

动物体内屏障的结构*

佟树发

(兽医系)

提 要

屏障的存在意义不仅是保护性结构,更重要的是能维持屏障所在组织器官内环境的恒定。本文介绍了动物体内12种屏障的结构及其主要功能。

关键词 屏障; 结构

引 言

屏障一词的含义并非指在血液与某一器官实质之间存在一道绝对的屏障,而是指血液与某一器官组织之间存在一个有别于其他器官的、独特的、调节物质交换的系统或结构。此系统或结构有它的形态学基础和理化特性,在功能上表现为复杂的生理学、生物化学现象。

一、血脑屏障

血脑屏障的意义不仅是保护性屏障,更重要的是在于维持中枢神经系统内环境的恒定。其形态学基础包括血液与神经原之间的一系列结构。

(一) 毛细血管的内皮及内皮细胞之间的紧密连接,内皮是血液与脑组织之间第一道隔膜,此处的内皮细胞属无窗孔类型,大分子物质不易透过。内皮细胞之间的紧密连接,形成一条完整的闭锁带,完全堵塞内皮细胞间隙,阻挡溶质透过。

(二) 基膜。脑毛细血管内皮的外围由一层很薄的基膜包裹,起支持作用,但它不能阻挡大分子通过。

(三) 毛细血管外周的胶质膜。许多星形胶质细胞突起末端膨大形成的脚板贴附于脑毛细血管壁组成胶质膜,附于基膜上,但不是连续的,脚板之间有狭窄的间隙,其中没有紧密连接,只有缝隙连接。胶质膜可覆盖毛细血管面积的85~99%。

* 本文插图,承蒙本系王浩讲师绘制,谨此谢意。

1988年6月13日收稿

总的来说, 血脑屏障的形态学基础不是单一的结构, 而是几种结构的综合, 脑毛细血管的内皮细胞, 尤其是它的质膜, 以及内皮细胞之间的紧密连接, 是屏障的主要结构。血管外周的胶质膜起辅助作用, 至于毛细血管的基膜, 也与血脑屏障有关, 但不重要。

二、血脑脊液屏障

此屏障定位于脉络丛上皮。注射活性染料, 可见较容易透过脉络丛的毛细血管, 因其内皮细胞属有窗孔类型, 而且内皮细胞之间呈裂隙状, 没有紧密连接, 故活性染料可扩散通过内皮而进入结缔组织, 最后进入脉络丛上皮的细胞间隙。上皮细胞间隙顶部有紧密连接, 阻挡染料扩散入脑脊液。脉络丛上皮还有分泌和吸收能力, 对调节血液与脑脊液之间的物质交换有一定作用。

从上述可见该屏障的形态学基础为: (一) 脉络丛毛细血管内皮。(二) 内皮的基膜。(三) 脉络丛内结缔组织。(四) 脉络丛上皮的基膜。(五) 脉络丛上皮细胞, 以及细胞间的紧密连接。这是该屏障的主要结构。

三、脑脊液脑屏障

定位于脑室。其结构基础含三部分:

(一) 脑室的室管膜上皮。这里的室管膜上皮没有紧密连接, 因此不能有效地限制溶质通过。

(二) 覆盖脑表面的软膜。

(三) 软膜外的胶质膜。胶质膜由星形胶质细胞的脚板构成。软膜和胶质膜的屏障效能很低, 故直接注射染料入脑脊液很容易扩散通过软膜和胶质膜而进入脑组织。

四、扩散屏障

填充在神经原间隙的神经胶质细胞, 它们可分隔神经原, 特别是分隔单个突触或成群突触, 起隔离或绝缘的作用。在神经系统内常可见到成群的轴突终末终止在一个特定的神经原上, 或终止在一个神经原的某一局部上。这些轴突终末除突触间隙处外, 通常被星形胶质细胞的突起完全包裹着, 因而与其他神经原分隔开, 可防止影响邻近的神经原, 不致互相干扰。被胶质细胞包裹着的一群突触称突触复合体或突触小球。突触小球常见于嗅球、丘脑、小脑、侧膝状核和三叉神经的感觉核内。可见此扩散屏障的结构基础为星形胶质细胞。由于这一屏障的存在, 神经活动便能较好地局限在某处。这样一来, 神经递质不会在此区扩散, 可使突触的活动延长。

五、血神经屏障

考虑到神经系统来源于神经管的上皮,神经上皮较厚,其深层的细胞要获得营养的话,则需血神经屏障的存在。因为上皮并不像结缔组织那样具有细胞外基质或血管以供应营养。故此,为了提供营养给较厚的神经上皮的深层细胞,血管形成弯曲的迷宫式通道穿进神经组织。衬在这些通道上的细胞主要是星形胶质细胞。从这可见神经原要取得营养,必需通过星形胶质细胞。星形胶质细胞突起膨大贴附在血管上的脚板,这一结构即为血神经屏障。有实验证明短时期刺激神经原可引起其RNA、蛋白质和呼吸酶活性的增加,而其周围的星形胶质细胞内的同样物质则同时减少。因此推测星形胶质细胞可能有从血液传递营养物质给神经原,并有清除其环境内的代谢产物及调节细胞间的环境,如酸碱度、离子浓度等的作用。

此屏障从结构上看,与血脑屏障相类似,其结构为:(一)毛细血管内皮。(二)内皮基膜。(三)血管周隙,内含外膜细胞。(四)星形胶质细胞的质膜。

有关血神经屏障还有另一说法:

神经干由大小不一的有髓神经纤维构成,其表面包裹着一层结缔组织膜,称神经外膜。由外膜分出的结缔组织伸入神经干中,将神经纤维分成神经纤维束,包围着神经纤维束的膜称神经束膜。神经束膜不仅含结缔组织成分,而且由上皮样成纤维细胞构成一膜层,成纤维细胞间有紧密连接。这样的排列形式构成大分子物质通过的屏障。在每条神经纤维外,有由疏松结缔组织组成十分薄的神经内膜,它含极纤细的网状纤维,内含毛细血管。神经束膜和神经内膜能保持神经纤维外环境的恒定,神经束膜中的上皮样成纤维细胞与神经内膜毛细血管的内皮细胞,形成一个不完整的血神经屏障,它可防止某些物质进入神经内膜。

六、血胸腺屏障

胸腺实质内由上皮网状细胞形成一密闭的微环境,使与血液之间的物质交换受到一定的限制。血液中许多大分子物质不易透过此屏障,因而抗原物质很难与淋巴细胞相接触,使生产T淋巴细胞这一苗圃能稳定。

血胸腺屏障主要由下列结构组成:(一)无窗孔的毛细血管内皮细胞。(二)内皮下完整的基膜。(三)血管周围组织间隙内的巨噬细胞。(四)上皮网状细胞下完整的基膜。(五)连续的上皮网状细胞层。细胞间有桥粒连接。

若以辣根过氧化物酶作标记,注入胸腺的小动脉后用电镜观察,可见辣根过氧化物酶的颗粒绝大部分均被局限在毛细血管腔内,仅有少数可通过内皮细胞的吞饮小泡穿越内皮及基膜而到达血管周围组织间隙,但大部分被巨噬细胞吞噬,位于溶酶体内,只有极少部分可被上皮网状细胞摄入,位于细胞质的小泡中。故抗原物质是很不容易与胸腺实质内的淋巴细胞相接触。此屏障主要存在于胸腺皮质内。

七、血气屏障

血气屏障亦称呼吸膜。哺乳动物肺呼吸过程中的气体交换是在肺泡壁或称肺泡隔上进行的。血气屏障可区分为下列成分:

(一) 毛细血管内皮细胞, 细胞很薄, 为无窗孔类型。

(二) 内皮基膜。

(三) 介于两层基膜之间极狭窄间隙(有些部位缺此间隙), 由结缔组织填充, 内含巨噬细胞及一种称为收缩间质细胞的细胞, 该种细胞形似成纤维细胞, 位于毛细血管周围, 可能在自动调节肺泡通气量方面起一定作用。

(四) 肺泡上皮细胞基膜。

(五) 肺泡 I 型上皮细胞。细胞扁平, 其主要作用是提供一个完整而薄的面, 使气体易于通过, 细胞膜虽是一个主要屏障, 但它允许气体自由透过, 因气体是溶于脂质内的。在上皮细胞间有紧密连接, 形成紧密的封口。因此, 肺泡上皮能阻挡大分子物质通过。

(六) 覆盖于肺泡上皮内表面的一层极薄液体, 主要含蛋白质和糖类。

(七) 表面活性物质膜漂浮于肺泡上皮液体层的表面。表面活性物质有能降低肺泡表面张力的作用。

血气屏障的组成并非全为上述 7 层。在有些部位, 肺泡上皮基膜与毛细血管内皮基膜融合在一起, 这样的屏障结构则只由 5 层组成。

八、血睾屏障

血睾屏障又称血精细管屏障。曲精细管有一薄层基膜, 外围有肌样细胞及结缔组织, 结缔组织中有毛细血管分布。曲精细管壁由两类细胞构成, 即各级精细胞及支持细胞。支持细胞的基底部紧贴基膜, 相邻的支持细胞紧密接触, 细胞间有连接复合体, 主要为紧密连接和桥粒。细胞连接可把曲精细管壁分隔成基底部和近管腔部或称顶部两个部分。前者位于细胞连接与基膜之间, 内主要含精原细胞, 以及少量早期发育的初级精母细胞; 后者位于细胞连接与管腔之间, 内含生长发育过程中的精母细胞、精子细胞及精子。血睾屏障能阻止大分子物质通过而进入近管腔部, 给生殖细胞复杂的成熟分裂和精子形成过程提供一个较稳定的微环境, 免受外界的干扰。

血睾屏障的结构有下列各层: (一) 毛细血管内皮细胞。属有窗孔类型。(二) 内皮的基膜。(三) 结缔组织。(四) 肌样细胞层。(五) 曲精细管的基膜。(六) 支持细胞间的紧密连接, 它是此屏障的主要构结基础。

九、血 卵 泡 屏 障

卵泡细胞在卵泡发育过程中,从单层形成复层,围绕卵泡腔构成颗粒膜,颗粒膜外有基膜,基膜处于颗粒膜与卵泡膜之间。卵泡膜的结构基础为结缔组织,又可分为两层。内层为卵泡膜内层,主要含细胞成分,这些细胞可分化为部分的黄体细胞;外层为卵泡膜外层,主要含纤维成分,构成卵泡的外界膜。卵泡膜含丰富的毛细血管,构成毛细血管网,但不伸进颗粒膜内。

颗粒膜细胞具有许多细长的丝状胞质突起,称丝足。它们之间具有桥粒、缝隙连接和紧密连接,使相邻的卵泡细胞密切连接起来。这些胞突甚至可以穿过透明带扩展至与卵细胞或卵细胞表面延伸到透明带内微绒毛相接触。这一图象可认为卵泡细胞起着供给卵细胞代谢所需营养的重要作用。至于胞突间的紧密连接可能起着使卵泡液在化学特性上不同于血液的作用。卵泡细胞的各种连接,有它们选择的通透性,允许低分子量蛋白质如白蛋白在卵泡腔内积聚,但明显地限制高分子量蛋白质通过进入卵泡腔。这说明这里存在着血卵泡屏障,其结构含下列各层:(一)毛细血管内皮细胞。(二)内皮的基膜。(三)卵泡膜的结缔组织。(四)颗粒膜的基膜。(五)颗粒膜的卵泡细胞间的细胞连接,其中以紧密连接为主。

十、血 胎 盘 屏 障

胎盘是一个临时性的器官,是胎儿与母体间物质交换,使胎儿得以生长发育的重要器官,它是由胎儿胎盘(绒毛膜)和母体胎盘(子宫内层)两部分组成。家畜的胎盘从形态上可分四种类型:散布胎盘,子叶胎盘,带状胎盘和盘状胎盘。

间隔于胎儿与母体的血流之间的组织结构称胎盘膜,此膜即胎儿与母体物质交换及选择扩散的屏障。母血与胎儿血之间的物质交换的活动是很复杂的,是通过简单扩散、易化扩散、主动运输和吞饮作用等方式来进行的。一般认为气体、水、电解质的交换是通过简单扩散的方式;葡萄糖的运输是通过易化扩散的方式;氨基酸的运输是通过主动运输的方式;而某些抗体的运输则是通过吞饮作用进行的。此外,大多数药物,某些细菌、病毒(如风疹病毒)均可通过血胎盘屏障。当然,此屏障能阻止许多微生物和毒物从母血进入胎儿血中,从而起到保护作用。血胎盘屏障的基本结构可分为胎儿成分和母体成分。胎儿成分由下列5层组成:(一)毛细血管内皮细胞。(二)内皮的基膜。(三)间充质,内含 Hofbaner 细胞,其形态结构与巨噬细胞相类似,有吞噬功能。

(四)滋养层细胞基膜。(五)滋养层细胞。分内外两部分:内部为细胞滋养层,细胞界限清楚,排列整齐。细胞滋养层是迅速增殖、分化较低的组织。外部为合胞滋养层,细胞间的质膜消失,融合为一层,形成合胞体。合胞滋养层是积极进行合成作用的已分化的组织。

母体成分由下列各层组成：（一）子宫内皮膜上皮。（二）内皮膜上皮基膜。（三）结缔组织，内含巨噬细胞。（四）毛细血管内皮基膜。（五）毛细血管内皮细胞。

上述为胎盘膜即血胎盘屏障的基本组织结构，但不同类型的胎盘其组成层数略有差异，胎儿成分的组织结构基本上保持不变，而母体成分则随不同畜种（胎盘类型）而异。基于母体成分的层数变化，从组织结构上可把胎盘分为：

（一）上皮绒毛膜胎盘。母体成分5层均保持不变，其屏障结构为上述基本结构的10层。此类胎盘一般为散布胎盘（猪、马）和子叶胎盘（大部分反刍类）类型。

（二）结缔组织绒毛膜胎盘。母体成分中缺乏子宫内皮膜上皮，剩下结缔组织、内皮基膜和内皮，即屏障由8层组成。此类胎盘可见于部分反刍动物。

（三）内皮绒毛膜胎盘。母体成分仅存毛细血管壁，故此类屏障结构除胎儿成分5层外，还加上内皮基膜和内皮细胞，即共由7层构成。此型胎盘为带状胎盘（狗、貂等）类型。

（四）血绒毛膜胎盘。母体成分各层均不存在，胎儿成分的滋养层细胞直接与母体血液接触。所以此类屏障仅由胎儿成分的5层组成。这种胎盘属盘状胎盘（灵长类、啮齿类）类型。

十一、血水屏障

定位于眼球壁睫状突处，在血液与眼后房房水之间存在着一道血水屏障。眼内压力的维持，使眼球结构得到机械性稳定，是有赖于房水的生成率和吸收率之间精确的平衡，而眼内压力的平衡是通过由睫状体非色素上皮细胞分泌房水和在角膜巩膜缘外房水吸收率间的精确调节所致。若此平衡受到破坏，如青光眼时，眼内压升高，对眼的机能即有破坏作用。

房水之组成不同于血浆，而与脑脊液有些相似，它有助于创造一个最适宜于视网膜、晶状体和角膜细胞机能需要的细胞外环境。凡不同于血浆成分的液体分泌，如房水，只有在血液和房水之间不发生溶质自由扩散时，才有可能，这就是血水屏障的作用，它是限制血管和眼内物质交换的一种特有的生理学机制。若用辣根过氧化物酶注入血流中，它可穿过睫状体的血管壁迅速扩散，并穿过睫状上皮下的基膜，最后被非色素上皮细胞间紧密连接所阻拦。

血水屏障的结构成分包括：（一）有窗孔的毛细血管内皮。（二）内皮连续的基膜。（三）睫状突中的少量结缔组织。（四）睫状上皮基膜。（五）睫状上皮细胞。细胞分色素上皮细胞和非色素上皮细胞两层，在非色素上皮细胞顶部有紧密连接。

十二、血尿屏障

血尿屏障又称滤过屏障, 定位于肾皮质部肾小体内, 肾小球毛细血管内的物质需透过三层结构的滤过膜, 进入肾小腔内而形成原尿, 这滤过膜即血尿屏障。该屏障由下列成分组成:

(一) 有窗孔的毛细血管内皮细胞。

(二) 内皮的基膜。

(三) 足细胞突起之间的裂隙。裂隙宽约25nm, 在这些裂隙中有裂隙膜, 厚约6nm或6nm以下, 它位于基膜水平上, 其结构与封闭有窗孔毛细血管的窗孔隔膜相类似。

毛细血管的内皮孔只能阻拦血液的细胞成分和血浆中的大分子物质, 基膜也是阻拦大分子的部位。如静注铁蛋白(分子量为40万), 此种蛋白很容易通过肾小球毛细血管的内皮孔, 但常蓄积在基膜的内方, 铁蛋白分子能逐渐渗入基膜, 有些最终还可以通过它, 但基膜显然能延迟铁蛋白的通过, 并能阻拦较大的分子。有人采用辣根过氧化物酶(分子量为4万)和髓过氧化物酶(分子量为16万)作试验, 发现前者能迅速通过内皮孔, 穿过基膜, 并通过裂隙进入肾小腔, 而后者能容易通过基膜, 但却被阻拦在裂隙膜平面上。总之屏障的通透性决定于孔的大小与物质的直径之比, 每一层结构成分均能限制一定大小的物质通过。在一般情况下, 该屏障只能滤过分子量为7万以下的物质, 如分子量为6.9万的白蛋白, 6.4万分子量的血红蛋白和更小的血浆蛋白及多肽类物质等, 都能少量地通过滤过膜从血浆滤入原尿中。

引用文献

- [1] 上海第一医学院主编. 组织学. 北京: 人民卫生出版社, 1981: 315—416, 571—572, 770—793
- [2] 佳木斯医学院译. 组织学. 北京: 科学出版社, 1984: 756—760: 911
- [3] Atwal, O.S. and Sweeny, P.R., *Am.J.Vet.Res*, 1971: 32: 1999
- [4] Banks, W.J. *Applied Veterinary Histology*, 2nd. ed. Williams Wand ilkins. 1986: 293—537
- [5] Bogd, S.R., *J. Ultrastruc. Res.*, 1963: 9: 459
- [6] Bevelander, G., *Essentials of Histology*, 8th. ed. The C.V. Mosby company, 1979: 136
- [7] Boyd, J.D. and Hamilton, W.J., *J.Anat.* 1966: 100: 535
- [8] Carneiro, J. and Long, J.A., *Basic Histology*, 5th.ed. Lange Medical publications. 1986: 183—240
- [9] Carolyn, J.P.J. and Fox, H., *J.Anat.* 1977: 124—275

- [10] Copenhaver, W.M., Baileys Textbook of Histology, 16th, ed. Williams and Wilkins, 1971: 295—296
- [11] Dellmann, H.D., Textbook of Veterinary Histology, 2nd, ed. Lea and Febiger, Philadelphia, 1981: 123—136, 338—354
- [12] Dym, M. and Fawcett, D.W., Biol. Reprod. 1970: 3: 308
- [13] Haar, J.L. Anat. Rec. 1974: 179: 463
- [14] Kapanci, Y., J. Cell Biol. 1974: 60: 375
- [15] Kessel, R.G., Tissues and organs, W.H. Freeman and Company, 1979: 282—284
- [16] Nagano, T. and Suzuki, F. Cell Tiss. Res., 1976: 166: 37
- [17] Ross, M.H. Anat. Rec. 1976: 186: 79
- [18] Sandborn, E.B., Cells and tissues by light and electron microscopy, Vol. 2. London, Academic press, 1970: 138—140
- [19] Thomas, S.L. Histology, 4th, ed. W.B. Saunders company, 1981: 224—294
- [20] Tizard, I., An Introduction to Veterinary Immunology, 2nd, ed. W.B. Saunders Company, 1982: 169—170
- [21] Weibel, E.R., Physiol. Rev. 1973: 53: 419
- [22] Weiss, L., Histology, 5th, ed. The Macmillan press, 1983: 1154—1155
- [23] Windle, W.F., Textbook of histology, 5th, ed. McGraw-Hill Book Company, 1976: 224

THE STRUCTURE OF BARRIERS IN THE ANIMAL BODY

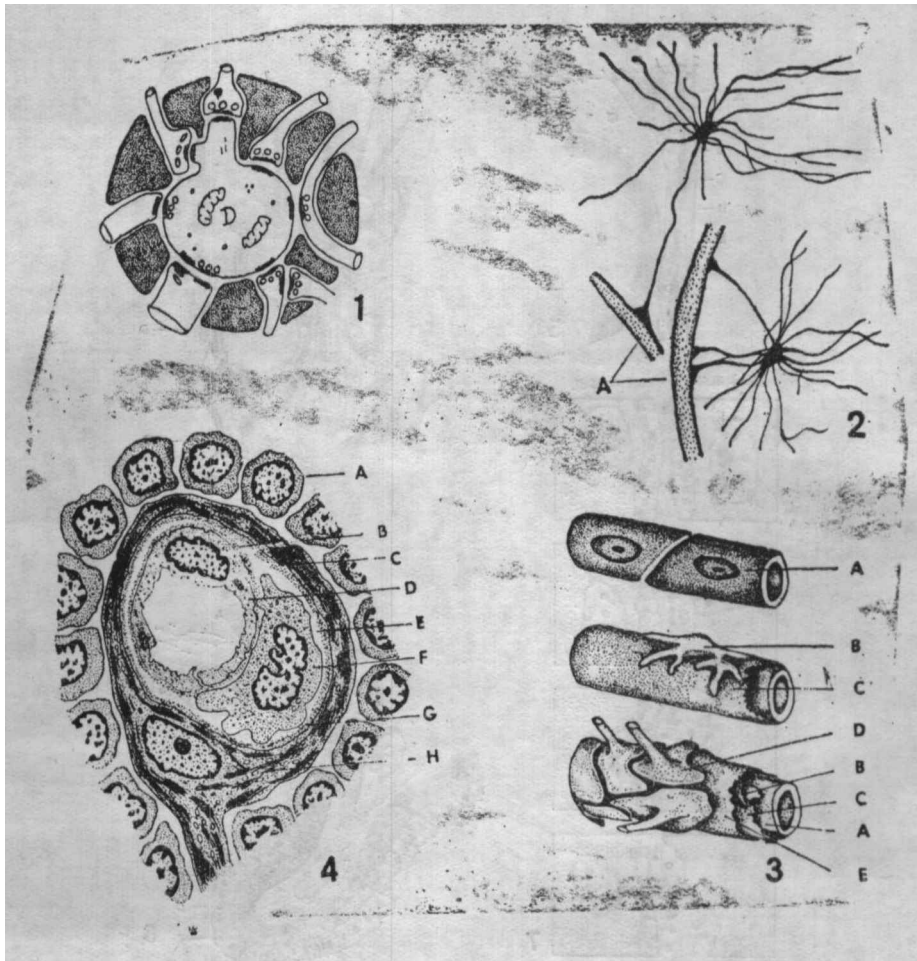
Tong Shufa

(Department of Veterinary Medicine)

ABSTRACT

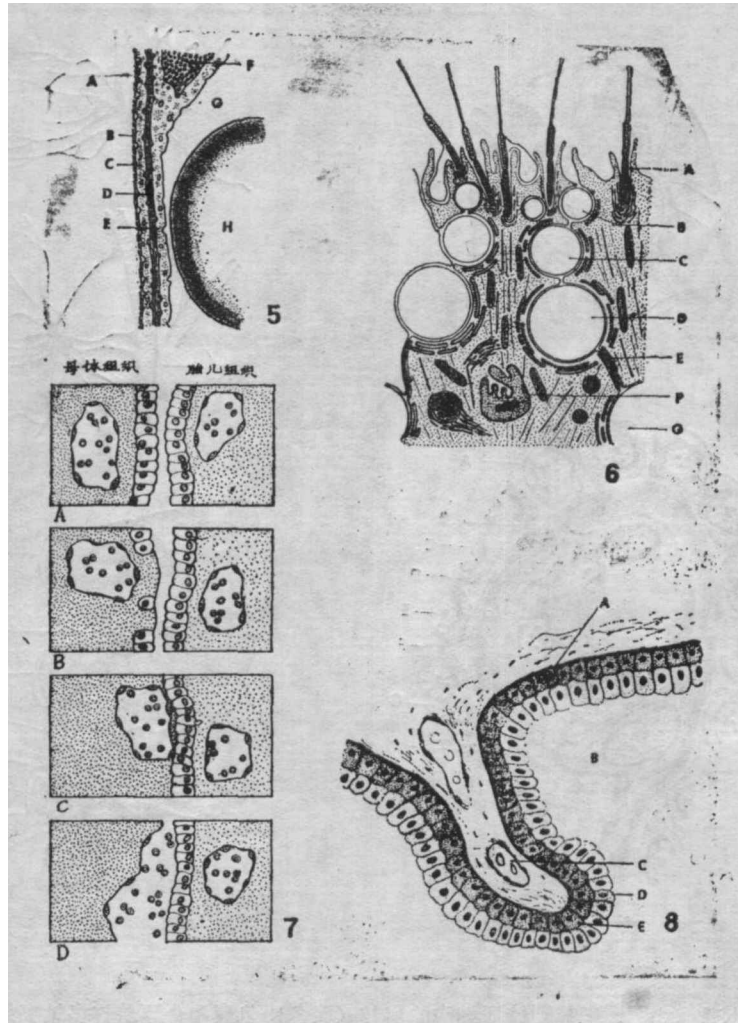
The significance of barriers lies not only in their being protective structures, but also in their importance in maintaining constant micro-environments for organs in the which barriers are located. This article describes the structure and main functions of 12 kinds of barriers in the animal body.

Key words: Barrier, Structure.



图版

- 1 突触小球模式图。示星形胶质细胞的突起（深色）包裹和分隔着许多轴突终末，中央为树突干（D）。
- 2 星形胶质细胞与毛细血管的关系。A. 毛细血管。
- 3 星形胶质细胞脚板与毛细血管基膜。A. 毛细血管内皮细胞，B. 周细胞，C. 内层基膜，D. 星形胶质细胞脚板，E. 外层基膜。
- 4 血胸腺屏障示意图。A. 胸腺细胞，B. 内皮基膜，C. 桥粒，D. 内皮细胞，E. 血管周隙，F. 巨噬细胞，G. 上皮基膜，H. 上皮网状细胞。



图版

- 5 血气屏障示意图。A. 肺泡腔, B. 表面活性物质, C. I型细胞, D. 融合基膜, E. 内皮细胞, F. 内皮细胞核, G. 毛细血管腔, H. 红细胞。
- 6 血睾屏障示意图。A. 精子, B. 精子细胞, C. 次级精母细胞, D. 初级母精细胞, E. 紧密连接, F. 支持细胞的胞核, G. 精原细胞。
- 7 示四种类型胎盘的结构。A. 上皮绒毛膜胎盘, B. 结缔组织绒毛膜胎盘, C. 内皮绒毛膜胎盘, D. 血绒毛膜胎盘。
- 8 血水屏障示意图: A. 基膜, B. 眼后房, C. 毛细血管, D. 非色素上皮细胞, E. 色素上皮细胞。