

# 21 世纪医学主要进展的预测<sup>\*</sup>

## ——以人类后基因组研究为主要特征的医学革命时代

李宝健<sup>1</sup>, 刘秋云<sup>1</sup>, 李 刚<sup>1</sup>, 何康泽<sup>2</sup>

(1. 中山大学生命科学学院//基因工程教育部重点实验室与生物工程研究中心, 广东 广州 510275;

2. Department of Biology, Syracuse University, Syracuse NY 13244, USA)

**摘 要:** 21 世纪将是生命科学取得革命性飞跃性进展的时代, 同时也是医学上取得伟大进展的时代。这个时代是以功能基因组即后基因组时代为主要特征而发展的, 作者从 21 世纪人类功能基因组将取得的进展; 治疗着眼于基因水平; 诊断学上的革命; 基因治疗将取得的成功; 未来医学将把保健、预防、治疗、康复视为整体加以安排; 新型有效药物将大量涌现; 中医药将取得现代化的发展; 人体报废的组织及器官的修复和更替置换; 老年人疾病的预防、治疗和寿命的延长以及其它有关问题等十个方面预测了 21 世纪医药学发展的方方面面, 为未来医药学发展提供了轮廓, 指明了方向。

**关键词:** 医学科学发展; 功能基因组

**中图分类号:** R-1 **文献标识码:** A **文章编号:** 0529-6579 (2004) 02-0095-05

21 世纪将是生命科学的世纪。因此在 21 世纪中, 将产生医学上的革命<sup>[1-3]</sup>。那么, 到底 21 世纪医学上会取得哪些进展, 将成为怎样的面貌? 现根据大量的资料做出以下的预测, 供医药卫生管理层、医学生物学研究者和医护人员参考。

## 1 21 世纪医学发展的理论基础

人类功能基因组的研究将取得重要的进展, 这将成为带动 21 世纪医学发展的主要的理论基础。

20 世纪在医学生物学研究中投资最大, 被誉为生物学的“曼哈顿计划”或“阿波罗计划”的人类测序基因组计划, 共测定了位于 24 个染色体 (22+x+y) 上的 30 多亿个碱基对。这一计划于 1990 年开始实施, 于 2000 年世纪之交之年完成。但它的意义及对人类社会、医药学, 健康与长寿以及社会的伦理学、心理学等的长远影响, 将远远胜于“曼哈顿计划”或“阿波罗计划”。故人类测序组的研究由包括中国 (占 1%) 在内的六个国家联合协作完成, 并由美国克林顿总统和英国布莱尔首相联合正式向全世界宣布这一研究工作的完成并给予高度的评价。但是如此众多的 DNA 核苷酸序列所代表的遗传信息的意义却至今知之甚少, 但了解该序列的功能应该说是更重要的, 更具有实质性意义的, 而且是更艰巨的研究任务, 完成这一任务的计划称后基因组计划<sup>[4,5]</sup>。

1998 年, Science 发表了《第三次技术革命》, 提出: “一场与工业革命和计算机为基础的革命有相同影响的变化现在正在开始。下一个伟大时代将是基因组革命时代, 它现正处于初期阶段。”<sup>[6]</sup>

最近几年生物医学的发展, 已充分证明了上述预见的正确性。在 21 世纪的医学研究中已达到这样的水平, 即只要是涉及人体的重要现象的课题, 几乎都离不开对与其有关的基因及其作用的分析。这不仅是 21 世纪生命科学分析层次的反映, 也是当代医学科学的一个特征。当前全世界的顶尖的生物医学实验院 (所) 无不对人类功能基因组学的研究, 投入最大的人力, 最多的财力, 且不断创建崭新的实验体系、实验方法, 发明更适宜于研究功能基因的实验仪器设备和分子试剂。

据估计, 在 21 世纪人类的绝大部分的功能基因将会被克隆出来, 它们的表达与调控的机制将会得到部分或全部的阐明。此外, 基因组上除功能基因外的其它的核苷酸片段的生物学作用也将被阐明, 应此形势而产生的一门崭新的学科即生物信息学 (bioinformatics) 正在蓬勃兴起。另外, 与基因组研究相配合, 成为当代分子生物医学研究重要的基础学科的蛋白质组学 (proteomics) 也已脱颖而出, RNA 组学 (RNomics) 也正在酝酿形成为学科体系。我们认为以人类基因组学为核心的上述基础生物医学研究将为 21 世纪的医学发展提供全新的理论基础与依据<sup>[7,8]</sup>。

基因组研究计划的成功, 将意味着: ① 将克隆到与个体发育及生物钟有关的基因; ② 将克隆到与各种复杂的生理生化代谢途径有关的基因; ③ 将克隆到各种致病的基因及其相应的正常基因, 以及各种抗病和抗不良环境因子的基因; ④ 在医药研究中, 还可以克隆到各种多基因控制性状的基因, 即 QTLs; ⑤ 可克隆到各种控制基因表达的分子零件, 故将可以十分有效地调控各种基因的表达过程和强度, 也可调整不正常的表达水平; ⑥ 通过基因工程技术有

\* 收稿日期: 2003-12-31

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30070420); 广州市科委重大科技攻关资助项目 (2001-Z-006-01)

作者简介: 李宝健 (1933 年生), 男, 教授, 博士生导师; E-mail: lssbj@zsu.edu.cn

可能改变所有由上述基因控制的有关的性状，因此达到如医学上控制发育、分化与病变过程和达到根治某些疾病包括遗传病等<sup>[9]</sup>。

2 疾病的基因水平治疗

与上世纪不同，21 世纪的病因将追溯到基因水平。如：为什么会产生病变，产生身体上的异常？病变可发生在整体、器官、组织、细胞的水平，但追究其根本的原因是发生在分子水平上，即或者是由于基因的突变，如由原癌基因突变成癌基因，最后导致正常细胞转化为癌细胞，或者是由于基因表达调控的失常，致使细胞乃至组织器官等发生病变，如：控制某种激素形成的系列关键酶中的 1 至几个基因表达调控的失常，可导致人体在细胞水平、组织乃至器官或整体水平上发生某种或一系列的病变等。因此，21 世纪将会出现一系列纠正基因表达调控失常（也包括控制发育过程的基因表达调控失常）的分子药物。当然，在基因水平治疗疾病是抓住了根本，虽然，这并不等于治疗的全部，但这种深入，可望大大提高治疗的针对性和有效性。但当我们把疾病的诊断和治疗的注意力的焦点放在基因的突变和基因的表达和调控之时，我们也当应注意整体医学，即不但从分子水平，也能从细胞水平，组织水平、器官水平乃至整体水平，而且还能从患者的生存环境和生活方式的角度来认识疾病发生的原因和来制定治疗疾病的综合措施<sup>[9, 10]</sup>。

3 诊断学加强个体化，使治疗针对性明显提高

在 20 世纪后期所发展起来各种近代诊断仪器设备更会向着精密化、准确化、自动化、微型量化、动态化和无伤害化的方向继续提高外，随着人类基因组研究的进程，21 世纪诊断学最大的突破则是通过个体基因组分析，即应用基因芯片（Gene Chip）技术和生物信息学相关技术，通过比较、分析患者和正常人基因组 DNA 与方阵杂交后的两种图谱便可获得病变样本的信息，获得每个人的基因组信息卡或芯片卡，医生从阅读该信息卡加上每个人的一生的微型病历卡便可得知每个人的遗传素质及现有体质，这样使病患者能够得到可靠的预测、早期发现和确切的诊断。再根据病患者当前的病情，这样便可有针对性地，对不同病患者（包括：患同种病的患者）采用不完全相同的治疗方案和药物，使过去传统中医诊治学特别重视个体化，即著名中医均具有随人随病加減、灵活组成药物治疗上的高超技巧，更能与西医的治疗与诊断结合，从而可大大提高疗效和避免或减少副作用<sup>[11]</sup>。

4 遗传病的基因治疗取得成功

大量人群带有遗传病基因（如：在中国估计至少有 3 000 万~5 000 万遗传病基因的携带者，其涉及的主要的遗传病有三四千种之多，而且随着环境和食品污染的加剧，有遗传病基因的人数及其所携带的遗传病基因的种类还有增加的趋势）。但由于以后会有更多的正常功能的基因被克

隆出来，加上基因工程技术（包括：无伤害高效转化技术，定点整合技术，合理高效表达载体的构建技术等）的发展，因此，将有可能利用基因工程用正常的基因取代突变后或上一代的致病基因。虽然在 20 世纪基因治疗成功的事例不多，但估计在今后 10~20 年内对多种遗传病的基因治疗将会取得巨大的成功。

相信不久，体细胞遗传病的治疗技术，可望首先应用于临床。再过 10 多年左右性细胞的遗传治疗，即通过将正常功能基因转化并整合于遗传病患者的生殖细胞或受精卵中，从而使祖先的遗传疾病可以得到根治并可得到代代相传的健康的后代的设想将能得以实现，届时全球因遗传缺陷所造成的遗传病患者和残疾人的数量将大大减少，而且他们的后代也都得以健康地生活<sup>[12-15]</sup>。

5 把保健、预防、治疗、康复视为整体加以安排

过去，绝大多数情况是有病以后才去医院治疗。医院的工作重点似乎是在于治疗。但 20 世纪中后期医生的职能已逐渐发生变化，到 21 世纪的医药学将逐步成为把预防、治疗、康复、保健融为一体的新医药学体系。它将能指导人群广泛采用健康的生活方式（包括：如何根据个人情况坚持有规律的生活制度；如何坚持进行科学的有益的体育锻炼及体力活动；如何摄取全面的均衡的适量的营养食品；如何保持健康且愉快的精神状态等），这样就可避免相当大量的人群患上今天在全世界极为广泛流行的如：高血压病、心脑血管病、癌症、糖尿病、肥胖症，以及因高度紧张、心态失衡及失眠症等造成的神经功能及免疫系统障碍症等，从而可使大量人群能避免上述这几大杀手的威胁，同时也将大大的减轻社会和家庭为之付出的沉重的医疗负担。如：据不完全统计，20 世纪末每年死于心脑血管病的人有 1 500 万人左右，占死亡人数总数的 1/4，心脑血管病是当前人类最大的“杀手”。世界卫生组织一些专家认为：其实只要采取预防措施和普及并实施科学的健康生活方式和习惯就能减少一半的死亡数。可见保健和预防医学的重要作用。自然，这里提高人群自我科学保健的能力和意识具有十分重要的意义。另外新的预防药物，包括应用基因工程开发的多种高效安全疫苗，如：多肽疫苗、复合疫苗、独特性疫苗、基因重组疫苗以及 siRNA 药物等的研究成功将使得人类有可能得以避免如：艾滋病等或一些“卷土重来”的传染病，如：霍乱、肺病等，以及对一些新出现的或可能出现的新的传染病如 SARS 病的威胁，从而可以保护大批人群免受其害。这里我们再次见到预防、保健的重要意义。同样，在 21 世纪康复医学也必将成为治疗手段的一个愈来愈重要的组成部分。因此，21 世纪人类将继续按生物—心理—社会医学模式（bio psycho-social medical model）来大大改进人类生存的自然环境和社会环境，加强和提高卫生保健设施和服务因素，更加完善卫生保健和医疗保障体系的革命。另外在新的世纪中，禁毒、禁烟、酒精控制也将取得显著的进展或成功。

而且销售高热能、高脂肪及高糖食品或饮料的食品企

业和快餐连锁店也必将对其产品进行彻底更新换代，将“无形杀手”食品改良为低糖、低脂、低胆固醇、低盐的，但同时又是迷人的健康食品、保健食品或功能食品。有着悠久历史的“药食同源”的美味中国食品将会为更多的人所接受并加以丰富和发扬<sup>[16-18]</sup>。

6 新型有效药物将提高预防和治疗效果

过去，长期以来主要是应用动物模型和细胞模型进行筛选药物，上世纪 70~80 年代才开始有以蛋白质为主的药靶，但多局限于少数的受体和酶，但随着基因组研究计划的发展和完成，现在每年有可能发现成百上千个新的基因，这可为制药提供创造潜在药物“药靶”的一批批的机会，因为潜在的药靶可以参考基因分子的结构来确定。有人估算，根据人的重要疾病可能涉及的基因以及对上述每个基因的研究结果将能提供几千乃至上万个真实药靶，这样便要求有大量的、具有广泛结构的化合物提供给发现新药物的筛选之用，而这种要求现在又可以通过组合化学技术的应用和加速发展而得到满足。组合化学已发展成为单元合成，然后各单元又有可能像积木块一样做成不同的组合，设计出多种的成套化合物。更由于机器人和自动化技术的参与便形成了新的高效筛选系统。所有上述的新的技术平台便为形成巨大的药靶选择几率和高效的筛选系统提供了可能并极大地丰富了潜在的药源。如当前仅一个著名的制药公司便可推出每周可筛选 25 万种药物的自动化系统，这是一套能实现期望目的的有效技术，有关这方面的分子数据库也正在建立。这种有关分子水平相互作用的知识库可以重复地加以应用于研究不同的基因表达调控过程，也能够帮助特异性 DNA 序列找到它能够与其结合的分子并可确定这些分子的结构特征，从而可为形成新兴的未来的药物提供广阔的前景。在 21 世纪中，芯片技术应用于生物制药业也将会使得制药工业取得突飞猛进的发展。其他领域的高技术与生物技术的“联姻”，也将使医药学实践产生巨大的变革。在自然药物的来源方面有几千年历史的中药将能提供极为宝贵的知识资源。海洋生物和微生物的资源也将愈来愈显示出其对新药开发的重要性。

21 世纪由于基因组及基因工程的研究水平不断提高，还将出现大量的主要是以下三类新型的基因工程药物或核酸药物。第一类基因工程药物是新型基因工程疫苗，包括艾滋病疫苗、各种类型肝炎的疫苗、新型的结核病疫苗、流感疫苗以及 SARS 病疫苗等都将会研制成功；第二类基因工程药物是人体活性因子或细胞因子药物，包括：生长激素系列；干扰素系列；细胞介素系列；细胞受体如免疫球蛋白（IP）、超家族受体等。此外，治疗性单克隆抗体也将会有更大的发展。第三类是小分子干扰 RNA 药物（SiRNA 药物），基于 RNAi 原理重大突破基础上，将要开发为多种系列的 SiRNA 药物，为今后近几十年内创造价值亿万的重要的新药提供了条件<sup>[1, 10, 19, 20]</sup>。据上，21 世纪生物药的研究也将进入新的飞跃发展时期。

7 中医药将得到巨大的发展

在 21 世纪中，中医药将在保持原来的十分宝贵的医疗经验的基础上，建立起现代化的科学体系并将形成巨大的或批量化生产的新兴高科技制药产业，中医药将在全球进一步推广应用并深得愈来愈多的人群的欢迎与青睐。经过千百年历史锤炼，成千上万位中医师的临床实践以及极广大的患者群体一代一代的“试验”，中医学已成为不仅是中国而且也是全世界人民极其珍贵的医学知识宝库的一个重要组成部分。中药是具有复合成份的自然药物且具有“滋补强壮，扶正固本”，即具有促进患者体质增强，免疫力和抵抗力增加，从而对很多疾病具有独特的预防效果，中药也具有促进疾病得以康复的作用，这种医疗是基于机体“阴阳平衡”、“扶正祛邪”和立足于调整人体自身机能的“治本”的理论，这样，中药一般不但没有副作用，而且对整个机体的健康还有积极的促进作用。因为中药的这种从“病态”到“健康”的调整和治疗过程涉及人体的分子、细胞、组织、器官乃至整体水平的复杂过程，故治疗过程往往需要较长的时间，与不少西药对疾病能取得立竿见影的效果相比，可说是各有千秋的。

但中医药必须现代化，必须“提炼”并提高其精华部分，摒弃其不合理的成分，弄清其中有效成分、作用机理以及药物的动力学等。要从有效成分含量的角度，对服用的中药进行精确定量及科学地确定病人的用量。还有，由于中药是一种自然药物，其中含有多种有效成分，这些成分以及这些成分相互间的医疗作用及其相互关系，“煎药”或“加工”过程的化学反应等也值得弄清。另外，对中药材的种植、生产、加工、管理，也必须科学、标准化、无污染化和现代化。但中药现代化并不简单等于中药西药化。另外，中医中的针灸治疗、气功疗法、按摩疗法、功夫保健操等健身法相信也将会受到更多人群的欢迎。又由于目前在不少国家的意外伤害已经成为第 4 或 5 位的死因，而中医药中的骨伤学，包括正骨、外敷等也均具有其独特之处，相信在新世纪中，也将会得到进一步的发扬。应用生物技术，特别是基因工程、发酵工程改良并生产高质量的中药也具有广阔的前景。综上所述，可见中医药现代化是我们面临的一个十分具挑战性的艰巨任务。另外，在医疗实践中，如何将中医学与西医学结合，虽然在中国取得了一定的成功，但两者如何科学的更好的结合与互补，仍有大量的工作可做，这有十分重要的价值<sup>[21-23]</sup>。

8 对体内提前“报废”的组织器官进行移植，将成为常规治疗的手段之一

由于劳动方式和生活方式以及人体各部分不平衡活动的影响，正如一个机器或一辆汽车一样，人体也总会有部分的“零件”提前“报废”，加上人为伤害所造成的部分损坏的机体，如都能得到及时替换，生命将可以得到有效的延长。

由于新材料学、新的医学工程学和信息及控制学的发展，近年已开始出现“人工心”、“人工肺”等在进行临床实验或应用。但大部分置换器官仍不得不源于人类的异体。近年来人体干细胞的研究无论从理论上及培养技术上均取得显著的进展，因此可望于 21 世纪干细胞技术便可为修复受损的组织器官提供帮助，即可通过人工手段从干细胞培养出某种组织或器官，作为置换“报废”组织或器官的资源。加上愈来愈多的“人工器官”研制成功以及转基因动物提供的器官等，预计在 21 世纪的 10—20 年代“报废”组织或器官的置换将会愈来愈成为一种常规治疗的手段，这将大大的增进人类的健康和延长人类的寿命<sup>[24-26]</sup>。

9 医疗事业延长人的寿命

21 世纪中，老年人的常见病、多发病的预防和治疗将在医疗事业中占据愈来愈重要的地位，人的平均寿命将更会得到进一步的延长。

由于社会、科技、生产和生活条件的改善，老年人的人口比重将愈来愈大。如 20 世纪末中国 60 岁以上的老年人口已超过 1.2 亿，在 2001 年，中国老年人口已达 1.3 亿，占总人口的 10%，中国已成为老年型的国家。预计到 2025 年，中国老年人口将达 2.8 亿，届时全国老年人每年潜在的消费能力可达到约 3 000 亿元人民币。国际上，特别是发达国家的人口也有相同的老龄化趋势。当前平均年龄最长的“长寿国”为日本。由于自然的规律所致，老年人患病的机会较大，如在中国约半数的老龄人口患有一种至几种非传染性疾病。又如据不完全统计资料，当前中国公民一生的医疗费中，平均 40% 左右用于生命最后的 1~2 年。因此老龄年人口对医疗的需求量是较大的。而如此庞大的老年人群必将给老年医药产业带来机会，将会形成新的经济增长点。因此适应老年人需要的保健和治疗的药物将会占据愈来愈重要的地位。这也将会成为 21 世纪医药学发展的热点和特征之一。

根据当前生命体正常生长发育规律研究的结果，可以认为：人的正常寿命应该是在 120~130 岁。因此，随着社会及医药学的进步，到 21 世纪中期，80~90 岁的老人大多仍可活得很健康，而且人的平均寿命将可达到 80~90 岁以上（除个别动乱国家外），那时将会出现百岁老人满街跑不为奇的景观<sup>[27,28]</sup>。

10 其他

在 21 世纪中，人类将有可能应用遗传工程技术提高本身的体力、智力或美貌的素质。剑桥大学著名物理学家史提芬·霍金在上世纪末，在美国总统参与下，被请到白宫，在“千年系列讲座”上，作题为《想象和变革：未来一千年的科学》的科学发展预测报告上就做出了上述的预测。我们认为：既然可以医治人类的遗传病，将某些人从代代相传的病人变成代代相传的健康人，那么通过高新科技将人类变得更加健康、更加聪明和美丽，是否也是一个明智之举？仅提供大家讨论。

自然生态环境受到严重的破坏，污染也日益严重，这又使得人类的生存环境和健康受到很大的影响和威胁。因此在 21 世纪人类将会克服重重的阻力实施巨大的持续不断的生态工程，以保护人类健康生存和生产力持续性发展的最基本的条件。在 21 世纪除了应用常规的生态工程技术外，应用生物工程改良后的植物和微生物还可帮助清除环境污染物（如空气中的有毒气体，土壤中沉积的有毒重金属元素等），应用基因工程还有可能将短期开花的各种花卉均变成终年开花的花卉等，这些将能使人类生存的地球有可能会变得更为清洁和美丽。又如，随着农业现代化的进程，人类也将得到愈来愈多的营养均衡且全面丰富的、无污染的健康绿色食品等。这些，无疑也都将会对人类的生存和健康产生深远的影响。

另外，在 21 世纪，由于分子生物学和生物技术在医药学的应用将有可能会产生新的伦理学问题并将会引起广泛的关注与讨论，但人类社会定将能制定出许多相关的新的合理的法规和条例来解决所面临的社会伦理学问题，从而有可能使得在新世纪中，新的先进的医药学得到迅速健康的发展，同时又能限制新医药学可能带来的消极的负面影响<sup>[29]</sup>。

11 21 世纪发展的崭新的医药学与 20 世纪医药学的关系

当我们看到 21 世纪医药学将产生的巨大突破和变革的时候，我们不能不看到除了与基因组有关的医药学的进展外，应用多种其他新的科技手段，在 20 世纪的医药学领域中已发生了或正在发生着许多重大的变革，如：随着光电子学和微机等的发展和应用，已出现一代又一代崭新的、自动化定量的、敏感的有效地检测或治疗的先进仪器设备和技术，从而已使得或正使得疾病的诊断和治疗的水准显著地提高了；又如随着化学科学和工程学的发展，加上被研究的生物资源的扩大，分离提纯或加上人工合成的新的有效药物，也仍在不断的涌现；以及由于显微或微创外科技术的创建、新型材料在医学上的应用以及人工智能技术在医疗操作上的应用等，均已使得 20 世纪的医药学取得了巨大的进步。无疑，上述这些 20 世纪有效应用的医药学技术将会在 21 世纪继续得到应用、发展与提高。21 世纪发展的上面所列举的十个方面的崭新医药学，也将只是新的突破，也仅仅是过去医药学的发展和补充，虽然这种发展具有十分不同寻常的重要的意义。

参考文献：

[ 1 ] 李宝健. 面向 21 世纪生命科学发展前沿[ M ]. 广州: 广东科技出版社, 1996: 1—14.

[ 2 ] NATHAN D Q. FONTANAROSA P B, WILSON J N. Opportunities fom edical research in the 21<sup>st</sup> century[ J ]. JAMA, 2001, 285( 5 ): 533—534.

[ 3 ] 张在文. 20 世纪医学发展态势 21 世纪医学发展预测[ J ]. 医学与哲学, 2000, 21( 1 ): 60—62.

[ 4 ] VENTER J C, ADAMS M D, MYERS E W. The sequence of

the human genome[ J ]. Sci, 2001, 291(5507): 1304—1351.

[ 5 ] 香山科学会议办公室. 人类基因组计划与 21 世纪医学发展战略[ J ]. 科学对社会的影响, 1998(1): 43—49.

[ 6 ] ABELSON P H. A third technological revolution[ J ]. Sci, 1998, 279: 2019.

[ 7 ] ROOS D S. Computational biology. Bioinformatics-trying to swim in a sea of data[ J ]. Sci, 2001, 291: 1260—1261.

[ 8 ] FIELDSS. PROTEOMICS: Proteomics in Genomeland[ J ]. Sci, 2001, 291: 1221—1224.

[ 9 ] 李宝健. 展望 21 世纪的生命科学[ J ]. 生命科学, 2000, 12(1): 37—40.

[ 10 ] COLLINS F S, McKUSICK V A. Implications of the human genome project for medical science[ J ]. JAMA, 2001, 285: 540—544.

[ 11 ] ALEMIEUX B, AHARONI A, SCHENA M. Overview of DNA chip technology[ J ]. Molecular Breeding, 1998, 4: 277—289.

[ 12 ] KAJIEH, LEIDENJM. Gene and stemcelltherapies[ J ]. JAMA, 2001, 285(5): 545—550.

[ 14 ] MULLIGANRC. The basic science of genetherapy[ J ]. Sci, 1993, 260: 926—932.

[ 15 ] Genetherapy's trials[ J ]. Nature, 2000, 405: 599.

[ 16 ] 陈贤义. 控制慢性非传染性疾病, 迎接 21 世纪挑战[ J ]. 中国慢性病预防与控制, 1998, 6(4): 145—152.

[ 17 ] MICHAUD C M, MURRAY C J L, BLOOM B R. Burden of disease implications for future research[ J ]. JAMA, 2001, 285(5): 535—539.

[ 18 ] COHEN M L. Resurgent and emergent disease in a changing world[ J ]. British Medical Bulletin, 1998, 54(3): 523—532.

[ 19 ] BUMOL T F, WATANABE A M. Genetic infomahon, genomic technologies, and the future of drug discovery[ J ]. JAMA, 2001, 285(5): 551—555.

[ 20 ] COUZIN J. Chaos reigns in RNA transcripion[ J ]. Sci, 2002, 298: 1538.

[ 21 ] 李时珍. 本草纲目[ M ]. 1552.

[ 22 ] 神农本草[ M ]. 221 B. C—220.

[ 23 ] 侯灿. 中西医调整机体内稳态方法比较研究—略论中西医结合的一个结合点田[ J ]. 中国中西医结合杂志, 1998, 18(4): 199—201.

[ 24 ] GRIFFITH L G, GRODZINSKY A J. Advances in biomedical engineering[ J ]. JAMA, 2001, 285(5) : 556—561.

[ 25 ] FUCHSE, SEGREJ A. Stem cells: a new lease on life[ J ]. Cell, 2000, 100(1): 143—155.

[ 26 ] NIKLASON L E, LANGER R. Prospects for organ and tissue replacement[ J ]. JAMA, 2001, 285(5): 573—576.

[ 27 ] 赵瑞芹. 面向 21 世纪, 迎接人口老龄化的挑战[ J ]. 中国慢性病预防与控制, 1998, 6(6): 257—258.

[ 28 ] 任涛, 李立明. 全球疾病负担的现状, 趋势及其防治对策的选择[ J ]. 中国慢性病预防与控制, 1997, 7(1): 1—3.

[ 29 ] GOLDNER J A. Dealing with conflicts of interest in biomedical research: IRB oversight as the next best solution to the abolitionist approach[ J ]. J Law, Medicine & Ethics, 2000, 28(4): 379—404.

A Perspective of Major Advances of the 21<sup>st</sup> Century Medical Sciences

LI Bao jian<sup>1</sup>, LIU Qiu yun<sup>1</sup>, LI Gang<sup>1</sup>, HE Kang ze<sup>2</sup>

(1. Key Laboratory of Gene Engineering of Ministry of Education and Biotechnology Research Center, Sun Yat-sen University, Guangzhou 510275, China;

2. Department of Biology, Syracuse University, Syracuse NY 13244, USA)

**Abstract:** The 21<sup>st</sup> century will be an era of revolutionary development in biological sciences, and an era of great development in medical sciences. This era is characterized by the era of functional genomics the post genomic era. The authors have made predictions on the perspective of development of medical sciences in this century on the following ten aspects: progresses to be made in human genome project; gene based treatment; successes to be made in gene therapy; integration of health care, prevention, treatment and recovery by future medicine; mass emergence of novel and effective medicines; modernization of traditional Chinese herbal medicine; repair and replacement of scraped human tissues and organs; prevention and treament of senile diseases and extension of life expectancy. The article has sketched the development of future medicine and pointed important directions.

**Key words:** development of medical sciences; functional genomics