

人体成体干细胞的分类及其干细胞巢的分布

张明娟¹, 张建新^{2*}

¹南京中医药大学, 江苏 南京, 中国

²江苏润华冷冻食品有限公司, 江苏 兴化, 中国

Email: *azjxa@163.com

收稿日期: 2020年8月24日; 发布日期: 2020年8月27日

摘要

《黄帝内经》是中医学的奠基之作, 指出经络是决死生、处百病的“灵枢”, 意思为灵验的、灵妙的中枢系统。作者认为中医药物归经学说表明, 中草药标本兼治中的“本源”和“干细胞”存在对应关系。经络是各种干细胞活动交流协同进化的巨系统, 主要表现为干细胞巢的出现以及不同种类干细胞巢的有序分布。存在两条干细胞分化链 $C_1^1 \rightarrow C_{32}^1 \rightarrow C_{64}^1 \rightarrow C_{448}^1 \rightarrow C_{448n}^1$ 和 $C_7^1 \rightarrow C_{4m}^1 \rightarrow C_{448}^1 \rightarrow C_{448n}^1 (2 \leq n \leq 7)$, 分别对应于中医理论中的先天之本和后天之本。在上述认识基础上, 本文对成体干细胞的分类作出第四次较大的修改, 对奇经八脉的成体干细胞巢组成及其主要功能特征作出了新的诠释, 回答了一些奇经八脉病候产生的原因, 例如阴维脉的主要病候是心痛和抑郁。本文还给出了一些实验设想, 例如循行分布于脊柱内侧的督脉第二支, 主要是由卫星胶质细胞的成体干细胞巢构成, 希望能够引起同行的研究兴趣, 共同促进中医经络学说尽快地融入现代科学体系。

关键词

成体干细胞, 干细胞巢, 腧穴, 经络系统, 进化, 多能干细胞, 干细胞巢模型, 大脑, 奇经八脉

Classification of Human Adult Stem Cells and Distribution of Stem Cell Nests

Mingjuan Zhang¹, Jianxin Zhang^{2*}

¹Nanjing University of Chinese Medicine, Nanjing, Jiangsu Province, China

²Jiangsu Runhua Frozen Food Co., Ltd., Xinghua, Jiangsu Province, China

Email: *azjxa@163.com

Received: Aug. 24th, 2020, published: Aug. 27th, 2020

*通讯作者。

Abstract

The Yellow Emperor's Classic of Medicine (Huangdi Neijing), is the foundation work of traditional Chinese medicine. It points out that meridians are the "miraculous pivot" to determine life and death and can be used to deal with all kinds of diseases. According to Chinese herbal medicine theory, there is a corresponding relationship between "root cause" and "stem cells" in the Chinese herbal medicine treatment of both symptoms and root causes of a disease. Meridians are a giant system for the exchange and coevolution of various stem cells, which are mainly manifested as the emergence of stem cell nests and the orderly distribution of different types of stem cell nests. There are two stem cell differentiation chains, $C_1^1 \rightarrow C_{32}^1 \rightarrow C_{64}^1 \rightarrow C_{448}^1 \rightarrow C_{448n}^1$ and $C_7^1 \rightarrow C_{4m}^1 \rightarrow C_{448}^1 \rightarrow C_{448n}^1$ ($2 \leq n \leq 7$), which correspond to innate and acquired basis in traditional Chinese medicine theory, respectively. Based on the above understanding, we made the fourth major revision to the classification of adult stem cells, made a new interpretation regarding the compositions of adult stem cell nests in eight extra meridians and their functional characteristics, and answered some causes of the eight abnormal extra meridians, such as heartache and depression, which are the main symptoms of Yinwei meridian. This paper also gives some experimental ideas, for example, the second branch of the Du meridian, which is distributed along the medial side of the spine, is mainly composed of adult stem cell nests of satellite glial cells, hoping to arouse the research interest of peers and jointly promote the integration of traditional Chinese medicine meridian theory into modern scientific system as soon as possible.

Keywords

Adult Stem Cells, Stem Cell Nest, Acupoints, Meridian System, Evolution, Pluripotent Stem Cells, Stem Cell Nest Model, Brain, Eight Extra Meridians

1. 引言

干细胞研究是现代科学研究的热点与前沿, 干细胞的诱导分化是干细胞鉴定的主要方法, 也是干细胞功能学研究的主要途径。经络学说是中医基础理论的核心之一, 随着中医学和中药学入选中国“双一流”建设学科名单, 干细胞与经络的关系得到越来越多的研究者关注。通过探索针灸、中药与干细胞诱导分化的关系[1] [2] [3], 有可能揭示中医理论与干细胞的实质关系, 正在成为越来越多的研究者共识。

二十多年来, 作者通过不断修改完善本文表 1 的方式, 表达和传播“不同种类干细胞巢的有序分布构成中医经络系统”的学术观点, 渐渐得到一些国内同行的关注和引用[4], 也得到一些国外同行的积极反馈。

2020 年 5 月, 作者认识到成体干细胞巢模型中的特例(干细胞巢等级链的末端)同样具有基础性意义, 由此引发对 2016 年 12 月发表的表 1 作出比较大的修改[5] [6], 希望更多的学者参与研究和验证, 进一步地发展完善表 1 和表 2。

2. 资料和方法

收集相关细胞组织的结构功能特征以及与其他种类细胞组织相互作用的文献资料, 在生物进化论和经络学说等理论指导下, 应用中医的取类比象等思维方法, 进行逻辑分析, 探讨确定其在表 1 中的位置。

收集奇经八脉在人体中的循行分布及其生理功能的古今文献资料, 特别是其中关于病征和病候的描述, 分析奇经八脉与十二经脉、十二经别等会合连接关系对一些主要病候的影响, 结合现代解剖学和胚胎发育学上取得的相关认识, 在经络板块理论假说的指导下[6], 探讨确定奇经八脉的成体干细胞巢组成及其主要功能特征。

3. 结果

3.1. 不同种类干细胞巢的有序分布构成中医经络系统

著名经络学家祝总骧使用尖头小橡皮锤和医用听诊器，沿古典经脉线进行垂直叩击，叩击力量均匀。每当小锤叩击到经脉线上时，就会听到一个音量加大、声调高亢洪亮，如叩击在空洞地方的那种“空空”的声音——经络的高振动声[7]。古人将构成经脉、络脉的基本结构单位称为腧穴，正是表明其内部结构是“中空”的。

作者认为，干细胞巢就是腧穴，《黄帝内经》等中阐述的重要穴位，一般是由众多的、不同种类的(C_{448n}^1)成体干细胞巢依一定规律排列组合形成的腧穴群落，这些重要穴位中一般存在(C_{32}^1 、 C_{64}^1 和 C_{448}^1)多能干细胞巢。人体成体干细胞有 $7 \times 4 \times 2 \times 8 \times 7$ 种即 3136 种：第一个 7 为 7 个层次，4 为 4 大基本组织，2 为左右两侧对称，8 为 8 类细胞，最后一个 7 为存在先后进化产生顺序的 7 个进化等级($2 \leq n \leq 7$ ，人类的 $n = 7$)，见表 1。

Table 1. Classification of meridians, collaterals and adult stem cell nests in *The Yellow Emperor's Classic of Medicine*

表 1. 《黄帝内经》中的经脉、络脉和人体成体干细胞巢的分类

细胞组织隶属的层次	第一层次	第二层次	第三层次	第四层次	第五层次	第六层次	第七层次
	巨核细胞	嗜酸性粒细胞	中性粒细胞	单核吞噬细胞	嗜碱性粒细胞	肥大细胞	红细胞冲脉
	自然杀伤细胞	T 淋巴细胞	B 淋巴细胞	淋巴样树突状细胞	滤泡树突状细胞	朗格罕树突状细胞	杀伤细胞
	手厥阴心包经	足少阴肾经	手少阴心经	足太阴脾经	手太阴肺经	足厥阴肝经	其腧穴群寄居于前六个层次中
结缔组织	两大类血细胞的腧穴群：红细胞等为第八类细胞，自然杀伤细胞等为第七类细胞。 冲脉：主要是第七层次红细胞的腧穴群。 手足三阴经脉：是疏松结缔组织中纤维细胞的腧穴群，此纤维细胞为第六类细胞。 十二经筋：是致密结缔组织中纤维细胞的腧穴群，此纤维细胞为第五类细胞。 网状细胞的腧穴群：网状结缔组织中的网状细胞为第四类细胞。 阴维脉：主要是第七层次网状细胞的腧穴群。 脂肪细胞的腧穴群：脂肪细胞为第三类细胞。 带脉：主要是第七层次脂肪细胞的腧穴群。 软骨细胞和骨细胞的腧穴群：软骨细胞为第二类细胞，骨细胞为第一类细胞。 阳维脉：主要是第七层次骨细胞的腧穴群。						
	手少阳三焦经	足太阳膀胱经	手太阳小肠经	足阳明胃经	手阳明大肠经	足少阳胆经	其腧穴群寄居于前六个层次中
肌肉组织	第八类细胞的腧穴群，根据其所属脏腑划分为七个层次，与手足三阴经脉一一对应，肾、肝、肺、脾和心等中的非血管性平滑肌和心肌为第八类细胞。 阴跷脉：主要是第七层次第八类细胞的腧穴群。 第七类细胞的腧穴群，同样划分为七个层次，与手足三阳经脉一一对应(下同)，胃、小肠、大肠、膀胱等肌层、粘膜肌层内的平滑肌为第七类细胞。 阳跷脉：主要是第七层次第七类细胞的腧穴群。 手足三阳经脉：是第六类细胞的腧穴群，大动脉、大静脉血管内的平滑肌细胞为第六类细胞。 十五络脉：是第五类细胞的腧穴群，中动脉、中静脉血管内的平滑肌细胞为第五类细胞。 孙络：是第四类细胞和第三类细胞的腧穴群，小动脉、小静脉中的平滑肌细胞为第四类细胞，微动脉、微静脉中的平滑肌细胞为第三类细胞。 十二正经别出的部分正经：是骨骼肌细胞的腧穴群，骨骼肌细胞分为两大类，红肌纤维为第二类细胞，白肌纤维为第一类细胞。						

Continued

	大脑的古脑皮和旧脑皮	间脑	中脑	小脑	延脑	脊髓	周围神经系统·督脉
	大脑的岛叶	大脑的额叶	大脑的顶叶	小脑新脑皮	大脑的枕叶	大脑的颞叶	
神经组织	<p>中枢神经系统中，存在七个层次神经细胞的髓穴群。前六个层次中八类神经细胞的划分是完全一致的：第八类为小神经胶质细胞，第七类为星形神经胶质细胞和室管膜细胞，第六类为少突神经胶质细胞，第一类至第五类为联络神经元。</p> <p>周围神经系统的髓穴群主要寄居在前六个层次中。第七层次的八类神经细胞：第八类为小神经胶质细胞，第七类为卫星胶质细胞，第六类为施万细胞，第五类为内脏感觉神经元，第四类为副交感神经元，第三类为交感神经元，第二类为躯体感觉神经元，第一类为躯体运动神经元。</p> <p>督脉：主要是第七层次卫星胶质细胞的髓穴群。</p> <p>哺乳动物的神经系统是双重的：小脑和大脑的新脑皮包含第一至第六、第七等级的八类神经细胞，为高级中枢；脊髓与大脑的旧脑皮等包含第一至第五等级的八类神经细胞，成为低级中枢。</p>						
上皮组织	松果体细胞	腺垂体·生长激素细胞	肾上腺皮质	胸腺	甲状腺	腺垂体·促肾上腺皮质激素细胞	腺垂体·促甲状腺激素细胞
	睾丸间质细胞黄体细胞	腺垂体·催乳素细胞	肾上腺髓质	胰岛	甲状旁腺	腺垂体·促黑素激素细胞	腺垂体·促性腺激素细胞·任脉
	腮腺 腭腺	舌下腺 舌腺	颌下腺 颊腺	胃消化腺 唇腺	胰外分泌部	肝细胞	小肠和大肠的消化腺
	侧脑室脉络丛	第三脑室脉络丛	第四脑室脉络丛	脊髓的蛛网膜下腔	前庭导水管的间充质上皮	泪腺 副泪腺	前列腺 基恩氏腺
上皮组织	松果眼的视网膜色素细胞	听觉毛细胞	嗅觉上皮	位觉毛细胞	味觉上皮	眼睛的视网膜色素细胞	与触觉等相关的感觉上皮
	单层扁平上皮·间皮	复层上皮·变移上皮	单层立方上皮	单层柱状上皮	假复层上皮·纤毛柱状上皮	单层扁平上皮·其他	单层扁平上皮·内皮
	<p>两大类内分泌细胞的髓穴群：肾上腺皮质和胸腺等中的内分泌细胞为第八类细胞，肾上腺髓质和胰岛等中的内分泌细胞为第七类细胞。</p> <p>任脉：主要是第七层次促性腺激素细胞的髓穴群。</p> <p>两大类外分泌细胞的髓穴群：消化腺细胞如肝细胞等为第六类细胞；脊髓的蛛网膜下腔产生脑脊液的腺细胞等为第五类细胞[8]，相关的细胞组织中，精囊腺隶属于第四层次，尿道球腺和前庭大腺隶属于第五层次，泪腺和尿道旁腺隶属于第六层次，前列腺等隶属于第七层次。</p> <p>十二皮部：为复层上皮的髓穴群，其中毛囊干细胞巢隶属于第七层次，皮肤的表皮细胞等为第四类细胞。</p> <p>十二经水：为第三类细胞的髓穴群，其中色素细胞隶属于第七层次，皮脂腺、汗腺等皮肤腺细胞和色素细胞为第三类细胞。</p> <p>浮络：为感觉上皮细胞和单层上皮细胞等的髓穴群。</p> <p>感觉上皮为第二类细胞，单层上皮细胞等为第一类细胞。</p>						

表格 1 的说明：① 作者注意到脊椎动物的神经系统自然划分为七个组成部分，注意到松果体、腺垂体、胸腺、肾上腺和甲状腺等内分泌器官呈现出相同的独立性特征，继而认识到经络系统中的十二经脉、十二经筋、十二皮部、十二经水和十二经别等同样划分为六个组成部分。类比于元素周期表的发现，作者主要依据十二经脉气血子午流注规律给出表格 1 的基本框架，二十多年来，一直努力为每一种成体干

细胞及其干细胞巢寻找到正确的位置。

② 从海绵动物到腔肠动物的演变进化,表明结缔组织细胞是率先分化产生的,存在结缔组织→肌肉组织→神经组织→上皮组织的先后进化产生顺序[6]。表格 1 中,脊椎动物结缔组织清晰地划分为 8 类细胞,其次为上皮组织,也不难推断周围神经系统存在 8 类神经细胞。必须注意,上述四大基本组织八类细胞的划分中,都是第八类细胞(功能)率先进化,并且日趋复杂和完善的,第一类细胞(功能)随后进化,并且日趋复杂和完善的。

③ 脊椎动物的多能干细胞 C_{448}^1 分化产生第一等级、第二等级乃至第 n 等级成体干细胞 C_{448n}^1 ($2 \leq n \leq 7$), 鱼类拥有两个等级(第一和第二等级, $n=2$), 两栖类拥有三个等级(第一、第二和第三等级, $n=3$), 爬行类拥有四个等级, 鸟类拥有五个等级, 哺乳类的有袋类等拥有六个等级, 哺乳类的真兽亚纲如灵长类拥有全部的七个等级; 成体干细胞 C_{448n}^1 有着严格的先后等级之分, 使得生物从简单到复杂、从低等级到高等级发展变化的达尔文进化论思想不仅是定性描述, 也是符合可操作性原则的定量描述[6]。

④ 周围神经系统中, 施万细胞包裹和保护内脏感觉神经元、副交感神经元和交感神经元等。同理, 中枢神经系统中, 三类神经胶质细胞一般也只能营养、包裹和保护处于同一层次相同等级的联络神经元, 决定了中枢神经系统自然划分为五部脑和脊髓共六个组成部分。

⑤ 第一条干细胞分化链 $C_1^1 \rightarrow C_{32}^1 \rightarrow C_{64}^1 \rightarrow C_{448}^1 \rightarrow C_{448n}^1$ ($2 \leq n \leq 7$) 表明, 4 大基本组织均划分为 7 个层次, 三种多能干细胞 C_{32}^1 、 C_{64}^1 和 C_{448}^1 中, 7 个层次是最后彼此分离的。第一条干细胞分化链决定了脊椎动物胚胎发育存在一个统一的种系特征性发育阶段, 后者反映了胚胎中经络系统的演变进化, 比其所处的组织器官结构形态的演化具有更加明显的保守性, 与祖先胚胎相对比相同相似度更高, 唯有如此, 个体胚胎发育才能进行快速的重演[5]。

⑥ 第二条干细胞分化链 $C_7^1 \rightarrow C_{4m}^1 \rightarrow C_{448}^1 \rightarrow C_{448n}^1$ ($2 \leq n \leq 7$) 表明, 7 个层次均划分为 4 大基本组织, 反映了脊椎动物经络系统中七种 EG 胚胎干细胞的分化规律。哺乳类的第二条干细胞分化链为 $C_7^1 \rightarrow C_{448}^1 \rightarrow C_{448n}^1$ ($6 \leq n \leq 7$), $C_7^1 \rightarrow C_{224}^1 \rightarrow C_{448}^1 \rightarrow C_{448n}^1$ ($4 \leq n \leq 5$) 为爬行类和鸟类的第二条干细胞分化链, $C_7^1 \rightarrow C_{112}^1 \rightarrow C_{448}^1 \rightarrow C_{448n}^1$ ($2 \leq n \leq 3$) 为鱼类和两栖类的第二条干细胞分化链[9]。

作者认为, 胚胎干细胞的诱导分化即是以上两条干细胞分化链为基础展开的, 例如由 EG 胚胎干细胞不可能直接诱导分化产生 C_{32}^1 (例如左右两侧对称的两种造血干细胞), 若一种 EG 胚胎干细胞诱导分化产生红细胞, 就不能直接诱导分化产生巨核细胞, 必须先实现胚胎干细胞类型的转变即 $C_1^1 \rightarrow C_7^1 \rightarrow C_{32}^1$ 。

自原腔动物开始, 生殖腺内分化产生七种 EG 胚胎干细胞, 精原细胞和卵原细胞都直接来源于七种 EG 胚胎干细胞的增殖分化[6]。单细胞真核生物四膜虫存在七种性别[10], 若将四膜虫中负责繁殖的细胞核与 ES 胚胎干细胞功能行为相对应, 则其常规的细胞核就与 EG 胚胎干细胞功能行为相对应, 但后者尚未具有繁殖功能, 这是一个比较独特的科学证据。

⑦ 表格 1 第一行中, 嗜酸性粒细胞、中性粒细胞、单核吞噬细胞和嗜碱性粒细胞四者的排序很早就被确定下来, 作者发现存在从嗜酸性细胞到嗜碱性细胞的排列特征, 与七个层次的消化腺细胞分泌产生的消化液酸碱特征变化一致, 后来得到更多的佐证, 于是认为这不是偶然的发现。此次修改中, 将红细胞与巨核细胞对换位置, 首先根据网织红细胞等的嗜碱性特征, 其次是原始多细胞生物在水环境下每个细胞都能呼吸到氧气, 能够高效阻止有机物质外溢的血小板功能应该率先进化产生。必须注意, 与前述 8 类细胞的命名规则不同, 第一层次至第七层次是根据先后进化产生顺序排列的。

⑧ 从先天性进化产生顺序来看, 细胞结构功能差异越大, 彼此间隔距离一般越大, 而细胞结构功能

相近者一般紧邻，例如中性粒细胞和单核吞噬细胞共同构成单核吞噬细胞系统。从后天性功能运行顺序来看，一些间隔距离较远者因为相互配合而出现趋同进化现象，例如红细胞与巨核细胞的祖细胞(成体干细胞)就具有相同相似的结构形态。

十二经脉气血子午流注规律揭示了有机体中一些第一层次和第六层次的细胞组织是首尾衔接的，因此出现明显的趋同进化现象，第一个典型的例子是松果眼和眼睛的出现。作者认为，视杆细胞和视锥细胞在八类神经细胞划分中为第一类细胞，视杆细胞隶属于第六层次脊髓，视锥细胞隶属于第一层次大脑，并且两者和脊神经等周围神经一样只能具有第一至第五共五个进化等级之分，它们的多能干细胞 C_{64}^1 是相同的，多能干细胞 C_{448}^1 是不同的。视杆细胞和视锥细胞之间的趋同进化，在特定状态下能够代偿对方的一些功能[11]。

表格 1 中，松果眼(以及喙头蜥的顶眼)内的视网膜色素细胞隶属于第一层次，眼睛内的视网膜色素细胞隶属于第六层次，因为松果眼和眼睛中的视杆细胞(第六层次)和视锥细胞(第一层次)是完全相同的，所以视网膜色素细胞才是不同视觉器官产生的核心组织者。松果眼在物种进化史上不断地进化，逐渐演变成成为高等动物睡眠中梦景的主要观察者。

第二个典型的例子是室管膜细胞，衬在脑室系统及脊髓中央管的壁上，与产生脑脊液的腺细胞(上皮组织第五类细胞)共同形成脉络丛，又称室管膜上皮细胞。作者认为，在八类神经细胞划分中，室管膜细胞与星形神经胶质细胞隶属于第七类细胞，同样是同一种细胞在不同生存环境下表现出的不同结构功能形态，所以室管膜细胞很容易诱导分化为星形神经胶质细胞[12]。与五部脑和脊髓的划分相对应，不同区域的室管膜细胞隶属于不同的层次，例如脊髓中央管的室管膜细胞隶属于第六层次，这和脉络丛中上皮组织第五类细胞的层次划分是不同的，可能是室管膜细胞在神经上皮发育中最先停止进一步分化的原因。

⑨ 淋巴细胞是一类具有免疫识别功能的细胞系，按其发生迁移、表面分子和功能的不同，划分为自然杀伤细胞、T 淋巴细胞和 B 淋巴细胞。树突状细胞(Dendritic cells, DC)是机体功能最强的专职抗原递呈细胞(Antigen presenting cells, APC)，它能高效地摄取、加工处理和递呈抗原，未成熟 DC 具有较强的迁移能力，成熟 DC 能有效激活初始 T 淋巴细胞，处于启动、调控、并维持免疫应答的中心环节。

从逻辑学和进化论角度来看，专职抗原递呈细胞应该是后出现的，同理，T 淋巴细胞介导的细胞免疫必然先于 B 淋巴细胞介导的体液免疫；自然杀伤细胞和杀伤细胞首尾呼应；根据淋巴样树突状细胞主要分布在淋巴结和脾内，确定其与足太阳脾经一样隶属于第四层次；朗格罕细胞主要分布于表皮和胃肠上皮，依据肝脏对皮肤功能色素质的影响，判断朗格罕细胞与肝细胞一样隶属于第六层次。

⑩ 人体口腔内有大、小两种唾液腺，可以与神经系统的高级中枢和低级中枢相类比。根据手少阳三焦经(病变表现之一为腮肿)、足少阴肾经和手少阴心经(手太阳小肠经的病变表现之一为下颌肿)循行分布于三对大唾液腺所在的区域情况，确定后者的腺细胞分别隶属于第一层次、第二层次和第三层次，这和解剖学中消化系统的上下排列顺序一致；根据足阳明胃经环绕口唇，确定唇腺的腺细胞隶属于第四层次。

侧线是鱼类和水生两栖类所特有的感觉器官，有感觉水流机能及辨别和定位障碍物的机能——位觉，还具有听觉和触觉的功能，即侧线器官内的感觉上皮至少划分为三类，暗示了侧线器官内可能存在数量可观的、感觉上皮的多能干细胞 C_{64}^1 及其干细胞巢，除 C_{32}^1 造血干细胞分化研究外，非常有利于实验验证干细胞分化链 $C_{64}^1 \rightarrow C_{448}^1 \rightarrow C_{448n}^1$ ($2 \leq n \leq 7$ ，鱼类的 $n = 2$ ，两栖类的 $n = 3$)。

Table 2. Distribution of twelve regular meridians in human body and origin and evolution of limb bones
表 2. 人体十二经脉的循行分布与四肢骨的起源进化

骨骼	经脉	经脉的层次	说明
桡骨	手太阴肺经和手阳明大肠经	第五层次	表格 1 中，如同周围神经系统、色素细胞等遍布于有机体全身一样，第七层次的软骨细胞、骨细胞参与了几乎所有骨骼的形成产生。根据人体十二经脉的循行分布情况和骨骼之间的协同进化关系，可以推断桡骨、尺骨、腕骨、掌骨和指骨等是由六个层次中哪几个层次的软骨细胞、骨细胞共同参与构建的。 在物种进化史上，两栖类动物开始出现四肢骨骼，所对应的经络板块克隆差异度较小[6]，蝾螈等因此具有特别明显的再生能力，一些动物(如蛙和蟾蜍等)的腓骨与其内侧的胫骨愈合成胫腓骨。 爬行类动物大多具有典型的五趾型四肢；鸟类的四肢分化明显，鸟类的足大多为四趾，那个退化消失的一趾对应于其爬行类动物祖先的足大趾。 人类的足大趾与手大拇指存在较大的差异：人类的足大趾和腓骨一样，主要是由第四、第六和第七共三个层次的软骨细胞、骨细胞一起参与形成的，手大拇指主要是由第五和第七共两个层次的软骨细胞、骨细胞一起参与形成的。
	手厥阴心包经和手少阳三焦经	第一层次	
尺骨	手少阴心经和手太阳小肠经	第三层次	
	足厥阴肝经和足少阳胆经	第六层次	
腓骨	足太阴脾经和足阳明胃经	第四层次	
	足厥阴肝经和足少阳胆经	第六层次	
胫骨	足少阴肾经和足太阳膀胱经	第二层次	
	手太阴肺经·止于少商穴	第五层次	
手大拇指	手阳明大肠经·起始于商阳穴		
手食指	手厥阴心包经·止于中冲穴	第一层次	
手中指	手厥阴心包经·止于关冲穴		
手无名指	手少阳三焦经·起始于关冲穴	第三层次	
	手小指		手少阴心经·止于少冲穴
足大趾	手太阳小肠经·起始于少泽穴	第六层次	
	足厥阴肝经·起于大敦穴		
足二趾	足少阳胆经·分布于爪甲后丛毛处	第四层次	
	足太阴脾经·起于隐白穴		
足中趾	足阳明胃经·止于隐白穴	第六层次	
	足阳明胃经·止于厉兑穴		
足无名趾	足阳明胃经·止于中趾外侧端	第二层次	
	足少阴肾经·起于小趾之下		
足小趾	足太阳膀胱经·止于至阴穴		

3.2. 成体干细胞的分类及其干细胞巢模型

干细胞巢指干细胞赖以长期生存的微环境，不同的干细胞有不同的巢结构，后者是一个个复杂开放的微系统。这里不讨论干细胞巢中非常容易发生变化的粘附分子、细胞因子和胞外基质等，也不讨论那些个体性的、只能短期存在的、复杂多变的细胞组合，只讨论那些群体性的、能够长期存在的、简单不变的细胞组合，作者认为高度保守的胚胎发育过程表明后者是客观存在的(生物重演律)，在文献[9]中提出成体干细胞巢模型(6 + 3 + 1)及其简化模型(3 + 1)，在文献[6]中提出经络系统形成和演化的板块构造说。

$$C_1^1 \rightarrow C_7^1 \rightarrow C_{4m}^1 \rightarrow C_{448}^1 \rightarrow C_{448n}^1 \text{ 和 } C_7^1 \rightarrow C_{4m}^1 \rightarrow C_{448}^1 \rightarrow C_{448n}^1 (2 \leq n \leq 7)$$

两条干细胞分化链决定了 C_{448n}^1 成

体干细胞巢的主要细胞成分(6+3+1),后者反过来又决定了 C_{448}^1 、 C_{64}^1 和 C_{32}^1 多能干细胞巢的主要细胞成分。成体干细胞巢模型(6+3+1)及其简化模型(3+1),强调了谁才是干细胞巢的真正主人,后者在巢中能够长期稳定地维持更新和分化。

细胞分化一般归结为基因的差异转录和转录产物的差异表达,这里简要地说明如下[5]:全能细胞 C_1^1 中,全体管家基因都能得到有效及时的表达调控;一些管家基因(G蛋白偶联受体等)划分为七类,EG 胚胎干细胞 C_7^1 中只有一类能够得到有效及时的表达调控,其他六类虽然也能得到表达,但不能自主调控与之对应的 miRNA 基因等的功能活动。成体干细胞隶属于七种 EG 胚胎干细胞中的一种,隶属于七个层次之一,只有来自于其他六个层次的定向干细胞 C_3^1 或者成体干细胞 C_3^3 等参与构建其干细胞巢,才能通过外遗传方式使其暂时性获得上述六类管家基因表达调控上的全能性。

同理,成体干细胞隶属于四大基本组织之一,只有来自于其他三大基本组织的定向干细胞或者成体干细胞等参与构建其干细胞巢,才能通过外遗传方式使其暂时性获得相应管家基因组(一分为四,包括蛋白质合成系统等)表达调控上的全能性;成体干细胞隶属于左右两侧之一,只有来自于另一侧的定向干细胞或者成体干细胞等参与构建其干细胞巢,才能通过外遗传方式使其暂时性获得相应管家基因组表达调控上的全能性。成体干细胞在其巢中才能长期稳定地维持更新和分化,可以理解为其相对于自身而言获得了细胞全能性[13]。

脊椎动物的多能干细胞 C_{448}^1 分化产生第一等级、第二等级乃至第 n 等级成体干细胞 C_{448n}^1 ($2 \leq n \leq 7$), C_{448}^1 多能干细胞巢及其 C_{448n}^1 成体干细胞巢在有机体中彼此离散地串珠式分布, C_{448n}^1 成体干细胞巢从低等级到高等级依序排列组合形成干细胞巢等级链。

一条干细胞巢等级链中,不同进化等级的成体干细胞巢模型(6+3+1)是完全相同的,则称之为板块,是经脉、络脉的高级组成单位[6][9]。作者借用地质学中的板块概念,同样强调的是板块内部是基本稳定不变的,必须视为一个不可分割的整体。生物重演律决定了多能干细胞 C_{448}^1 、成体干细胞 C_{448n}^1 的干细胞巢模型(6+3+1)中的成体干细胞及其定向干细胞只能都隶属于相同等级即第 X 等级 ($1 \leq X \leq n$),这是组合数最少的、最简洁的情形;干细胞巢限定了多能干细胞 C_{448}^1 分化产生的最高等级成体干细胞 C_{448n}^1 为第 X 等级[9];一种多能干细胞 C_{448}^1 在有机体中至少能产生 n ($2 \leq n \leq 7$) 个板块——第一板块(1-1)、第二板块(1-2)至第 n 板块(1- n),一般是 n 个板块各自有数量不等的不同版本存在于经络系统中[6]。

经络的板块构造说认为,源于同一种多能干细胞 C_{448}^1 的、相邻进化等级的成体干细胞 C_{448n}^1 分化产生的各级分化细胞,往往同样是依进化等级顺序团聚在一起,共同构成有机体中的一些细胞组织,例如高度特化的神经组织和骨骼,神经组织中的细胞群不能改变特定的排列组合分布状态,骨骼中的骨细胞群直接就是固定不变的。

倘若第 X 等级干细胞巢模型(6+3+1)限定了多能干细胞 C_{448}^1 分化产生的成体干细胞 C_{448n}^1 只能是第 X 等级——约定表示为 $X \cdot X$,对第一板块 1-1 显然是适用的,这意味着不同进化等级的成体干细胞 C_{448n}^1 独立平等地拥有一种干细胞巢模型,第一等级成体干细胞 C_{448n}^1 不再拥有 n 种不同的干细胞巢模型, C_{448}^1 多能干细胞也没有自身特有的干细胞巢,主要寄居于其分化产生的 C_{448n}^1 成体干细胞巢中。干细胞巢等级链 $1 \cdot 1, 1 \cdot 1 \cdots 2 \cdot 2, 2 \cdot 2, \cdots n \cdot n \cdots n \cdot n$ 是由若干个松散的小板块 $X \cdot X$ 组合形成一个比较大的板块,以下约定用 $1 \cdot 1 - n \cdot n$ 表示,同样有第一板块 $1 \cdot 1 - 1 \cdot 1$ 、第二板块 $1 \cdot 1 - 2 \cdot 2$ 乃至第 n 板块 $1 \cdot 1 - n \cdot n$,诸板块之间严格从低等级到高等级排列,同样严格遵循经络板块说[6]。

小板块 $X \cdot X$ 是由若干个相同相似的成体干细胞巢构成,彼此互为平等关系,相互之间的关联是松散的,极易发生增减现象,乃至允许出现外来的第 X 等级成体干细胞 C_{448n}^1 巢(同样为 $X \cdot X$)暂时性插入现象,这就使得相关经脉和络脉的功能变得复杂多样。

表格 1 中, 髓系细胞与淋巴系细胞对应的经络板块均为 $1 \cdot 1 - n \cdot n$, 两类纤维细胞对应的经络板块均为 $1 - n$ 。根据成体干细胞分化产生的各级分化细胞是否像血细胞、脂肪细胞一样具有流动性特征, 将成体干细胞划分为 A 和 B 两类, A 类对应的经络板块为 $1 - n$, B 类对应的经络板块为 $1 \cdot 1 - n \cdot n$ 。

作者认为, 表格 1 中, 第七层次所有种类的成体干细胞均为 B 类; 上皮组织中, 所有种类的成体干细胞均为 B 类; 神经组织中, 只有第一层次大脑的第三等级细胞为 B 类, 其他的均为 A 类; 结缔组织和肌肉组织中, 第六类细胞和第五类细胞以及第二类细胞和第一类细胞为 A 类, 第八类细胞和第七类细胞以及第四类细胞和第三类细胞为 B 类。

3.3. 大脑、前列腺和皮肤腺的进化

哺乳类大脑海马体(hippocampus)具有长期记忆与学习功能, 作者应用取类比象的思维方法, 学习记忆和复制再生是可以类比的, 推断第一层次大脑的第三等级神经细胞为 B 类, 小板块 3·3 是由若干个相同相似的成体干细胞巢构成, 具有特别明显的克隆特征; 两栖类第一层次大脑一分为三, 古脑皮、原脑皮和纹状体中神经细胞的经络板块都划分为第一板块 1-1、第二板块 1-2 和小板块 3·3, 这是动物进化史上的里程碑事件。

自两栖类始, 古脑皮(哺乳类为梨状叶)的经络板块一直划分为第一板块 1-1、第二板块 1-2 和小板块 3·3; 自爬行类始, 原脑皮(哺乳类为海马体)的经络板块一直划分为第一板块 1-1、第二板块 1-2、小板块 3·3 和第四板块 1-4; 爬行类纹状体的经络板块同样划分为第一板块 1-1、第二板块 1-2、小板块 3·3 和第四板块 1-4; 自鸟类始, 纹状体的经络板块一直划分为第一板块 1-1、第二板块 1-2、小板块 3·3、第四板块 1-4 和第五板块 1-5。

1912 年, Lowsley 根据胚胎学相关研究结果提出了人体前列腺是由五叶构成的, 分别称作前叶、中叶、后叶和两侧叶, 其中前叶很小, 位于左右两侧叶和尿道之间, 在临床上一般认为没有重要意义。查看 Franks (1954) 和 McNeal (1968) 等取得的认识进展之后, 作者认为, 胚胎学上的发现更加接近事物的本质, 前列腺前叶内, 腺细胞的经络板块为第四板块 $1 \cdot 1 - 4 \cdot 4$, 中叶的经络板块为第五板块 $1 \cdot 1 - 5 \cdot 5$, 后叶的经络板块为第六板块 $1 \cdot 1 - 6 \cdot 6$, 左右两侧叶的经络板块为第七板块 $1 \cdot 1 - 7 \cdot 7$, 前叶、中叶和后叶同样存在左右两侧, 人体前列腺的五叶和大脑、小脑新皮质中结构功能区呈现出的四色地图相对比[6], 简单直接地显示了四种经络板块的存在。作者认为, 人体前列腺后叶和两侧叶中, 第一至第五等级的小板块 $X \cdot X$ 和前叶、中叶内的相应板块差异度很小, 因此后叶和两侧叶极易发生增生乃至癌变, 如同中医指出的心包代替心脏承受病邪侵袭一样, 这与临床观察到的事实相符。

皮肤腺的进化: 鱼类的粘液细胞划分为第一等级和第二等级; 两栖类的粘液细胞划分为第一、第二和第三等级, 皮酯腺细胞(如蟾蜍的毒腺)为第三等级, 也就是说, 第三等级成体干细胞可以分化产生粘液细胞或者皮酯腺细胞; 爬行类进化产生第四等级成体干细胞, 鸟类进化产生第五等级成体干细胞, 两者都是分化产生皮酯腺细胞(如鸟类的尾脂腺); 哺乳类进化产生第六和第七等级成体干细胞, 两者都是分化产生大汗腺细胞——特别是乳腺, 后者只分布于身体的特定部位; 哺乳类的第三、第四和第五等级成体干细胞仍然是分化产生皮酯腺细胞; 哺乳类的第一、第二等级成体干细胞分化产生小汗腺细胞, 分泌黏蛋白(mucoprotein)表明小汗腺细胞是由粘液细胞演变进化而来。

3.4. 奇经八脉

奇经八脉与脏腑没有相互络属关系, 奇经八脉没有表里配合关系, 其分布也不像十二经脉那样有明显的规律。《难经·二十七难》将奇经八脉比喻为深湖, 将十二经脉比喻为沟渠, 沟渠满溢, 流于深湖,

深刻而明晰地阐述了奇经八脉对十二经脉气血有蓄积、渗灌等调节作用，使得人体气血输布灌流更有效率，五脏六腑等的机能更加旺盛。

表格 1 中，十二经脉、十五络脉等经脉、络脉中的成体干细胞巢，都与特定的细胞组织存在直接的联系，成体干细胞 C_3^3 一般通过分化产生三种定向干细胞 C_3^1 (又称为过渡放大细胞等)，再分化产生各级分化细胞，决定了相应组织中细胞的新陈代谢。

奇经八脉都是由若干个小板块 $X \cdot X$ 构成的，不再简单地络属于特定的细胞组织。海纳百川，有容乃大。奇经八脉是经络系统中的上层建筑，是不同种类成体干细胞相互作用、协同进化的重要场所，流注往来于其中的以成体干细胞、多能干细胞和胚胎干细胞为主。

督脉被称为阳脉之海，对全身阳经的脉气具有督促、统率的作用[14] [15]。作者认为，督脉的主干循行分布于哺乳类特有的胼胝体中，表明督脉主要是由卫星胶质细胞的成体干细胞巢构成的，卫星胶质细胞是周围神经的第七类神经细胞。督脉的主干，循行分布于中枢神经的中心区域如脊髓中央管周围，因为六个层次星形胶质细胞的成体干细胞巢能够插入寄居于其中等，所以督脉的功能具有明显的区域性特征。人们在脊髓中央管周围已经发现了内源性神经干细胞(endogenous neural stem cells)，并且其分化多以星形胶质细胞为主[12]。

《黄帝内经·骨空论》指出，除主干外，督脉还有三个分支。作者认为，督脉第一支与脊神经等相对应，因此大部分循行分布在脊柱之内；督脉第二支与交感神经干相对应，因此大部分循行分布在脊柱两旁；督脉第三支主要与副交感神经干相对应。

神经嵴是脊椎动物胚胎发育中的一种过渡性结构，神经嵴细胞从神经管背壁分离出来，形成一条纵向分布的细胞带，不同脊椎动物神经嵴细胞的发育命运和迁移行为极为相似，但同一胚胎不同部位的神经嵴细胞的迁移、定位和分化有很大差别[16] [17]。一部分神经嵴细胞沿着神经管和体节的间隙向腹方迁移，一些细胞停留在神经管(脊髓)两侧聚集形成脊神经节的原基，另一些迁移到背主动脉两侧形成交感神经节的原基。特别是，神经嵴细胞参与了肾上腺髓部的构建，躯干部的一些神经嵴细胞分散迁移到真皮中分化产生各种色素细胞。

作者认为，胚胎学研究的那条纵向分布的神经嵴细胞带，就是脊索动物祖先身体中的督脉分支，随着物种的进化而自然消失了，一分为三，演变分化为脊椎动物后代身体中的三条督脉分支。必须注意，三条督脉分支是率先进化产生的，神经嵴中，卫星胶质细胞的成体干细胞巢成为空巢，其自然解体过程即表现为神经嵴细胞的有序迁移，后者是在三条督脉分支的严格调控之下进行的，这是生物重演律的必然要求。

督脉第一支的干细胞巢主要是由脊神经及其调控对象的成体干细胞和定向干细胞构建的，督脉第二支的干细胞巢主要是由交感神经及其调控对象的成体干细胞和定向干细胞构建的；督脉第三支的干细胞巢主要是由副交感神经及其调控对象的成体干细胞和定向干细胞构建的。

因为卫星胶质细胞对交感神经元、副交感神经元等有支持、营养和保护等功能，所以可以简单地概括为，监督者和被监督者共同存在于妊养者的干细胞巢中，彼此相互作用和协同进化，从而实现监督者对被监督者的精准调控，等等。

任脉被称为“阴脉之海”，对全身阴经脉气具有总揽、总任的作用[18]。任脉上部腧穴主治心肺胸膈等疾病，中部腧穴主治中焦气机不畅等脾胃疾病，下部腧穴主治下焦虚寒等阳气不振之疾病。根据“任主胞胎”理论以及任脉与督脉的阴阳对应关系等，作者认为，任脉主要是由促性腺激素细胞的成体干细胞巢构成。

《素问·上古天真论》曰：(女子)二七而天癸至，任脉通，太冲脉盛，月事以时下，故有子。作者认为，“天癸至”为因，“任脉通”为果，“天癸至”指的是单层扁平上皮等七个层次的成体干细胞及其定向干细胞在任脉中出现了流注迁移现象(上皮组织第一类细胞按阴阳五行学说归类为壬癸水)，揭示了任脉的一个基本功能特征，即“妊养”单层扁平上皮等七个层次的成体干细胞，与督脉中的情形道理一样，这是任脉主治疝气的原因。

应用中医取类比象的思维方法，作者认为，任脉的分支之所以循行分布于脊柱之内，是由于上皮组织第五类细胞的成体干细胞需要其妊养，然后才能分化产生结构功能形态正常的次级分化细胞，后者能够正常分泌产生脑脊液。作者推测，室管膜细胞之所以率先停止进一步的分化，也是其成体干细胞与任脉分支中成体干细胞巢相互作用的结果。

阴跷脉主要是第七层次肌肉组织第八类细胞的腧穴群，干细胞巢中妊养的主要是七个层次红肌纤维(肌肉组织第二类细胞)的成体干细胞及其定向干细胞，第八类细胞和第二类细胞在属性特征上均为阴。阳跷脉主要是第七层次肌肉组织第七类细胞的腧穴群，干细胞巢中妊养的主要是七个层次白肌纤维(肌肉组织第一类细胞)的成体干细胞及其定向干细胞，第七类细胞和第一类细胞在属性特征上均为阳。作者认为，倘若红肌纤维和白肌纤维的成体干细胞不能分别得到阴跷脉和阳跷脉的妊养，就会失去正常的增殖分化功能，因此下肢出现肌肉异常消瘦而无力的现象，这是阴跷脉、阳跷脉的主要病候[19]。

阴维脉起于筑宾穴，后者的位置让作者联想到一种常见的疾病——小腿静脉曲张，其主要原因有静脉壁薄弱引发瓣膜缺陷而产生静脉压过高等。心脏内出现瓣膜缺陷无疑会引起心痛，继而会引发精神抑郁，或者病患先出现精神抑郁，继而才会感觉到心痛；心痛和抑郁是阴维脉的主要病候[20]，这里主要是由静脉壁薄弱即小静脉内平滑肌细胞相对很少引起的。类比前述对督脉、阴跷脉和阳跷脉的认识，作者认为，阴维脉主要是第七层次网状细胞的腧穴群，干细胞巢中妊养的主要是七个层次肌肉组织第四类细胞的成体干细胞及其定向干细胞，两者同为第四类细胞，属性特征为阴。

阳维脉主要是第七层次骨细胞的腧穴群，干细胞巢中妊养的主要是七个层次肌肉组织第三类细胞的成体干细胞及其定向干细胞，骨细胞为第一类细胞，第一类细胞和第三类细胞在属性特征上均为阳。骨膜中微动脉、微静脉和毛细血管丰富，细胞种类复杂多样，含有大量的未分化细胞等。作者认为，这些表明骨细胞的成体干细胞具有成为召集组织者的潜能，而微动脉、微静脉和毛细血管丰富是其他种类细胞参与构建骨膜的前提。骨骼、特别是骨膜发生疾病而表现出的恶寒发热和腰痛，正是阳维脉的主要病候[20]。

冲脉主要是第七层次红细胞的腧穴群，被称为“十二经脉之海”[21]；因为与生殖机能关系密切，冲、任脉盛，月经才能正常排泄，故又称为“血海”。冲脉同样名副其实，与督脉、任脉等功能特征相类比，冲脉的干细胞巢中妊养的主要是七个层次软骨细胞的成体干细胞及其定向干细胞，红细胞为第八类细胞，软骨细胞为第二类细胞，两者属性特征为阴。

带脉主要是第七层次脂肪细胞的腧穴群。带脉的主要功能是“约束诸经”，作者认为，诸经的成体干细胞进入带脉，在干细胞巢中与脂肪干细胞相互作用后，两者能够进入G0期，再通过细胞凋亡等途径[22]，维持不同种类干细胞数量的动态平衡；如果带脉不能自我约束，其约束诸经的能力也将削弱[23]；反过来说，一旦诸经不能约束带脉，四处散逸的脂肪干细胞巢及其脂肪干细胞的增殖分化，就会引发各种组织器官的脂肪化如脂肪肝等。

4. 讨论

除单孔类、有袋类外，在几乎所有真兽体内都发现存在一种高度特化的产热组织——褐色脂肪组织，这是否是第七等级脂肪细胞存在的直接证据？分布在口腔、食管、阴道粘膜的复层扁平上皮，其表层细

胞不角化，是隶属于七层次中的第四层次吗？复层柱状上皮分布于眼睑结膜和男性尿道海绵部的粘膜上皮和一些腺的大导管处，与表格 1 中复层上皮·变移上皮隶属于同一类吗？周围神经系统的第 8 类神经细胞具有吞噬功能，仅仅是以小神经胶质细胞形态分布于中枢神经系统中吗？滤泡旁细胞 (parafollicular cell) 的功能特征和分布位置引人注目，但在表格 1 中没有能确定其位置；等等。

5. 小结

表格 1 中，主要是以第七层次八种细胞的一个个成体干细胞巢为载体平台，不同种类的成体干细胞等汇聚在一起交流协作，共同构建产生经络系统的奇经八脉。作者认为，督脉的基本特征已经被神经嵴研究成果初步揭示，例如《黄帝内经·骨空论》记载了督脉第一支、第二支和肾脏相联络，而人们已经发现一些神经嵴细胞参与了肾上腺髓部的构建，髓质与交感神经同一来源，相当于一个交感神经节，受内脏大神经节前纤维支配(属交感神经)，形成交感神经-肾上腺系统。

又如，督脉第二支(和足太阳膀胱经一起)起始于眼内角，督脉第三支也止于眼睛下边的中央，两者所辖的一些腧穴是眼睛视网膜内一些细胞发生损伤后能够再生的物质基础，其中最引人注目的是缪勒细胞 Muller cell [24]，后者在胚胎发生学上来源于室管膜细胞，这是作者诠释督脉时参考的重要证据。

作者根据表格 1 中成体干细胞的分类和奇经八脉的一些主要病候，初步探讨了奇经八脉的基本特征，希望能够尽快引起理论工作者和临床工作者的关注，一起解决临床遇到的难题，造福全人类。

作者贡献

张明娟参与了相关文献资料的检索收集，张建新是本文学术观点的提出者。

利益冲突

作者声明没有利益冲突。

参考文献

- [1] 吕梦婷. 中药对干细胞的作用研究进展 [J]. 中西医结合研究, 2018, 10(5): 261-264. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1674-4616.2018.05.014>
- [2] 黄生辉, 巩婷, 李妍怡. 中医药与脑缺血后海马神经干细胞增殖与分化 [J]. 中国组织化学与细胞化学杂志, 2018, 27(03): 284-290. DOI: 10.16705/j.cnki.1004-1850.2018.03.015
- [3] 杨卓欣, 于海波, 饶晓丹, et al. 任脉电针对脑缺血大鼠侧脑室下区神经干细胞增殖与分化的影响 [J]. 中医杂志, 2006, 47(6): 429-432. doi: [10.3321/j.issn:1001-1668.2006.06.013](https://doi.org/10.3321/j.issn:1001-1668.2006.06.013).
- [4] 郝宇卉, 刘志贞, 刘丹, et al. 小鼠腹白线组织中 Sca-1⁺成体干细胞的分布 [J]. 中国组织工程研究, 2019, 23(17): 2672-2677. <http://www.cjter.com/CN/10.3969/j.issn.2095-4344.1721>
- [5] 张建新. 干细胞巢的主要细胞成分及其组合模型 [J]. 临床医学进展, 2018, 8(8): 694-701. <https://doi.org/10.12677/acm.2018.88117>
- [6] 张建新. 从进化论角度探讨干细胞分化及其干细胞巢分布规律 [J]. 中国组织工程研究, 2016, 20(50): 7571-7578. <http://www.cjter.com/CN/10.3969/j.issn.2095-4344.2016.50.018>
- [7] 祝总骧, 徐瑞民. 中国经络科学的现代化研究 [J]. 世界科学技术, 2000. DOI: CNKI: SUN: SJKX. 0. 2000-05-005
- [8] Orešković D, Radoš M, Klarica M. Role of choroid plexus in cerebrospinal fluid hydrodynamics. Neuroscience. 2017; 354: 69-87. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2017.04.025>
- [9] 张建新. 胚胎干细胞的分化和多能干细胞巢模型——动物经络系统中胚胎干细胞的分化 [J]. 中医学, 2019, 8(2): 98-105. <https://doi.org/10.12677/TCM.2019.82019>
- [10] Cervantes MD, Hamilton EP, Xiong J, Lawson MJ, Yuan D, Hadjithomas M, et al. (2015) Correction: Selecting One of Several Mating Types through Gene Segment Joining and Deletion in *Tetrahymena thermophila*. PLoS Biol 13(10):

- e1002284. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1002284>
- [11] Zhu, J., Ming, C., Fu, X. et al. Gene and mutation independent therapy via CRISPR-Cas9 mediated cellular reprogramming in rod photoreceptors. *Cell Res* 27, 830–833 (2017). <https://doi.org/10.1038/cr.2017.57>
- [12] 李琛, 吴周睿, 程黎明. 室管膜细胞修复脊髓损伤的研究进展 [J]. 中华实验外科杂志, 2018, 35(7): 1390-1392. doi: [10.3760/cma.j.issn.1001-9030.2018.07.069](https://doi.org/10.3760/cma.j.issn.1001-9030.2018.07.069)
- [13] 丁硕, 张琦, 刘战民, et al. 动物细胞全能性的研究[J]. 中国科学: 生命科学, 2012, 42(7): 517-527. <https://doi.org/10.1360/052011-390>
- [14] 韩冰. 奇经八脉源流考略[J]. 天津中医药大学学报编辑部, 2006, 25(3): 137-141. doi: [10.11656/j.issn.1673-9043.2006.03.07](https://doi.org/10.11656/j.issn.1673-9043.2006.03.07)
- [15] 曹星星, 何丽, 席瑾, 夏有兵. 督脉循行和腧穴考析[J]. 中医药导报, 2019, 25(21): 81-83. DOI: 10.13862/j.cnki.cn43-1446/r.2019.21.023
- [16] Weston J. Migration and differentiation of neural crest cells.[J]. *Advances in Morphogenesis*, 1970, 8(4): 41-114. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-028608-9.50006-5>
- [17] 蒋锐达, 赵敏, 赵三军, et al. 胚胎发育中神经嵴细胞迁移机制的研究进展 [J]. 基因组学与应用生物学, 2018, 37(09): 3799-3809. DOI: 10.13417/j.gab.037.003799
- [18] 刘立公, 顾杰, 刘婕, et al. 古代文献中任脉及其腧穴主治的统计报告 [J]. 针灸临床杂志, 2010, 26(004): 43-45. doi: [10.3969/j.issn.1005-0779.2010.04.003](https://doi.org/10.3969/j.issn.1005-0779.2010.04.003)
- [19] 李牧月. 跷脉的古今文献整理研究[D]. 广西中医药大学, 2019. DOI: 10.27879/d.cnki.gxzy.2019.000046
- [20] 李冲. 阴、阳维脉的文献整理研究[D]. 广西中医药大学, 2019. DOI: 10.27879/d.cnki.gxzy.2019.000319
- [21] 林琪家. 冲脉古代文献研究[D]. 北京中医药大学, 2011. DOI: CNKI:CDMD:2.1011.118071
- [22] 高建芝, 徐自超, 毛光兰. 针刺对单纯性肥胖大鼠脂肪细胞凋亡的影响[J]. 陕西中医, 2007, 28(002): 241-242. doi: [10.3969/j.issn.1000-7369.2007.02.075](https://doi.org/10.3969/j.issn.1000-7369.2007.02.075)
- [23] 梁翠梅, 胡慧, 李媛媛. 带脉论治代谢综合征腹型肥胖思路分析[J]. 中医药学报, 2013(02): 3-5. doi: [10.3969/j.issn.1002-2392.2013.02.002](https://doi.org/10.3969/j.issn.1002-2392.2013.02.002)
- [24] Jorstad, N., Wilken, M., Grimes, W. et al. Stimulation of functional neuronal regeneration from Müller glia in adult mice. *Nature* 548, 103–107 (2017). <https://doi.org/10.1038/nature23283>.