

走近诺贝尔奖丛书

主编\王子安

生命的天使



走近
193位

诺贝尔
生理医学奖精英

Nobelprize

天津科学技术出版社

生命的天使

走近28位诺贝尔生理医学奖精英

主 编/王子安

天津科学出版社

图书在版编目(CIP)数据

生命的天使/王子安主编. —天津:天津科学技术出版社,2010.10

(走近诺贝尔奖. 走近193位诺贝尔生理医学奖精英)

ISBN 978-7-5308-6104-2

I. ①生… II. ①王… III. ①诺贝尔奖金—生物学家—生平事迹—世界
②诺贝尔奖金—医学家—生平事迹—世界 IV. ①K816.15②K816.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第200904号

生命的天使

责任编辑:布亚楠

编辑助理:关 长

责任印制:王 莹

天津科学技术出版社出版

出版人:蔡 颢

天津市西康路35号 邮编300051

电话(022)23332401(编辑部) 23332393(发行部)

网址:www.tjkjcs.com.cn

新华书店经销

北京密云铁建印刷厂印刷

开本 787×1092 1/16 印张 16 字数 150千字

2010年10月第1版第1次印刷

定价:29.80元

前言

哲人云“知识就是力量”，更有人说，知识就是高度。在知识的内涵、外延里，科学技术无疑是最重要的一环。从某种程度上来说，人类文明的动力来源于科学技术的发展，正是由于科技的历史性进步，由此而推动着人类历史由蒙昧走向文明、由刀耕火种走向科学现代。可以说，人类的历史在一定意义上来说，即是人类的科学技术与人类的思想文明的结合。历史因科技的融入而变得可感，社会因科技的融入而变得丰富、多彩。

在人类科学历史的宏观体系中，依据文明的东西方形态也可以划分为东方科学技术体系、西方科学技术体系，其中东方科学技术体系从历史的角度来说，应以中国为代表。比较而言，东方科学技术体系富有深厚的人文科学、社会科学传统，在诸如文学、史学、哲学、宗教、艺术、政治、经济、法律等领域，古籍留存众多，内容博大精深。而西方科学技术体系则深富自然科学、实验科学的传统，因而造就出其最早的工业革命运动，形成实验手段与理论体系丰富的诸如物理学、化学、工程机械等成果。总之，东西方的科学技术传统各有所长。东方的人文与西方的自然，如能够完美结合，则是人类科学技术发展的最好模式。

在西方科学技术体系中，既有宏观的科学门类也有微观的分支科学。从自然科学的科学分类学角度而言，可以细分为物理、数学、化学、生物、地学等属种。在复杂庞大的科学技术体系外，西方还建立起了比较完善的学科标准体系与科技奖惩制度、科技创新制度，由此而推动着西方科学技术的不断更新、发展。诸如西方历史上的第一次工业革命、二次工业革命、信息化社会、知识化社会等，皆是这种科学技术完美发展的结果。在丰富多彩的西方科学技术创新与奖惩制度体系中，诺贝尔科学奖金的设立即是推动西方百年来科学文明发展的重要一点。诺贝尔奖金由瑞典化学家、自然科学家诺贝尔通过捐献毕生的私人财产设立，这种崇尚科学、崇尚知识的精神，值得东方社会认真思索、务实学习。整个诺贝尔奖初期划分为物理、化学、生理医学、文学与和平五个奖项，这充分反映了诺贝尔本人不仅关注自然科学的发展，也关注人类精神世界、人类人文素养的发展。后来随着社会的不断发展，诺贝尔奖项又多出经济学奖、环境奖两种，每

一个奖金项目都紧密结合着人类社会的现实需要。

时至今日，诺贝尔奖已经走过了100多个春秋，即使是迟到的经济学奖也已经走过40年的岁月。作为人类科学技术领域的一种百年知识品牌，其中不仅有许多的科学成就值得我们学习，而且其中的每一个获奖者也值得我们研究。科学家的成果与科学家的精神及方法，相比较而言，最重要的是科学方法，而最核心的则是科学家的精神。所以为了便于中国读者，尤其是今日的中国青少年了解、掌握近现代西方物理科学、化学科学、生理医学、文学艺术、经济理论的过程、成果，我们编辑委员会经过半年多的艰辛策划、编写，终于完成这部多达25册的《走近诺贝尔奖》大型丛书。

从本套《走近诺贝尔奖》丛书的编写体例上来说，我们以人物为单元，以时间为线索，以有关每个人物的“生平事迹”“科学成果”等为板块，而对于每个入选诺贝尔奖的获奖者给予解剖。当然这种解剖，既是对其人生历程、生平事迹的叙述，也是对其人生哲学、科学精神、人文情怀的一种铺陈。具体而言，在叙述每个人物时，我们尽量做到一一将人物那种坚定的信念、务实的精神、执着的工作态度，所受到的家庭教育、学校教育、社会教育，以及他们个人的素质、修养、性格、经历等元素，均给予呈现，从而使读者体会到他们那种背后的执着爱好、坚持理想、强烈求知、意志坚强、迎接挑战与勇于创新的人生品质。另外，我们在每一人物的最后部分附上包含涉及与该学科领域相关的学科简史、学科流派等内容的“经典阅读”栏目，以帮助读者较系统地掌握相关学科的必备知识理论。

总之，我们期望广大读者能够通过本套《走近诺贝尔奖》丛书，深思、体味、参照、借鉴这些文学精英、科学精英的生平与精神，而规划出自己的成才之路，并能够在人生的路上“坚持理想、执着奋斗、锲而不舍、勇于创新、戒骄戒躁”，终获成果。有时，一句话可以改变人的一生，成为个人的人生座右铭；相信一套科学、有益的图书，同样具备相似的功能。当然，水平与时间的有限、仓促，使得本套丛书难免会存在一些瑕疵，期待读者给予批评，以期再版时予以改正、更新。

《走近诺贝尔奖》丛书编辑委员会

2010年9月15日



目 录

菲比格	(1)
瓦格纳·尧雷格	(12)
夏尔·尼科勒	(19)
高兰·霍普金斯	(27)
克里斯蒂安·艾克曼	(39)
卡尔·兰德斯坦纳	(50)
海因里希·瓦尔堡	(61)
埃德加·艾德里安	(70)
查尔斯·谢灵顿	(80)
托马斯·摩尔根	(92)
乔治·迈诺特	(106)
威廉·墨菲	(113)
乔治·惠普尔	(123)
汉斯·施佩曼	(132)
奥托·洛韦	(140)
亨利·戴尔	(149)





森特·焦尔季	(161)
诺尔曼·霍沃恩	(171)
保罗·卡勒	(181)
科内尔·海曼斯	(190)
格哈德·多马克	(201)
爱德华·多伊西	(211)
亨利克·达姆	(221)
附录一 诺贝尔	(233)
附录二 1901—2009 年诺贝尔生理学(医学)奖获得者	(240)



菲比格

(*Johannes Fibiger*)

约翰尼斯·安德列斯·格列伯·菲比格(1867—1926)，丹麦科学家，1926年诺贝尔生理学(医学)奖获得者，科学成就是对癌症的研究。1867年4月23日生于丹麦的西尔克堡。1883年毕业于哥本哈根大学，后在柯赫和贝林的指导下学习细菌学。1890年获哥本哈根大学医学博士学位，1895年获该校哲学博士学位。1891—1894年，在哥本哈根大学工作。1894—1897年，任哥本哈根布莱丹斯传染病医院医生。1897—1928年，任哥本哈根大学教授，1926年任该校校长。



菲比格

菲比格使动物产生人工致癌的方法是一个很大的进展。菲比格首先完成使老鼠致癌的实验，使老鼠得了胃癌，因此赢得国际声誉；接着又把肿瘤移植到其他老鼠身上，使这些老鼠也患了癌症，从而发现



了致癌寄生虫，揭示了癌症病理的一个方面。1902年，他从蟑螂身上找到了胃癌病症中存在的一种被称作“肿瘤螺旋体”的寄生虫，说明癌是由慢性刺激引起的，是由虫的代谢产物的机械和化学刺激所引起。

1926年提出“致癌寄生虫学说”，菲比格声称发现了一种称为螺旋体癌的生物，这种生物会在老鼠体内造成癌症。后来发现这种生物并非造成肿瘤的主要原因，但是菲比格的研究显示外在因子能够诱导癌症的发生。主要著作有《白喉的细菌学研究》《螺旋体癌研究》《用实验方法使白鼠致塔耳癌》《实验性癌转移的免疫预防》。1928年1月30日死于丹麦的哥本哈根。丹麦政府哥本哈根大学特地为他建立了癌症研究所，这是世界上第一个研究癌症的中心。

成功源自于观察入微

1926年荣获诺贝尔生理学（医学）奖的非比格，于1867年4月23日出生于丹麦的西尔克堡。1883年，菲比格毕业于哥本哈根大学。七年后，他又获得了哥本哈根大学医学博士学位，并于1894年与玛茜尔德结婚，一生没有子女。菲比格曾有这样一段名言：“我要提醒大家，一种绝症不再被视为绝症了，而另一种被视为绝症的病又出来了。医学就是这样不断地进步着。”现在我们再回顾一番他的研究生涯，看一看菲比格的成功历程吧！

菲比格曾留学柏林，在细菌学创始人柯赫博士和因发现白喉血清而出名的贝林博士的指导下学习细菌学。归国后，任哥本哈根大学教授。



一天，他在观察老鼠的胃癌时，发现鼠胃中有寄生虫。他知道，这种寄生虫是通过蟑螂传播给老鼠的。吃蟑螂的鼠类，半数以上胃里有这种寄生虫，其中将近半数的老鼠患有胃癌，或有胃癌的前期症状。如果将蟑螂投喂实验用鼠，几乎全部实验用鼠都患有寄生虫，其中几只也会患癌症。而且这种胃癌是可以移植给其他老鼠的。

菲比格反复琢磨老师柯赫的教导：“致病原因是细菌，那么该细菌就是致病的原因。这是一条已确认的原理。”即先从病灶分离出该细菌，再在机体外部繁殖该细菌，然后将该细菌投给正常动物，就能导致该疾病的产生。菲比格想，如果把这条原理用于癌症，那么首先应从病灶分离出寄生虫，然后在外部的蟑螂身上繁殖寄生虫，最后投给正常的老鼠吃。结果，有的老鼠出现了癌症。

一般说来，细菌的感染力很强，所以容易致病。与之相比，寄生虫给予寄主的是慢性刺激，它导致了逐渐生癌因此，并不是所有老鼠都生癌。这样看来，可以确定老鼠胃里的癌是由寄生虫诱发的，这样一来，该新种螺旋虫引起肿瘤的假说就被一系列实验所证实。1926年，菲比格因发现寄生虫是癌症的病原体而获诺贝尔生理学（医学）奖。诺贝尔医学奖评委会主席在演讲中高度赞扬了菲比格，说他的发现开创了癌症研究史中的一个新时期。

菲比格为什么能断定寄生虫可以致癌并因此而获奖呢？菲比格使用的实验老鼠的确可能因偶然感染了寄生虫而患上癌症。如果他反复实验，就会发现这一结论并不具备普遍性。但是，在他的权威面前，没有人提到这一点。不管怎么说，现在已没有谁相信寄生虫是致癌的病因了。尽管对菲比格的“发现”持批评态度的人很多，却也由此而大大推动了对癌症的研究，从这个角度看，菲比格的“发现”对人类未必全都是坏事。也许有一天，随着科学的进步，人类可以证实寄生虫的慢性刺激确实可以致癌时，菲比格的这一学说也将获得新的评价。



形成癌症的常见因素

目前研究发现,大约有 10 余种霉菌可能引起癌症,霉菌产生的毒素有很强的致癌或促癌作用,其中以黄曲霉素的致癌能力最强。黄曲霉素广泛存在于霉变的花生、玉米、大米、豆类等食品中,可以诱发肝癌及肾、肺、胃、皮下组织恶性肿瘤;可产生 T-2 毒素的镰刀菌,在动物体内可诱发胃癌、胰腺癌和脑部肿瘤等,而常见的产生灰黄霉素的青霉菌可诱发小鼠甲状腺癌或肝癌。

实验还证明了食物中如娄地青霉、念珠菌、白地霉等几种常见的霉菌,均可促进食物内亚硝胺的形成,并且还发现镰刀菌的代谢产物和亚硝胺有协同作用。目前全世界约有一半人感染了幽门螺杆菌。科研发现,幽门螺杆菌的感染与胃炎、胃溃疡、胃癌有一定关系,用某些抗生素杀灭幽门螺杆菌可降低胃炎、胃溃疡、胃癌的发病率。

自 20 世纪初从鸡的恶性肿瘤中发现了劳斯肉瘤病毒以来,已经证明有 30 余种 150 株病毒可以造成动物肿瘤,已从动物致癌的实验中已经得到确切的结论。1997 年,世界卫生组织宣布,84% 的癌症具有肯定的病毒感染原因;而英国癌症研究组织最新研究报告则指出,全世界每年新增的癌症患者中,约有 180 万的患者是因为病毒感染而导致的。下面我们就来介绍几种癌症与病毒的关系。

①肝癌与乙型肝炎病毒。肝癌的发生与乙型肝炎病毒(HBV)有很密切的关系。由乙肝病毒导致乙型肝炎,再到肝硬化,最后引发肝癌的病程已被科研所证实。肝癌病人的 HBV 感染率普遍高于正常人和其



他病人，可达50%，甚至更高；与此同时，HBV感染者的肝癌发病率显著高于其他人群，两者之间的相关性高达80%。

②鼻咽癌与EB病毒。我国广西的一些地区是鼻咽癌的高发区，很多当地的流行病学和实验室研究资料都证明，Epstein-Barr病毒与鼻咽癌的发生有着十分密切的关系。首先，在鼻咽癌患者的病灶细胞内存在着EB病毒的DNA片段，而正常鼻咽组织中则没有；其次，对鼻咽癌患者的血清调查发现，其阳性率高达90.9%，而其他肿瘤患者和正常人分别为3.5%及0.6%；第三，鼻咽癌组织中的EB病毒不只是处于潜伏状态，而且也能病毒复制。

③宫颈癌与人乳头状瘤病毒(HPV)。在人类宫颈癌中，HPV16型的DNA阳性率为36%~64%；国外一些研究也发现，疱疹病毒Ⅱ型抗体阳性的妇女浸润癌及上皮内瘤变的发病率较正常妇女高。因此可以证实，人乳头瘤病毒和疱疹病毒Ⅱ型感染在宫颈癌的发生中有重要作用。

另外，世界卫生组织通过流行病调查发现，体内某些寄生虫与某些癌症有关，如血吸虫病与大肠癌密切相关，原因是血吸虫在病人的大肠黏膜下产卵，刺激局部组织增生，诱发大肠癌。中东地区的“埃及血吸虫病”可引起膀胱癌。据临床观察，华支睾吸虫与原发性胆管癌的发生有关，动物实验也成功地诱发了胆管癌，其致病机制可能与虫体产生的有毒代谢产物有关。

常见的致癌化合物有多环芳烃化合物，包括3-4-苯并芘、苯并蒽、甲基胆蒽（又叫奶油黄）、苯等。化学性致癌物还有偶氮染料、无机砷、石棉、铬、镍等。一般来说，重工业区，交通频繁的地方，空气中苯并芘的含量常常超过环境卫生的标准；因为燃烧煤、石油、煤焦油、沥青、垃圾等，各种蒸汽机车、内燃机、机动车工作时都产生苯并芘等有害物质。厨房里燃烧燃料和烹调时的煎炸油烟使厨房内空气中苯



并芘的含量比普通房间高好几倍。烟熏火烤不仅使食品部分烤焦，还使食品表面附着许多致癌的烟雾微粒，火烤焦糊的食品中，苯并芘的含量要比普通食物增加10~20倍。另外偶氮染料中的萘胺可引起人的膀胱癌。

亚硝基化合物及其前体物质也是致癌物。亚硝基化合物常以亚硝胺类化合物为其代表，它是一类很强的致癌物，在低等和高等动物如鱼、青蛙、小鼠、大鼠、兔、狗、猪、猴、人等身上都能诱发癌症。亚硝胺类化合物主要用作工业上的溶剂、润滑剂和机动汽油的添加物，农业上用做杀虫剂等。它存在于烟草的烟中、保存不好的谷类和质量差的酒中，也存在于用食盐、亚硝酸盐腌制过的肉、鱼、禽等食品中。

主要的物理性致癌因素有：辐射，包括电离辐射以及非电离辐射。早期的医疗用的X射线，由于没有注意防护，导致放射学家患白血病机会较一般人要高。人们的皮肤长期受到强烈的太阳光中紫外线照射后，起初皮肤干燥、脱屑、形成黑斑、皮肤萎缩，接着过度角化，进而形成乳头状瘤，并可能发展为皮肤癌。有遗传性着色性干皮病的人，更容易发生皮肤癌。

长期的热辐射，可导致皮肤癌和软组织肿瘤。例如生活在某严寒地区的人有长期使用腹部烤炉取暖的习惯，于是该地区居民腹部软组织恶性肿瘤的发病较多。长期机械性刺激也是一种潜在的危险因素。例如因损伤形成的尖锐牙齿，或不合适的假牙托的长期摩擦，可能引起舌癌或颊黏膜癌。如石棉或玻璃纤维被吸入肺内，可导致肺癌或胸膜间皮瘤。令人触目惊心的是长期暴露于石棉环境中，同时又是吸烟者，患肺癌的风险比不接触石棉又不吸烟者高数十倍。



经典阅读

细胞学

细胞学是研究细胞结构和功能的生物学分支学科。细胞是组成有机体的形态和功能的基本单位，自身又是由许多部分构成的。所以关于细胞结构的研究不仅要知道它是由哪些部分构成的，而且要进一步搞清每个部分的组成。相应地，关于功能不仅要知道细胞作为一个整体的功能，而且要了解各个部分在功能上的相互关系。有机体的生理功能和一切生命现象都是以细胞为基础表达的。因此，不论对有机体的遗传、发育以及生理机能的了解，还是对于作为医疗基础的病理学、药理学等以及农业的育种等，细胞学都至关重要。

绝大多数细胞都非常微小，超出人的视力极限，观察细胞必须用显微镜。所以1677年列文虎克用自己制造的简单显微镜观察到动物的“精虫”时，并不知道这是一个细胞。细胞一词是1665年罗伯特·胡克在观察软木塞的切片时看到软木中含有一一个个小室而以之命名的。其实这些小室并不是活的结构，而是细胞壁所构成的空隙，但细胞这个名词就此被沿用下来。

在细胞学的启蒙时期，用简单显微镜虽然也观察到许多细小的物体——例如细菌、纤毛虫等，但目的主要是观察一些发育现象，例如蝴蝶的变态、精子和卵子的结构等。直到1827年贝尔发现哺乳类的卵子，才开始对细胞本身进行认真的观察。在这前后研制出的无色差物镜，引进洋红和苏木精作为使细胞核着色的染料以及切片机和切片技术的初创，都为对细胞进行更精细的观察创造了有利条件。



对于研究细胞起了巨大推动作用的是德国生物学家施莱登和施万。前者在 1838 年描述了细胞是在一种黏液状的母质中，经过一种像是结晶样的过程产生的，并且把植物看做细胞的共同体。在他的启发下施万坚信动、植物都是由细胞构成的，并指出二者在结构和生长中的一致性，于 1839 年提出了细胞学说。与此同时，捷克动物生理学家浦肯野提出原生质的概念；德国动物学家西博尔德断定原生动物都是单细胞的。德国病理学家菲尔肖在研究结缔组织的基础上提出“一切细胞来自细胞”的名言，并且创立了细胞病理学。

从 19 世纪中期到 20 世纪初，关于细胞结构尤其是细胞核的研究，有了长足的进展。德国植物学家施特拉斯布格 1875 年首先叙述了植物细胞中的着色物体，而且断定同种植物各自有一定数目的着色物体；1880 年，巴拉涅茨基描述了着色物体的螺旋状结构，翌年普菲茨纳发现了染色粒，直到 1888 年瓦尔代尔才把核中的着色物体正式命名为染色体。德国学者亨金 1891 年在昆虫的精细胞中观察到 X 染色体；1902 年，史蒂文斯、威尔逊等发现了 Y 染色体。

德国植物学家霍夫迈斯特 1867 年对植物，施奈德 1873 年对动物，分别比较详细地叙述了间接分裂；德国细胞学家弗勒明 1882 年在发现了染色体的纵分裂之后提出了“有丝分裂”这一名称以代替间接分裂，霍伊泽尔则描述了在间接分裂时的染色体分布；之后，施特拉斯布格把有丝分裂划分为直到现在还通用的前期、中期、后期、末期，他和其他学者还在植物中观察到减数分裂，经过进一步研究终于区别出单倍体和双倍体染色体数目。

科学家对细胞质结构的认识落后于对细胞核或染色体的认识，这种情况长期未得到改善。尤其是 20 世纪早期之后，随着细胞遗传学研究分离、重组、连锁、交换等遗传现象的染色体基础，对染色体的了解更深入了。但是与此同时，关于细胞质，除去结合着细胞生理对它的某些



生理功能有所了解之外，对结构的认识并没有多大进展。这种情况直至20世纪40年代后，电子显微镜得到广泛使用，标本的包埋、切片一套技术逐渐完善，才有了很大改变。

1900年重新发现孟德尔的研究成就后，遗传学研究有力地推动了细胞学的进展。美国遗传学家和胚胎学家摩尔根研究果蝇的遗传时，发现偶尔出现的白眼个体总是雄性；他结合已有的、关于性染色体的知识，解释了白眼雄性的出现，开始从细胞解释遗传现象，认为遗传因子可能位于染色体上。从此细胞学和遗传学联系起来，从遗传学得到定量的和生理的概念，从细胞学得到定性的、物质的和叙述的概念，逐步产生出细胞遗传学。

1920年美国细胞学家萨顿进一步指出遗传因子和染色体行为间的平行现象，必然意味着遗传因子位于染色体上，并且提到，如果两对因子位于同一染色体上，它们可能按照，也可能不按照孟德尔规律遗传，这预示了连锁的概念，加深了关于成熟分裂尤其是关于染色体配对、染色体交换的研究。

此外，发现了辐射现象、温度能够引起果蝇突变之后，因突变的频率很高从而更有利于进行染色体的实验研究。辐射之后引起的各种突变，包括基因的移位、倒位及缺失等都可在染色体中找到依据。而且利用突变型与野生型杂交，并对其后代进行统计处理可以推算出染色体的基因排列图。广泛开展的性染色体形态的研究，也为雌雄性别的决定找到了细胞学的基础。

在20世纪40年代初期，其他学科的技术方法相继被用于细胞学的研究，开辟了新的局面，形成了一些新的领域。首先是电子显微镜的应用产生了超显微形态学。比利时动物学家布拉谢从胚胎学的问题出发，利用专一的染色方法研究核酸在发育中的意义。差不多与此同时，瑞典生物学家卡斯珀松根据各种物质对一定波长的吸收，创建了紫外线细胞



分光光度计，来检测蛋白质、DNA 和 RNA 等物质在细胞中的存在。他们的工作引起人们对核酸在细胞生长和分化中的作用的重视。在他们工作的基础上发展起了细胞化学，以研究细胞的化学组成，这可以和形态学的研究相互补充，且能对细胞结构增加一些了解。

20 世纪 40 年代开始逐渐开展了从生化方面研究细胞各部分的功能的工作，产生了生化细胞学。首先使用了匀浆——在适合的溶液中把细胞机械地磨碎——和差速离心的办法，除细胞核外还可以得到线粒体、微粒体和透明质等几部分。对它们分别地进行研究，可了解到一些物质和酶的存在和分布以及某些代谢过程在什么部位进行。关于线粒体和微粒体这样的一些研究指出，许多基本的生化过程是在细胞质而不是在细胞核里进行的。这样的方法结合着深入的形态学研究，可导致对细胞中的过程有越来越深刻的了解。

虽然在 20 世纪 30 年代组织培养就有了较大的发展，但是只能培养组织块，还不能培养正常组织的单个细胞，而且还没有充分显示出它的重要性。利用培养的细胞可以研究许多在整体中无法研究的问题，例如细胞的营养、运动、行为、细胞间的相互关系等。几乎各种组织，包括某些无脊椎动物，都被培养过。

在良好的培养条件下从组织块长出的各种细胞，其生长情况不同。从形态上基本上可以分为三种类型：上皮、结缔组织和游走细胞。有时候培养细胞会显示正常组织在有机体中表现不出来的特征，例如如果培养基中含有增强表面活性的物质，多种组织的细胞可以获得吞噬的能力。但是它们仍保持特有的性质和潜能，因为如果改变培养环境或者移回到动物体内原来的部位便仍可照原样生长。

值得一提的是，在培养中的成纤维细胞的生长也受底质的影响。在一般情况下它们呈辐射状、漫无目的地从组织块长出。但是如果人工地使培养基处于一定方向的张力之下或人工地在底质上制出痕迹，细胞就