作出了正确的回答。

胎儿在母体子宫里，一般認為并不遭受外界环境的刺激，事实上是不正确的。胎儿第一个月时自由地漂浮在羊水中，胎儿的运动受到前庭器所控制。前庭器位在顱骨的顱骨部分，它的結構很复杂，由三个特殊的互相垂直的管及二个囊組成。前庭器包含有大量的感觉神經細胞，就是感受器。这些細胞的軸突形成前庭神經，前庭感受器对胎儿成角度或直綫的运动能产生刺激。以后，当胎儿的头及身体在妊妇体内轉位以及妊妇的轉位也都产生刺激。

前庭器的刺激，引起前庭神經的髓鞘形成。妊娠約三个月

时，前庭神經开始被髓鞘遮盖。在这时期前庭神經的周圍感受器它的管及小囊在所有感受器中首先形成了，也就是按照其大小及結構变成了象在新生儿和成年人一样冲动离开前庭器的感觉細胞，沿着前庭神經，到达位于延髓的前庭神經核，前庭神經核受到外来的刺激，就产生功能，神經細胞軸突才有髓鞘形成。冲动沿了軸突傳到中腦去，以控制眼的反射运动。冲动离开前庭神經核向下到脊髓的运动細胞，从运动根到肌肉，使肌肉产生运动。脊髓运动根的髓鞘形成比感觉根早，因为前庭器接受刺激較感觉根为早，前庭神經纖維也就比其他感觉神經先有髓鞘。同时前庭神經核的冲动向下至脊髓运动神經細胞，脊神經才被髓鞘所遮盖。前庭神經的刺激沿了傳导途徑上升至中腦和下降到延腦。

前庭感受器的刺激能产生神經兴奋，这兴奋能引起胎儿四肢、頸部、軀干、肌肉及眼球的肌肉收縮，并能引起血压的改变，以及因腦血管擴張而引起腦血液供应的改变。

以后神經纖維随着胎儿在外界刺激影响下而成熟，胎儿的生長由于和羊膜腔壁的接触而产皮肤复盖物。胎儿在子宮內任何的轉位都对皮肤感受器是刺激。刺激离开皮肤感受器沿感觉根到脊髓。在这刺激的影响下，感觉根的神經纖維开始被髓鞘遮盖，此神經就成熟了。

当胎儿运动时，位于关节、肌肉及肌腱內的感受器也受到刺激。当刺激感受器发生的冲动向下导向脊髓的运动細胞，向上沿了長的徑路到間腦，再离开間腦到大腦半球皮层的运动分析器，神經冲动沿了神經通路而行，此时神經纖維即有髓鞘的形成。

这样在胎儿生活过程中接受母体及胎儿自身轉位的前庭器，以及皮肤、肌肉及肌腱的感受器都在工作着。

位于胎儿头面部的皮肤感受器所感受的刺激不导向脊髓，

而沿三叉神經感覺纖維傳至腦橋。此時，神經沖動不沿脊髓感覺根，而是沿三叉神經感覺纖維傳遞，三叉神經感覺纖維還接受口腔及鼻腔粘膜的感受器的刺激，導向延腦及中腦。我們可以看到三叉神經系統是很複雜的，此時，當屬於這系統的感受器感受刺激時，在大腦的各個部分的神經纖維就趨於成熟。

在口腔鼻腔內的三叉神經感受器，在胎內時期如何得到刺激呢？我們確定正常的腎在人胎九周時已開始形成，能分泌尿及尿素到羊膜腔的液體內。按照一些統計，在胎內生活第十周時，腎的分泌物約 40 毫升，而三十八周時已達 1800 毫升。由此可見，在胎內生活的過程中，羊水內的尿及尿酸的濃度逐漸增加了，這些物質是胎兒口腔及鼻腔感受器的刺激物。

如上所述，神經沖動離開感受器導向延腦及中腦。

三叉神經細胞位於中腦部分內，稱為三叉神經中腦根核，它很早就有髓鞘形成，但較遲於前庭神經。按照我們的資料，在成年的動物，對它的刺激引起呼吸運動的改變。中腦根核的細胞軸突向下降到延腦，相當於呼吸反射中樞的部分。如此，我們的研究說明了神經纖維在其形成產生功能過程中為髓鞘所遮蓋。

關於大腦半球的髓鞘形成，我們認為大腦半球的感觉通路首先形成髓鞘，以後錐體系通路才開始形成髓鞘。另一種說法認為大腦半球神經纖維的成熟是按照反射的原則進行：首先反射弧的感觉部分形成髓鞘，然後運動部分形成髓鞘。

錐體通路髓鞘形成的第一個征象表現在胎兒於胎內生活第九個月初的時候。錐體通路髓鞘的形成有二個階段：第一階段約在妊娠八至九個月開始並且可延續生後第三個月，直到生後第八個月髓鞘形成，在某些情況下就中止；第二階段開始約在生後第八月左右，當時發現錐體通路髓鞘的形成，可能與小孩開始步行有關。錐體通路髓鞘形成時間是相對的，各人亦不相同，可從五個月開始至四歲為止。