

# 钉螺遗传学及其生物学特性的研究进展

周晓农, 李石柱, 刘琴, 张仪

【提要】钉螺的生物学研究一直受到研究者关注,近年来许多研究者运用种群遗传学、分子生物学等方法对钉螺遗传学特性,及其与钉螺分布和对血吸虫易感性等开展了系列研究,旨在探索阻断血吸虫生活史的新方法。但国内就钉螺遗传学研究特别是与日本血吸虫相容性的遗传特性方面的研究仍较薄弱,今后研究重点应借鉴国际上对曼氏血吸虫中间宿主——光滑双脐螺的大量研究结果与方法,特别是借助基因组学、转录组学和蛋白组学等现代研究方法,开展钉螺遗传特性及其与血吸虫关系的研究,以提升我国钉螺遗传学的研究水平。

【关键词】钉螺;遗传学;生物学特性;研究进展

中图分类号:R383.241 文献标识码:A

## Advances on Genetics and Biological Characteristics of *Oncomelania hupensis*

ZHOU Xiao-nong, LI Shi-zhu, LIU Qin, ZHANG Yi

(National Institute of Parasitic Diseases, Chinese Center for Disease Control and Prevention, WHO Collaborating Centre for Malaria, Schistosomiasis and Filariasis, Shanghai 200025, China)

【Abstract】This review focused on the research progress in genetic features of *Oncomelania hupensis*, including its relation to the snail distribution, susceptibility to *Schistosoma japonicum*. Series studies were done on genetic characteristics for snail distribution and its infectivity with *S. japonicum* by using population genetics and molecular biology approaches to explore the new avenue to block the transmission of schistosomiasis. However, limited progress has been achieved in this field inside in China comparing with global achievements. It is therefore recommended that future studies have to be focused on genetic features related to schistosome infections by referencing the study model of *Biomphalaria glabrata* / *S. mansoni*, and with assistance of modern technology on biomics, in order to improve investigations on genetics of *Oncomelania hupensis* in the country.

【Key words】*Oncomelania hupensis*; Genetics; Biological Characteristics; Advances

湖北钉螺是日本血吸虫惟一的中间宿主,在日本血吸虫病的传播过程中起着重要作用,其分布区域直接决定着日本血吸虫病的流行范围<sup>[1]</sup>。钉螺主要分布于东南亚地区,北起北纬 36°(日本利根川),南达南纬 3°(印尼苏拉威西),西至东经 99°(中国云龙县),东抵东经 140°(日本利根川)。涉及的国家主要有中国(包括台湾省)、日本、菲律宾和印度尼西亚,各地均曾有日本血吸虫病的流行。我国台湾岛虽无血吸虫病病例报道,但有钉螺分布,为自然疫源地。从钉螺的世界分布图可见(图 1),钉螺分布区除了在长江中下游地区连成一片外,其他地区多呈分散、孤立的片状分布,各分布区域或以大海相隔,或被高山所阻,形成了显著的地理分隔状态<sup>[2]</sup>。钉螺的分布特征如何影响钉螺遗传分化与特性,这也是近年来受到研究者关注的问题之一<sup>[3]</sup>。

自从 1881 年 V. Gredler 将德国神父 P. Fuchs 在中国湖北武昌府(现为汉口地区)采集到的肋壳钉螺标本命名为 *Oncomelania hupensis* (Gredler, 1881) 后<sup>[4]</sup>。

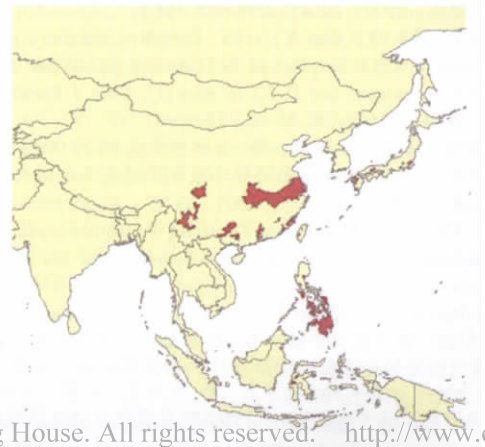


图 1 钉螺的世界分布<sup>[1]</sup>

Fig.1 Geographic distribution of *Oncomelania* spp. in the world

130 多年来, 国内外研究者对钉螺生物学、钉螺系统分类学以及钉螺与血吸虫相互关系进行了长期、大量的研究<sup>[5-7]</sup>。特别是近年来, 许多研究者运用种群遗传学、分子生物学等方法对钉螺遗传学特性, 以及其与钉螺分布、血吸虫易感性关系等开展了系列研究, 这些研究不仅是血吸虫病防治研究工作中的重点, 而且推动了钉螺分类学等基础性研究<sup>[8]</sup>。本文旨在对钉螺遗传学研究进展作一综述, 着重在钉螺遗传学特性及其与钉螺分布和钉螺感染日本血吸虫的易感性的关系进行阐述, 并提出今后研究的重点方向。

## 1 湖北钉螺的遗传特性

**1.1 表观遗传特性** 钉螺表观遗传特性方面, 早期研究重点在于钉螺内、外部形态特征(螺壳、厣核和齿舌等), 并将其作为钉螺分类的重要依据。在此期间共发表了 11 个属(*Oncomelania*、*Melania*、*Sulcospira*、*Pachydrobia*、*Hemibia*、*Prososthenia*、*Blanfordia*、*Katayama*、*Hypsobia*、*Schistosomophora* 和 *Tricula*) 30 个种和亚种, 其中仅采集于中国的就有 20 个种 2 个亚种<sup>[9]</sup>。刘月英等(1981)对我国分布的湖北钉螺表观遗传性状进行了描述和分析, 结合钉螺的地理分布特性, 把我国的湖北钉螺划分为 7 个亚种, 分别为指名亚种(*O. h. hupensis*)、丘陵亚种(*O. h. fausti*)、福建亚种(*O. h. tangi*)、广西亚种(*O. h. guangxiensis*)、滇川亚种(*O. h. robertsoni*)、台湾亚种(*O. h. formosana*)和滨海亚种(*O. h. chiui*)<sup>[10]</sup>。但自 20 世纪 90 年代以来, 应用数值分类法对我国不同地区钉螺的形态特征进行研究, 发现以钉螺表观遗传特征作为分类依据并不可靠, 使钉螺的分类存在较多的同物异名种<sup>[11]</sup>。

**1.2 生殖遗传特性** 基于种群概念和生殖隔离理论的钉螺生殖遗传特性研究, 促使钉螺分类的认识逐渐趋于统一。多项遗传学研究发现, 虽然世界各地钉螺形态有所不同或按一定规律变异, 但若以生殖隔离、染色体同源的遗传特性划分, 世界各地的钉螺可视为同一种, 只是在种下有不同地理株或亚种之分<sup>[12,13]</sup>。因此, 许多研究者试图采用遗传学特征来揭示钉螺亚种的分类地位, 同时采用细胞生物学、蛋白质大分子和核酸分子技术等方法, 对钉螺亚种分类和群体遗传学做了大量研究。

在钉螺染色体研究方面, Burch 等对各地的钉螺染色体进行了研究, 发现 *O. formosana*(台湾)、*O. hupensis*(中国大陆)、*O. nosophora*(日本)和 *O. quadrasi*(菲律宾)4 种钉螺的染色体数目相等, 都是 17 对 ( $2n=34$ ), 支持湖北钉螺是一个种的结论<sup>[14-16]</sup>; 国内研究者的研究结果与之相近, 但发现在核型公式上钉螺各地

域株间存在差异, 云南株的核型公式为  $18m+4sm+8s+2t+$  性染色体, 湖北株的为  $12m+6sm+12st+2t+$  性染色体, 江苏株的为  $16m+14sm+2t+$  性染色体, 此差异可能与细胞遗传基础(即核型的独特性)有关, 进一步支持了湖北钉螺指名亚种和滇川亚种之间在细胞水平上已存在分化<sup>[17,18]</sup>。

**1.3 分子遗传特性** 基于生殖遗传特性的研究解决了钉螺种的分类学问题, 但对种下分类仍存在疑而未决的问题。因此, 在过去的 10 多年中, 随着现代分子遗传学的发展, 钉螺的分子遗传特性研究进一步深入, 主要集中在钉螺种群同工酶谱差异、DNA 差异和基因序列差异等方面的研究。

在钉螺同工酶谱分析方面, 研究者通过同工酶谱分析法对钉螺进行广泛研究, 如应用同工酶电泳对湖北钉螺各亚种进行研究, 结果显示菲律宾钉螺和中国大陆的钉螺的各自种群内的遗传距离较小, 但菲律宾钉螺与中国安徽钉螺之间的遗传距离分化较大<sup>[20]</sup>。对中国 34 个螺群的同工酶研究发现, 钉螺种群内变异较小, 种群间变异则较大, 且光亮钉螺的变异远大于肋壳钉螺, 并认为钉螺在从喜马拉雅山脉扩散到长江湖区的过程中, 因环境变化和严重的地理隔离, 使之发生了剧烈的基因漂流<sup>[21]</sup>。Davis 等<sup>[5,12]</sup>研究中国不同地区 14 个螺群的同工酶, 发现钉螺存在比较大的遗传分化, 结合螺壳特征、解剖学数据, 把我国大陆的钉螺划分为湖北钉螺指名亚种、福建亚种和滇川亚种(图 2), 与刘月英(1981)的观点部分一致。此后, 很多研究者应用同工酶电泳技术对钉螺进行研究, 均发现不同地理种群的钉螺呈现出一定程度的变异和分化, 云南和四川省 2 地钉螺种群之间的遗传变异较少, 但湖北、福建、云南和四川等省 4 地钉螺种群酶谱之间的差异较大<sup>[22-26]</sup>。

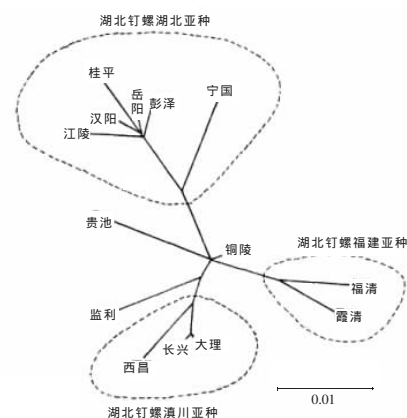


图 2 中国地区 14 个螺群 Nei 氏遗传距离无根 FITCH 遗传分化图

Fig.2 The FITCH diagram without root based on Nei's genetic distance of 14 population of *Oncomelania hupensis* in mainland of China

基于钉螺 DNA 差异的研究, 各研究报道采用了不同的研究方法。应用 *Bam*H 和 *Pst* 两种内切酶分别对中国大陆的 9 个省 (市) 的螺群钉螺进行 RFLP 分析, 结果显示不同螺群之间已发生一定的遗传分化<sup>[27]</sup>。应用 PCR 对核糖体 DNA (rDNA) 内转录内间隔区 (ITS) 和 5S 进行扩增后, 分别用 *Msp*、*Rsa*、*Cfo*、*Alu* 和 *Taq* 等 5 种内切酶进行酶切, 结果发现中国大陆、菲律宾和日本等国的 3 个湖北钉螺亚种之间存在明显的遗传变异<sup>[28]</sup>。上述研究均提示, 分布在中国大陆的不同钉螺种群之间发生了显著的遗传分化。应用 RAPD 技术对我国大陆光壳钉螺的研究表明, 我国各地光壳钉螺间存在较大的遗传变异, 其变异程度与采集地的地理环境有一定关系<sup>[29]</sup>。对我国 9 省 17 地的钉螺研究发现, 我国钉螺在基因水平上可分为 3 大分支, 即湘鄂皖赣地域株、滇川地域株和闽台地域株, 与 Davis 等<sup>[30]</sup>基于同工酶研究的结果基本一致。应用 AFLP 分析法对我国大陆 9 省 13 个钉螺群体基因组 DNA 研究, 显示不同地区湖北钉螺群体内遗传变异程度不同, 有的相差较大, 如江西星子县钉螺群体内遗传多变异较大, 而广西宜州钉螺群体内遗传变异较小<sup>[31]</sup>。采用 SSR-PCR 技术研究表明, 在基因水平上我国钉螺可分为 3 大分支<sup>[32,33]</sup>。

基于钉螺保守基因序列差异的研究, 近年来, 石朝辉等、Spolsky 等、Wilke 等、李石柱等分别采用了 PCR 法扩增线粒体细胞色素 C 氧化酶 (CO) 基因和细胞色素氧化酶 b (Cytb) 基因等, 分析了不同地区湖北钉螺的序列差异<sup>[8]</sup>。如对四川、云南和江西等省 3 地钉螺 mtDNA 的 Cytb 基因序列进行分析, 其结果支持

Davis 将中国大陆湖北钉螺分为 3 个亚种的观点<sup>[34]</sup>; 对鄂湘皖浙苏 5 省光、肋壳钉螺 mtDNA 的 COI 基因的序列分析, 发现肋壳钉螺螺群间无明显的遗传差异, 利用 COI 基因序列构建的遗传树状图, 结合生态学和形态学数据分析, 显示长江中下游的光壳钉螺和肋壳钉螺均属于湖北钉螺指名亚种<sup>[35]</sup>; 湖北庙河地区的 COI 基因序列分析结果认为, 光壳钉螺和肋壳钉螺尽管形态上形成不同的表型, 但序列分析表明两种表型的钉螺均为湖北钉螺指名亚种 (*O. h. hupensis*)<sup>[36]</sup>。

2 钉螺的地理分布特性

钉螺主要分布在中国长江中下游及其以南地区、日本、菲律宾和印度尼西亚苏拉威西等地<sup>[5,37]</sup>。由于钉螺分布广泛, 又受不同地理环境影响, 钉螺的不同地理种群呈现出生理特性的差异, 并发生了显著的遗传分化和变异, 表现出丰富的遗传多样性<sup>[1,38]</sup> (表 1)。这些遗传多样性可为钉螺分布与扩散研究提供丰富的遗传标记。为此, 近年来较多的国内外研究者应用分子遗传学技术对钉螺的遗传标记开展了系列的研究。

钉螺的分布与其孳生地的生态环境有着密切的关系<sup>[1,2,8]</sup>, 而钉螺长期孳生于同一生态环境后, 导致钉螺遗传变异趋于一致, 多数研究者认为湖北钉螺的种下分型与自然进化关系较大, 并显著受到地理隔离和孳生环境等自然因素的影响<sup>[12,37]</sup>。

湖北钉螺指名亚种主要分布在长江中下游的湖南、湖北、江西、安徽和江苏等省的湖沼、水网和丘陵的广大地区<sup>[10]</sup>。长期以来, 湖北钉螺指名亚种不同地理群体发生了显著的遗传分化, 如湖北庙河流域

表 1 钉螺在世界的分布<sup>[1]</sup>  
Table 1 Geographic distribution of *Oncomelania* spp. in the world<sup>[1]</sup>

亚 种 Subspecies	区域分布 Distribution Region
钉螺 <i>Oncomelania</i> (Gredler, 1881)	
微小钉螺 <i>O. minima</i> (Bartsch, 1936)	日本
湖北钉螺 <i>O. hupensis</i> (Gredler, 1881)	中国大陆地区
指名亚种 <i>O. h. hupensis</i> (Gredler)	长江中下游地区
光壳钉螺株 <i>O. h. hupensis fausti</i> strain	长江中下游的山区丘陵环境
肋壳钉螺株 <i>O. h. hupensis hupensis</i> strain	长江中下游的江湖洲滩环境
福建亚种 <i>O. h. tangi</i> (Bartsch)	中国沿海地区
福建钉螺株 <i>O. h. h. tangi</i> strain	福建地区
广西钉螺株 <i>O. h. h. guangxi</i> strain	广西地区
苏北钉螺株 <i>O. h. h. subei</i> strain	江苏北部沿海地区
滇川亚种 <i>O. h. robertsoni</i> (Bartsch)	中国西南部地区
云南钉螺株 <i>O. h. h. yunnan</i> strain	云南地区
四川钉螺株 <i>O. h. h. sichuan</i> strain	四川地区
台湾亚种 <i>O. h. formosana</i> (Pilsbry & Hirase, 1905)	中国台湾地区
邱氏亚种 <i>O. h. chiu</i> (Habe & Miyazaki, 1962)	中国台湾地区
片山亚种 <i>O. h. nosophora</i> (Robson, 1915)	日本
夸氏亚种 <i>O. h. quadrasi</i> (Möllendorff, 1895)	菲律宾
林杜亚种 <i>O. h. lindoensis</i> (Davis & Carney, 1973)	印度尼西亚苏拉威西岛



上、下游地区的钉螺螺壳分别为光壳和肋壳, 呈明显形态差异, 但线粒体基因 COI 序列显示两种螺壳形态的钉螺却未表现出明显的差异, 提示均为湖北钉螺指名亚种<sup>[5,39]</sup>。如 Davis 等根据钉螺内外部形态特征、同工酶电泳图谱等指标的综合分析, 突破了以往对螺壳形态认识的限制, 认为丘陵亚种不能作为一个亚种, 只是湖北钉螺湖北亚种的一种光壳形式; 广西亚种则由于与湖北亚种更紧密地聚集在一个相关组, 认为其虽不是一个独立亚种, 但仍可能为杂合种, 从而提出了 3 个亚种的分类体系, 以及有关“福建亚种”和“广西亚种”及可能为杂合种的观点<sup>[5]</sup>。国内研究者在此基础上进一步深入研究, 发现广西钉螺的基因组 AFLP 和 SSR-PCR 扫描等多种分子生物学特征与其他地区的特征不同<sup>[38]</sup>, 认为广西钉螺应为一个独立亚种。

李石柱等<sup>[40]</sup>基于核糖体 DNA 的 ITS1-ITS2 和 mtDNA-16S 基因序列构建我国大陆湖北钉螺不同景观种群的系统发生关系, 结果显示我国大陆湖北钉螺种群可分为 4 个主要分支, 即长江中下游地区的种群、云南和四川的高山型种群、广西内陆山丘型种群和福建沿海山丘型种群, 与其孳生地的景观生态类型的划分一致。核糖体 DNA 的 ITS1-ITS2 和 mtDNA-16S 基因序列的遗传差异程度与采集地的地理距离之间相关性显著 ( $P < 0.01$ ), 相关指数分别为  $R_{ITS1-ITS2} = 0.784$  和  $R_{16S} = 0.717$ , 群体遗传分布格局符合距离隔离模型 (isolation-by-distance model)。支持了广西亚种的单系性, 然而, 福建亚种与临近指名亚种浙江群体之间的趋同分化和种群遗传边界的重叠尚需深入研究。而湖北钉螺线粒体基因组的报道, 将为这些研究提供新的分子标记<sup>[41]</sup>。

### 3 钉螺对日本血吸虫的易感性

钉螺最重要生理学特性是钉螺与日本血吸虫的相容性, 也即钉螺对日本血吸虫的易感性<sup>[1]</sup>。日本血吸虫能否在钉螺体内生存是寄生虫干扰能力与宿主抵抗力相互作用的结果<sup>[42]</sup>, 日本血吸虫与钉螺宿主的相容性程度取决于血吸虫感染性基因和宿主的抗感染基因<sup>[3]</sup>。同工酶 (isoenzyme) 是基因的表现型, 受到基因的调控, 因而寄生虫与其螺类宿主的同工酶等位基因比较, 能为两者的相容性提供分子遗传学水平的证据<sup>[43]</sup>。早在 20 世纪 50 年代我国研究者已证明不同地区的钉螺对日本血吸虫相容性不同<sup>[44,45]</sup>。之后, 国内研究者分析了中国 33 个采集点钉螺易感性与等位基因频率之间的关系, 提出 MDH2 基因位点与钉螺易感性相关<sup>[46]</sup>。之后, 发现 PGM、MDH、ACP、PO 及 EST 等酶可能与日本血吸虫/钉螺的相容性有关<sup>[26,47]</sup>。但相

关关系并不表明不同酶带型决定了宿主对寄生虫的易感性, 可能是编码同工酶的基因位点与抵抗性有关的基因相关联<sup>[47,48]</sup>。

血淋巴在钉螺防御日本血吸虫侵袭中起着重要作用<sup>[3,47]</sup>, 目前已知钉螺至少有 4 种细胞参与内部防御功能, 其中最重要的是移行细胞, 即血淋巴细胞, 该细胞在循环的血淋巴液中, 能通过吞噬、包饮和细胞毒反应等方式排除异己<sup>[49]</sup>。已证实钉螺血淋巴细胞具有抑制金黄色葡萄球菌和大肠埃希菌生长、以及吞噬杀灭白色念珠菌等免疫功能<sup>[50]</sup>。钉螺血淋巴中的伸展性阿米巴细胞胞浆中具有呈棕色颗粒的碱性磷酸酶 (ACP) 阳性反应物<sup>[51]</sup>。其他研究表明, 血淋巴的许多细胞因子例如血浆因子 (plasma factors)、纤维蛋白原相关蛋白 (FREPs) 和类细胞因子复合物在螺类抵御寄生虫侵袭中起重要作用<sup>[52,53]</sup>。同时发现, 螺类的 FREPs 是一类来源于螺类血淋巴的具有特异分子结构的血凝素, 其 N-末端含有一个或两个免疫球蛋白超家族结构域, C-末端含有一个纤维蛋白原结构域, 其家族的部分成员能结合到寄生虫表面, 并能加速寄生虫表面抗原的溶解, 在螺类天然免疫中起着重要作用<sup>[54]</sup>。血淋巴所包含的另一组成分——植物血凝素能识别寄生虫的碳水化合物, 在介导细胞应答中起着重要作用<sup>[55]</sup>。体外试验也表明植物血凝素供刀豆球蛋白 A (ConA) 能加强血淋巴细胞的细胞毒性<sup>[3]</sup>。

近年来, 国外已有较多对螺类与寄生虫间关系的研究<sup>[50,51]</sup>。最新研究发现光滑双脐螺有一个具有两个碳水化合物识别区的串联的 S-乳糖血凝素基因, 预测其蛋白的相对分子质量 ( $M_r$ ) 为 32 000, 其重组表达蛋白具有凝集兔红细胞的活性, 其活性能被半乳糖特异性阻断, 它能选择性的识别与血吸虫相关糖类-乙酰氨基乳糖, 并能特异性的结合到曼氏血吸虫子胞蚴的表皮<sup>[56]</sup>。另外一些研究发现, 一些分子在光滑双脐螺抵御曼氏血吸虫的侵袭中起着重要作用, 包括光滑双脐螺的  $\alpha$  巨球蛋白蛋白酶阻遏物 (alphaM)、RFLPs 基因血浆因子 (plasma factors)、纤维蛋白原相关蛋白 (FREPs)、整合素  $\alpha$ 、 $\beta$  亚单位 ( $\alpha\beta$  integrin)、 $\alpha$  巨球蛋白蛋白酶阻遏物 ( $\alpha$ -macroglobulin), 热休克蛋白 70 (HSP70), Cu/Zn 过氧化物歧化酶和类细胞因子复合体等<sup>[57-62]</sup>, 而这些重要分子的发现将促进螺类生理学以及对血吸虫易感性的研究, 并为遗传基因控制血吸虫和钉螺的研究提供了理论依据。

### 4 今后研究方向与重点

日本血吸虫的生活史复杂, 在日本血吸虫感染钉螺的过程中, 钉螺与血吸虫间的相互作用关系更复

杂。近年来许多研究者从钉螺的遗传特性入手分别对钉螺的分类与地理分布、与血吸虫相容性等方面进行了研究,旨在探索阻断血吸虫生活史新方法,从而为控制血吸虫病传播等防治干预措施的采用提供理论依据。随着现代生物技术的不断更新,钉螺生物遗传学的研究仍是今后血吸虫病防治研究工作中的重点领域。

4.1 钉螺的分类学研究 由于其综合了钉螺研究的各方面的知识,因此这一研究方向不但一直是过去 100 多年的研究重点,也是今后钉螺生物学研究的永恒主题,但需应用现代遗传学技术和手段,包括全基因组测序等,为钉螺的种下分类提供更详实信服的证据。

4.2 钉螺的地理分布的研究 急需掌握我国不同地区的钉螺种群遗传信息,建立钉螺遗传信息库,为充分利用现代群体遗传学方法来掌握钉螺种群扩散规律、监测钉螺扩散趋势提供科学依据<sup>[40]</sup>。特别是我国血吸虫病防治进程进入消除阶段时,这一方面的研究更为重要。

4.3 钉螺与日本血吸虫病相容性问题 随着“共同抗原学说”和“干扰学说”等理论的出现<sup>[1,3,47]</sup>,研究的重点将是:① 钉螺体内血淋巴以及细胞因子在螺类防御血吸虫侵袭中起着何种重要作用以及相关机制;② 钉螺体内血淋巴表面的植物血凝素受体在识别寄生虫和介导细胞应答中的作用;③ 利用钉螺与血吸虫相容性原理,探索生物控制螺传疾病传播新途径。

纵观国内外对钉螺生物学及其遗传特性的研究,国内就钉螺遗传学研究特别是与日本血吸虫相容性的遗传特性方面的研究仍较少,部分内容尚属起步阶段,需要借鉴国际上对曼氏血吸虫中间宿主——光滑双脐螺的大量研究结果与方法,特别是借鉴基因组学、转录组学、蛋白组学等现代研究方法,以推进我国钉螺遗传学的研究进程。

## 参 考 文 献

- [1] Zhou XN. Science on *Oncomelania* Snail[M]. Beijing: Science Press, 2005. (in Chinese)  
(周晓农. 实用钉螺学[M]. 北京: 科学出版社, 2005.)
- [2] Chen MG, Zhou XN, Hirayama K. Schistosomiasis in Asia, Asian Parasitology (Vol. 5) [R]. Tokoy: Akihiko Yano, FAP Press, 2005.
- [3] Zhou XN, Zhang Y, Zeng XP, et al. Advances and prospective in research on medical malacology[J]. Chin J Parasitol Parasit Dis, 2001, 19(2): 116-120. (in Chinese)  
(周晓农, 张仪, 曾肖芃, 等. 医学贝类学研究进展及发展方向[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2001, 19(2): 116-120.)
- [4] Kang ZB. Comments on some problems of taxonomy of *Oncomelania*[J]. Jpn J Parasitol, 26(2): 100-105.
- [5] Davis GM, Zhang Y, Guo YH, et al. Systematic status of *Oncomelania hupensis* (Gastropoda: Pomatiopsidae) throughout China [J]. Stud Mar Sin, 1997, 39(2): 89-95. (in Chinese)  
(Davis GM, 张仪, 郭源华, 等. 中国湖北钉螺(腹足纲: 圆口螺

- 科)分类现状[J]. 海洋科学集刊, 1997, 39(2): 89-95.)
- [6] Chi LW, Wagner ED, Wold N. Susceptibility of *Oncomelania* hybrid snails to various geographic strains of *Schistosoma japonicum* [J]. Am J Trop Med Hyg, 1971, 20(1): 89-94.
- [7] Mao SB, Shou BL. Notes on the classification of the *Oncomelania* snail hosts of *Schistosoma japonicum*[J]. Acta Zool Sin, 1954, 6(1): 1-14.
- [8] Li SZ, Wang Q, Qian YJ, et al. Subspecies differentiation of *Oncomelania hupensis* in mainland of China [J]. Chin J Schisto Control, 2009, 21(2): 150-153. (in Chinese)  
(李石柱, 王强, 钱颖骏, 等. 中国大陆湖北钉螺种下分化研究进展[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2009, 21(2): 150-153.)
- [9] Liu YY. Notes on the classification of the Chinese oncomelaniid snails[J]. Acta Zool Sin, 1974, 20(3): 223-230. (in Chinese)  
(刘月英. 关于我国钉螺的分类问题[J]. 动物学报, 1974, 20(3): 223-230.)
- [10] Liu YY, Zhang WZ, Wang YX. Medical Malacology[M]. Beijing: China Ocean Press, 1993: 42-46. (in Chinese)  
(刘月英, 张文珍, 王耀先. 医学贝类学[M]. 北京: 海洋出版社, 1993: 42-46.)
- [11] Guo YH. Intermediate host of *Schistosoma japonicum*-classification of oncomelaniid snail [J]. Chin Med J, 1956, 42(4):373-384. (in Chinese)  
(郭源华. 血吸虫中间宿主-钉螺的分类问题[J]. 中华医学杂志, 1956, 42(4): 373-384.)
- [12] Davis GM, Zhang Y, Guo YH, et al. Population genetics and systematic status of *Oncomelania hupensis* (Gastropoda: Pomatiopsidae) throughout China[J]. Malacologia, 1995, 37(1):133-156.
- [13] Liu YY, Lou ZK, Wang YX. Subspecies differentiation of oncomelaniid snails[J]. Acta Zootaxon Sin, 1981, 6(3): 253- 266. (in Chinese)  
(刘月英, 楼子康, 王耀先. 钉螺的亚种分化[J]. 动物分类学报, 1981, 6(3): 253-266.)
- [14] Burch JB. Chromosomes of pomatiopsis and *Oncomelania*[J]. Amer Malacol Union Ann Rept, 1960, 26(1): 15-16.
- [15] Burch JB. Cytotaxonomy of the genus *Oncomelania*, intermediate hosts of schistosomiasis japonica[J]. Amer Malacol Union Ann Rept, 1964, 31(1): 28-29.
- [16] Burch JB. Chromosomes of intermediate hosts of human bilharziasis[J]. Malacologia, 1967, 5(2): 127-135.
- [17] Wang GT. Primary study on karyotype of two species of *Oncomelania hupensis*[J]. Hereditas (Beijing), 1989, 11(5): 21-23. (in Chinese)  
(王国棠. 湖北钉螺两个种核型的初步研究[J]. 遗传, 1989, 11(5): 21-23.)
- [18] Wang GT. Karyotype studies of *Oncomelania* snails in Yunnan Province[J]. Chin J Zoonoses, 1991, 7(3): 29-30. (in Chinese)  
(王国棠. 云南省钉螺染色体核型的研究[J]. 中国人兽共患病杂志, 1991, 7(3): 29-30.)
- [19] Yang GJ, Zhou XN, Sun LP, et al. Improvement of snail chromosome preparation and the initial analysis of karyotype[J]. Chin J Schisto Control 2001, 13(2): 94-95. (in Chinese)  
(杨国静, 周晓农, 孙乐平, 等. 钉螺染色体制备方法的改进和核型分析[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2001, 13(2): 94-95.)
- [20] Woodruff DS, Merenlender AM, Upatham ES, et al. Genetic variation and differentiation of three *Schistosoma* species from the Philippines, Laos, and Peninsular Malaysia[J]. Am J Trop Med Hyg, 1987, 36(2): 345-354.
- [21] Zhou XN, Sun LP, Hong QB, et al. Population genetics of *Oncomelania* spp. in mainland of China I. Genetic variations among populations of *Oncomelania* spp.[J]. Chin J Schisto Control, 1995, 7: 67-71. (in Chinese)  
(周晓农, 孙乐平, 洪青标, 等. 中国大陆钉螺种群遗传学研究 I. 种群遗传差异[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 1995, 7(2): 67-71.)
- [22] He L, Wang SH, Kang ZB, et al. Comparative study on EST isoenzyme of *Oncomelania* snails in Hubei and Yunnan Provinces [J]. Chin J Zoonoses, 1994, 10(5): 28-30. (in Chinese)

- (何立, 王少海, 康在彬, 等. 湖北与云南两省钉螺酯酶同工酶的比较研究[J]. 中国人兽共患病杂志, 1994, 10(5): 28-30.)
- [23] Wang SH, He L, Kang ZB, *et al.* Comparative study on the EST isoenzyme of *Oncomelania* snails from 6 counties of Yunnan Province [J]. Chin J Schisto Control, 1994, 6(5): 274-275. (in Chinese)  
(王少海, 何立, 康在彬, 等. 云南 6 县钉螺酯酶同工酶的比较研究[J]. 中国血吸虫病防治杂志, 1994, 6(5): 274-275.)
  - [24] Wang SH, He L, Kang ZB, *et al.* Comparative study on the isoenzyme patterns of *Oncomelania* snails in Sichuan and Yunnan Provinces [J]. Chin J Zoonoses, 1999, 15(1): 52-54. (in Chinese)  
(王少海, 何立, 康在彬, 等. 滇川钉螺的同工酶谱比较[J]. 中国人兽共患病杂志, 1999, 15(1): 52-54.)
  - [25] Wang SH, He L, Kang ZB, *et al.* The analysis on isoenzyme patterns of *Oncomelania* isolates from mainland China [J]. Chin J Parasit Dis Control, 1999, 12(1): 52-55. (in Chinese)  
(王少海, 何立, 康在彬, 等. 中国大陆不同自然隔离群钉螺的同工酶谱分析[J]. 中国寄生虫病防治杂志, 1999, 12(1): 52-55.)
  - [26] Zhang Y, Feng T, Davis GM. Studies on allozyme of *Oncomelania* snail in mainland China [J]. Chin J Parasitol Parasit Dis, 1994, 12(3): 172-177. (in Chinese)  
(张仪, 冯婷, Davis GM. 中国大陆钉螺等位基因位点研究[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 1994, 12(3): 172-177.)
  - [27] Zhou XN, Sun LP, Xu Q, *et al.* Genetic variation in RFLP of genomic DNA extracted from isolated populations of *Oncomelania hupensis* from different regions of mainland China [J]. Chin J Schisto Control, 1994, 6(4): 196-198. (in Chinese)  
(周晓农, 孙乐平, 徐秋, 等. 中国大陆不同地域隔离群湖北钉螺基因组 DNA 的限制酶切长度差异 [J]. 中国血吸虫病防治杂志, 1994, 6(4): 196-198.)
  - [28] Hope M, McManus DP. Genetic variation in geographically isolated populations and subspecies of *Oncomelania hupensis* determined by a PCR-based RFLP method [J]. Acta Trop, 1994, 57(1): 75-82.
  - [29] Xu J, Zheng J. Preliminary study on genetic diversity of smooth-shelled *Oncomelania hupensis* from mainland of China by random amplified polymorphic DNA technique [J]. Trop Dis Parasitol, 2003, 1(2): 68-71. (in Chinese)  
(许静, 郑江. 随机扩增多态性 DNA 技术对我国大陆光壳钉螺遗传多样性的初步探讨 [J]. 热带病与寄生虫学, 2003, 1(2): 68-71.)
  - [30] Liu R, Niu AO, Li L. Studies on the genetic variation of *Oncomelania hupensis* by using random amplified polymorphic DNA technique [J]. Chin J Parasit Dis Control, 2004, 17(3): 136-139. (in Chinese)  
(刘蓉, 牛安欧, 李莉. 用 RAPD 技术对湖北钉螺遗传变异的研究 [J]. 中国寄生虫病防治杂志, 2004, 17(3): 136-139.)
  - [31] Zhou YB, Zhao GM, Wei JG, *et al.* Study on the genetic diversity among populations of schistosome intermediate hosts within *Oncomelania hupensis* (Gastropoda: Risssooidea) in mainland China [J]. Chin J Epidemiol, 2006, 27(10): 865-870. (in Chinese)  
(周艺彪, 赵根明, 韦建国, 等. 25 个湖北钉螺种群扩增片段长度多态性分子标记的遗传变异研究 [J]. 中华流行病学杂志, 2006, 27(10): 865-870.)
  - [32] Niu AO, Xiong YW. Studies on the genetic variation of *Oncomelania hupensis* with SSR-PCR [J]. Chin J Parasit Dis Control, 2002, 15(4): 230-233. (in Chinese)  
(牛安欧, 熊衍文. 微卫星锚定 PCR 研究湖北钉螺的遗传变异 [J]. 中国寄生虫病防治杂志, 2002, 15(4): 230-233.)
  - [33] Guo JT, Zhou YB, Wei JG, *et al.* Sequencing on products of *Oncomelania hupensis* through simple sequence repeat anchored polymerase chain reaction amplification [J]. Chin J Epidemiol, 2008, 29(11): 1119-1122. (in Chinese)  
(郭俊涛, 周艺彪, 韦建国, 等. 湖北钉螺微卫星锚定 PCR 产物序列分析 [J]. 中华流行病学杂志, 2008, 29(11): 1119-1122.)
  - [34] Spolsky CM, Davis GM, Zhang Y. Sequencing methodology and phylogenetic analysis: cytochrome b gene sequence reveals significant diversity in Chinese populations of *Oncomelania* (Gastropoda: Pomatiopsidae) [J]. Malacologia, 1996, 38(1-2): 213-221.
  - [35] Wilke T, Davis GM, Chen CE, *et al.* *Oncomelania hupensis* (Gastropoda: Risssooidea) in eastern China: molecular phylogeny, population structure, and ecology [J]. Acta Trop, 2000, 77(2): 215-227.
  - [36] Shi CH, Qiu CP, Xia MY, *et al.* Preliminary study on cytochrome C oxidase 1 gene of *Oncomelania hupensis* from Miao River area in Hubei Province [J]. Chin J Parasitol Parasit Dis, 2001, 19(1): 41-44. (in Chinese)  
(石朝辉, 邱持平, 夏明仪, 等. 湖北省庙河地区钉螺细胞色素 C 氧化酶 1 基因差异的研究 [J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2001, 19(1): 41-44.)
  - [37] Davis GM. Different modes of evolution and adaptive radiation in the Pomatiopsidae (Prosobranchia: Mesogastropoda) [J]. Malacologia, 1981, 21(1-2): 209-262.
  - [38] Zhou YB, Jiang QW, Zhao GM, *et al.* Subspecies differentiation of *Oncomelania hupensis* from mainland China [J]. Chin J Schisto Control, 2007, 19(6): 485-487. (in Chinese)  
(周艺彪, 姜庆五, 赵根明, 等. 中国大陆钉螺的亚种分化 [J]. 中国血吸虫病防治杂志, 2007, 19(6): 485-487.)
  - [39] Shi CH, Wilke T, Davis GM, *et al.* Population genetics, microphylogeography, ecology, and infectivity of Chinese *Oncomelania hupensis hupensis* (Gastropoda: Risssooidea: Pomatiopsidae) in the Miao River system: is there a relationship to shell sculpture? [J]. Malacologia, 2002, 44(1): 333-347.
  - [40] Li SZ, Wang XY, Yang K, *et al.* Landscape genetics: the correlation of spatial and genetic distances of *Oncomelania hupensis*, the intermediate host snail of *Schistosoma japonicum* in mainland China [J]. Geospat Hlth, 2009, 3(2): 221-231.
  - [41] Li SZ, Wang YX, Liu Q, *et al.* Complete mitochondrial genome sequence of *Oncomelania hupensis* [J]. Chin J Parasitol Parasit Dis, 2009, 27(4): 291-296. (in Chinese)  
(李石柱, 王艺秀, 刘琴, 等. 湖北钉螺线粒体基因组全序列测定研究 [J]. 中国寄生虫与寄生虫病杂志, 2009, 27(4): 291-296.)
  - [42] Davis GM. Evolution of prosobranch snails transmit Asian *Schistosoma*: coevolution with *Schistosoma*, a review [J]. Prog Clin Parasitol, 1992, 3: 145-204.
  - [43] Davis GM, Zhang Y, Xu XJ, *et al.* Allozyme analyses test the taxonomic relevance of ribbing in Chinese *Oncomelania* (Gastropoda: Risssoacea: Pomatiopsidae) [J]. Malacologia, 1999, 41(1): 297-317.
  - [44] Yuan HC. Primary report on co-infection experiment between *Oncomelania hupensis* and *Schistosoma japonicum* from different regions of mainland China [C]// Chinese Medical Society. Proceedings of National Symposium on Parasitology. Beijing: People's Medical Publishing House, 1959: 186. (in Chinese)  
(袁鸿昌. 关于中国大陆不同地区钉螺及日本血吸虫交互感染实验初步报告 [C]// 中华医学会编. 全国寄生虫学术会议资料选集. 北京: 人民卫生出版社, 1959: 186.)
  - [45] Yuan HC, Zhang SJ, Jiang QW. Theory and Practice in Schistosomiasis Control [M]. Shanghai: Fudan Univer Press, 2003. (in Chinese)  
(袁鸿昌, 张绍基, 姜庆五. 血吸虫病防治理论与实践 [M]. 上海: 复旦大学出版社, 2003.)
  - [46] Zhou XN, Kristensen TK. Relationship between susceptibility and genotype frequency of *Oncomelania* spp. to *Schistosoma japonicum* from mainland China analysed by logistic regression [J]. J Moll Stud, 1995, 61: 500-502.
  - [47] Wang XQ, Mao SB. Relationship between snail and schistosomes [J]. Foreign Med Sci Parasit Dis, 1989, 9(2): 245-250. (in Chinese)  
(王晓勤, 毛守白. 螺与血吸虫的关系 [J]. 国外医学寄生虫病分册, 1989, 9(2): 245-250.)
  - [48] Van der Knaap WPW, Loker ES. Immune mechanisms in trematode-snail interactions [J]. Parasitol Today, 1990, 6(6): 175-182.
  - [49] Mitta G, Galinier R, Tisseyre P, *et al.* Gene discovery and expression analysis of immune-relevant genes from *Biomphalaria gl-*



- abrata* hemocytes[J]. Dev Comp Immunol, 2005, 29(5): 393-407.
- [50] Zhang HM, Zhuge HX, Wang YF, *et al.* Studies on hemocytes and its function of *Oncomelania hupensis*[J]. Chin J Parasitol Parasit Dis, 2007, 25(2): 141-144. (in Chinese)  
(张红梅, 诸葛洪祥, 王玉芳, 等. 钉螺血淋巴细胞及其功能的研究[J]. 中国寄生虫学与寄生虫病杂志, 2007, 25(2): 141-144.)
- [51] Tan P, Yang JM, Xiao SY, *et al.* Study on acid phosphatase of blood cells in *Oncomelania hupensis*[J]. Chin J Pub Hlth, 2005, 21(6): 679-680. (in Chinese)  
(谭平, 杨建明, 肖少玉, 等. 钉螺血淋巴细胞酸性磷酸酶活性的研究[J]. 中国公共卫生, 2005, 21(6): 679-680.)
- [52] Lockyer AE, Noble LR, Rollinson D, *et al.* *Schistosoma mansoni*: resistant specific infection-induced gene expression in *Biomphalaria glabrata* identified by fluorescent-based differential display[J]. Exp Parasitol, 2004, 107(1-2): 97-104.
- [53] Raghavan N, Miller AN, Gardner M, *et al.* Comparative gene analysis of *Biomphalaria glabrata* hemocytes pre- and post-exposure to miracidia of *Schistosoma mansoni*[J]. Mol Biochem Parasitol, 2003, 126(2): 181-191.
- [54] Zhang SM, Loker ES. Representation of an immune responsive gene family encoding fibrinogen-related proteins in the freshwater mollusk *Biomphalaria glabrata*, an intermediate host for *Schistosoma mansoni*[J]. Gene, 2004, 341(24): 255-266.
- [55] Miller AN, Raghavan N, FitzGerald PC, *et al.* Differential gene expression in haemocytes of the snail *Biomphalaria glabrata*; effects of *Schistosoma mansoni* infection[J]. Int J Parasitol, 2001, 31(7): 687-696.
- [56] Yoshino TP, Dinguirard N, Kunert J, *et al.* Molecular and functional characterization of a tandem-repeat galectin from the freshwater snail *Biomphalaria glabrata*, intermediate host of the human blood fluke *Schistosoma mansoni*[J]. Gene, 2008. (article in press)
- [57] Miller AN, Ofori K, Lewis F, *et al.* *Schistosoma mansoni*: Use of a subtractive cloning strategy to search for RFLPs in parasite-resistant *Biomphalaria glabrata*[J]. Exp Parasitol, 1996, 84(3): 420-428.
- [58] Goodall CP, Bender RC, Broderick EJ, *et al.* Constitutive differences in Cu/Zn superoxide dismutase mRNA levels and activity in hemocytes of *Biomphalaria glabrata* (Mollusca) that are either susceptible or resistant to *Schistosoma mansoni* (Trematoda)[J]. Mol Biochem Parasitol, 2004, 137(2): 321-328.
- [59] Guillou F, Mita G, Galinier R, *et al.* Identification and expression of gene transcripts generated during an anti-parasitic response in *Biomphalaria glabrata*[J]. Dev Comp Immunol, 2007, 31(7): 657-671.
- [60] Jones CS, Lockyer AE, Rollinson D, *et al.* Molecular approaches in the study of *Biomphalaria glabrata*-*Schistosoma mansoni* interactions: linkage analysis and gene expression profiling[J]. Parasitology, 2001, 123(Suppl): S181-196.
- [61] Lockyer AE, Jones CS, Noble LR, *et al.* Use of differential display to detect changes in gene expression in the intermediate snail host *Biomphalaria glabrata* upon infection with *Schistosoma mansoni*[J]. Parasitology, 2000, 120(4): 399-407.
- [62] Lockyer AE, Spinks J, Noble LR, *et al.* Identification of genes involved in interactions between *Biomphalaria glabrata* and *Schistosoma mansoni* by suppression subtractive hybridization[J]. Mol Biochem Parasitol, 2007, 151(1): 18-27.

(收稿日期: 2009-09-30 编辑: 盛慧锋)

【消息】

## 《中国寄生虫学与寄生虫病杂志》征稿启事

《中国寄生虫学与寄生虫病杂志》是卫生部主管、中华预防医学会和中国疾病预防控制中心寄生虫病预防控制所主办的寄生虫学与寄生虫病专业性学术期刊。1983 年创刊, 主要报道有关人体寄生虫学与寄生虫病的研究成果和防治经验, 以推动寄生虫病防治科研工作, 提高专业人员的业务水平及促进国内外学术交流。设立论著、实验研究、临床研究、现场研究、综述、专家论坛、学术争鸣(学术交流)、研究简报、病例报告等栏目。

本刊为 MEDLINE 收录期刊, 继续以基础医学类核心期刊入编《中文核心期刊要目总览》(2008 年版), 为中国科学引文数据库、中国学术期刊综合评价数据库、中国科技论文统计源来源期刊。获 2003—2004 年度卫生部医药卫生优秀期刊一等奖, 2003—2008 年连续 3 个年度获中华预防医学会系列杂志优

秀期刊一等奖。本刊在国内本领域均有较高的影响力。

为进一步缩短论文刊出周期, 对有重大基金项目资助的优秀研究论文开设绿色通道; 对省级较大规模的现场研究和现场调查、组稿(或约稿)的论文均予优先发表; 对其他研究论文均争取在 6 个月内发表。欢迎踊跃投稿。投稿时务请附作者联系电话和 E-mail。

地 址: 上海市瑞金二路 207 号

《中国寄生虫学与寄生虫病杂志》编辑部

邮 编: 200025

电话/传真: 021-54562376

E-mail: zgjsczz@s126.com, jsczz@sh163.net

http://www.jsczz.cn