DOI:10.16016/j.1000-5404.1989.05.009

大鼠心肌细胞的肌浆网与闰盘间偶联的电镜观察

王仁鹏 孙 榆（组胚教研室）

提 要 本实验对大鼠心房心肌细胞的肌浆网与闰盘间的关系进行了超微结构观察。结果表明，肌浆网与闰盘的非特化肌膜存在偶联，为区别于一般的周围偶联，而将它们之间的偶联称为闰盘偶联。它具有周围偶联及内部偶联的形态结构特征，即（1）在偶联区域内存在胞浆间隙，宽约11～18nm；（2）在胞浆间隙内有连接突或连接足；（3）肌浆网腔内含有电子致密物质。在偶联区域，肌浆网膜不仅与闰盘的非特化肌膜形成偶联，而且与线粒体外膜紧密毗置。此外，心肌缝隙连接与肌浆网可形成缝隙连接－肌浆网偶联，其超微结构特点与心肌偶联相同。本文对肌浆网与闰盘的偶联的功能意义进行了讨论。

关键词 心肌；肌浆网；闰盘

肌浆网（SR）与闰盘（ID）的非特化肌膜间偶联的超微结构观察，国外已有些零星报道[1-4]，国内尚未见文献报道。本文对大鼠心房心肌细胞SR与ID间的偶联进行了电镜观察，除了SR与闰盘非特化肌膜存在偶联外，还观察到SR与心肌缝隙连接（GJ）构成缝隙连接-肌浆网（GJ-SR）偶联。

材料与方法

本实验使用5只Sprague-Dawley系大鼠，体重180～300g。断头处死后立即开胸取出左、右心房组织，切成小块固定于3%戊二醛磷酸缓冲液（pH 7.4）内，24h，4℃；1%锇酸后固定2h；丙酮系列脱水，环氧树酯618包埋。LKB V型超薄切片机切片，饱和醋酸铀和柠檬酸铅双重电子染色，JEM 2000EX型透射电镜观察。

结果

心肌细胞间的连接装置称为闰盘。在心肌细胞的侧-侧接触面上可见桥粒、非特化肌膜及GJ等3种结构（图1）。本实验结果显示SR与非特化肌膜间存在偶联结构，前者可位于后者的一侧或双侧（图2）。在电镜下，SR与非特化肌膜间有一窄隙，即胞浆间隙，宽约11～18nm，其内可见一些电子致密的物质，它将偶联区域内的两种膜性结构连接起来，此结构称为连接突或连接足（图2）；SR腔宽约20nm，内含电子致密的颗粒状物质或中间线（图2、4）。在SR膜上可见直径约15～17nm大小的电子致密颗粒（图2）。此外，与闰盘非特

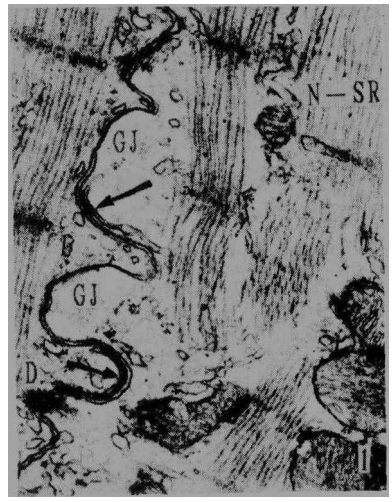


图1 示左房心肌细胞间侧－侧接触面的结构 D：桥粒；GJ：缝隙连接；N-SR：网状肌浆网；↑示ID偶联。×33 000

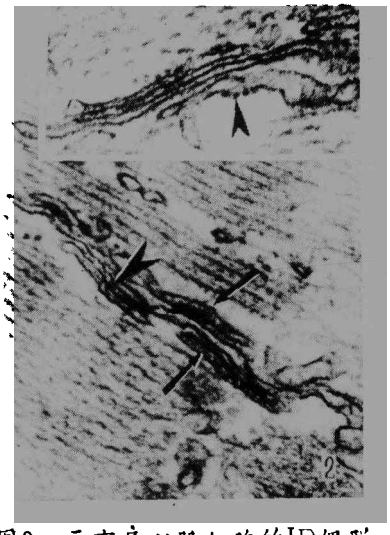


图2 示右房心肌细胞的ID偶联 SR（↑）内含电子致密物质，⮝示连接突。×75 000。插图：⮝示SR膜上的核糖体。×80 000

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

化肌膜构成偶联的SR，常常与线粒外膜紧密并置，其间隙（宽约11～13nm）内亦可见电子致密物质（图3）。



图3 示右房心肌细胞的ID偶联

注意构成ID偶联的SR（↑）与线粒体（M）外膜紧密并置。×40 000。插图为×66 000

在心肌GJ处可见池状或泡状的SR，与GJ构成偶联关系的SR多呈池状，池腔约20nm宽，其内亦含有电子致密物质，在偶联区域内，胞浆间隙宽约10～15nm，并可见致密的连接突或连接足(图4）。



图4 示左房心肌细胞的GJ-SR偶联

（▲）及ID偶联（↑）。D：桥粒；⋀示连接突。×49 000

讨 论

SR是肌细胞内一种呈管网状的特殊滑面内质网，从分布及形态结构上看，SR可分为网状SR、球状SR及连接SR等3种[6]，后者常常在横小管旁或肌膜下形成侧池或肌膜下池，并分别形成内部偶联及周围偶联。

心肌偶联是SR与肌膜系统间的特殊结构，它包括内部偶联和周围偶联。尽管心肌偶联在形态结构上，尤其是内部偶联有不同的组合形式[1][2]，然而，它们都具有以下的超微结构特征：（1）SR膜与肌膜系统膜是并置的，其胞浆间隙宽约7.5～20nm；（2）胞浆间隙内含有电子致密的连接突或连接足；（3）SR池腔内电子致密的颗粒或中间线[1][2]。

本实验结果证实，大鼠心房心肌细胞的连接SR与ID的非特化肌膜间存在广泛的偶联，其超微结构特征与文献报道的一致[1-3]，然而，在文献的论述中将此种偶联归为于周围偶联。但是，ID的非特化肌膜与表面肌膜的结构不尽相同，所以，为区别于一般的周围偶联，我们提出将SR与ID非特化肌膜间的特殊结构称为闰盘偶联（ID偶联）。

本实验还观察到连接SR与心肌GJ间存在偶联装置，称为GJ-SR偶联，此种偶联尚未见文献报道。根据本实验结果得知，GJ-SR偶联与文献论述的内部偶联和周围偶联的超微结构特征是一致的，也与本实验所描述的ID偶联的形态结构特点是吻合的。所以，从超微结构水平上看，这种偶联结构确实存在于大鼠心房心肌细胞内。

心肌细胞SR与ID间偶联的功能意义尚不清楚。但是，根据以下4点，即（1）GJ具有低电阻和离子通透性大的特性[6]；（2）GJ是心肌细胞电偶联的结构基础[7]；（3）连接SR内含隐钙素（Calsequestrin）[4]以及（4）钙离子参与GJ通道的调节[8]，结合本实验研究结果，作者认为GJ-SR偶联和

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

ID偶联是保证心肌细胞兴奋-收缩偶联功能同步性的重要形态学基础，它们在协调心肌细胞间钙离子浓度方面可能起到局部环路调节的作用。众所周知，GJ是心肌细胞ID中的1种重要结构，它与SR所形成的GJ-SR偶联可能是哺乳类动物心房和心室心肌细胞皆具有的1种特殊形式的偶联装置。

在SR膜上附着些电子致密颗粒，其形态结构与文献报道的核糖体相一致[2]，它们可能参与SR池腔内物质的合成。

SR膜不仅与横小管肌膜偶联，而且与线粒体外膜紧密并置，这已为许多作者所证实[9]。Dalen等[10]将SR膜与线粒体外膜的并置关系称为肌浆网-线粒体复合体，在它们之间的间隙内可见线粒体-肌浆网连接纤维。在大鼠心房心肌细胞的ID偶联区域内，也存在这种复合体结构，其功能意义还不十分清楚，它可能在快速运输ATP及细胞内钙离子等方面起重要作用[10]。

（本实验得到本校电镜室殷均裴、陈希伟以及本室蒋文平的技术协助，谨此一并致谢）

参 考 文 献

1. Forbes MS, Sperelasis N. Myocardial couplings: their structural variation in the mouse J Ultrastruct Res 1977; 58: 50
2. Moses RL, Claycomb WC. Ultrastructure of terminally differentiated adult rat cardiac cells in culture. Am J Anat 1982, 164: 113
3. Ayettey AS, Navaratnam V. The T-tubule system in the specialized and general myocardium of the rat. J Anat 1978; 127: 125
4. Jorgensen AO, et al. Ultrastructural localization of calsequestrin in adult rat atrial and ventricular muscle cells. J Cell Biol 1985; 101: 257
5. Forbes MS, et al. The sarcoplasmic reticulum of mouse heart: Its divisions, configurations, and distribution J Ultrastruct Res 1985; 93: 1
6. Katz AM Physiology of the heart. Raven Press, New York 1977: 1～24
7. Borysenko M, Beringer T. Functional Histology. 2nd Ed. Little, Brown and Company Boston Toronto 1984: 134～316
8. Peracchia C, Girsch ST Functional modulation of cell coupling: evidence for a calmodulin-driven channel gate. Am J Physiol 1985; 248: H765
9. Navaratnam V, et al. Ultrastructure of the ventricular myocardium of the bat Eidolon helvem. Acta Anat 1986; 126:240
10. Dalen H, et al. An ultrastructural study of cryofractured myocardiac cells with special attention to the relationship between mitochndria and sarcoplasmic reticulum. J Microsc 1983; 131: 35

（收稿：1988.8.30；修回：1989.7.5）

Electron Micoscopic Observation on Coupling of Sarcoplasmic Reticulum with the Intercalated Disk in Myocardial Cells of Rat

Wang Renpeng and Sun Yu(Department of Histology and Embryology, Thirp Military Medical College)

The ultrastructure of the relationship between the sarcoplasmic (SR) and the intercalated disk in the atrial myocardial cells of the heart is studied. The results reveal: a coupling exists between the SR and the unspecialized sarcolemma of the intercalated disk. In order to differentiate it from a general peripheral

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

coupling it is called intercalated disk coupling. It possesses 3 morphological features of the peripheral and interior couplings, i. e., the cytoplasmic gap in coupling region is about 11～18 nm in width; the junctional processes or junctional feet are located in the cytoplasmic gap; and the SR contains electronic dense material in its lumen. In the coupling region the RS membranes are not only coupling with the unspecialized membrane of the intercalated disk but also closely apposed to the external membrane of mitochondria. In addition, the gap junction-sarcoplasmic reticulum couplings are formed between the cardial gap junction and the SR. Its ultrastructural characteristics are the same as the cardial couplings. The functional significance of the couplings of the SR with the intercalated disk is discussed.

key words: myocardium/UL; sarcoplasmic reticulum; intercalated disk

---

(上接328页)

strains and tested at various intervals for translocation to the mesenteric lymph nodes. TR of each bacterium is expressed by the number of bacteria per gram mesenteric lymph node. TRs of the bacteria are in a decreasing order as S. enteritidis, L.murinus and L.acidophilus. Degrees of the histological damage of the gastrointestinal mucosa follow the same order pattern. L.murinus translocates from the gastrointestinal tract at a surprisingly high rate for an indigenous bacterial strain and the translocation is associated with mucosal damage. Passage of the viable bacteria from the gastrointestinal tract to the mesenteric node is mainly due to the destruction of the intestinal barrier.

Key words: enterogenous infections; lactobacillus acidophilus; salmonella enteritidis

?1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net