

· 学术探讨 ·

基于现代医学研究探讨筋出槽和骨错缝的病理机制

李正言¹, 葛海雅², 杨宗睿¹, 汪正明¹, 陆洁航¹, 杜国庆¹, 沈知彼¹, 詹红生¹

(1. 上海中医药大学附属曙光医院, 上海 201203;

2. 上海市中医药研究院骨伤科研究所, 上海 201203)

摘要 筋出槽和骨错缝已成为中医骨伤科疾病名称。但对于“筋”“槽”“出槽”“错缝”的认识在业内尚未达成共识。本文基于相关的现代医学研究,探讨了“筋从竹”“槽”“筋出槽”的客观证据、骨错缝与半脱位的关系及骨错缝的病理机制,进一步深化了对筋出槽和骨错缝病理机制的认识。

关键词 筋(中医);骨(中医);筋出槽;骨错缝;病理机制

筋出槽和骨错缝作为疾病名称被纳入《中医病证分类与代码:GB/T 15657-2021》^[1],同时也被收入《国际疾病分类第十一次修订本(ICD-11)·传统医学病症》^[2],标志着筋出槽和骨错缝这两个疾病名称在临床上的应用将日益广泛。然而,目前对于“筋”“槽”“出槽”“错缝”的认识在业内尚未达成共识。为了进一步深化对筋出槽和骨错缝病理机制的认识,我们基于相关的现代医学研究探讨了“筋从竹”“槽”“筋出槽”的客观证据、骨错缝与半脱位的关系及骨错缝的病理机制。

1 筋出槽

找到生理性“槽”的客观证据对于了解筋出槽的病理机制以及证实手法治疗筋出槽的有效性具有重要意义。结构是功能的基础,筋的结构异常必然会导致机体功能障碍。因此,从现代医学研究中探寻筋出槽的客观证据,或许对于理解筋出槽的病理机制有重要的启示作用。

1.1 “筋从竹”的客观证据

筋,是指具有生物力学性能的肌纤维组织。《说文解字》曰:“筋,肉之力也。从力、从肉、从竹。”^[3]“筋从竹”是基于“竹为物之多筋者”这一客观现象对筋的认识,二者在结构特点和力学特性方面具有相似性。随着电子显微镜技术的出现,学者们对于肌肉微

观结构的认识不断加深。Draper 等^[4]在电子显微镜下观察蟾蜍横纹肌肌原纤维的结构,拍摄到形似竹节的结构——肌节。Hanson 等^[5]基于骨骼肌的 X 线衍射分析结果,在二维平面内构建了由粗肌丝和细肌丝交替组成的丝状结构;在该结构中,粗、细肌丝重叠区域称为暗带,细肌丝交接区域称为明带,粗、细肌丝构成了肌纤维最小的功能单位。我们采用扫描电镜观察大鼠骨骼肌的超微结构,沿肌原纤维走行可清晰地观察到肌节^[6],肌节宛如竹节(图 1)。因此,以竹类比“筋”的形态能够在肌肉组织的微观层面得到印证。

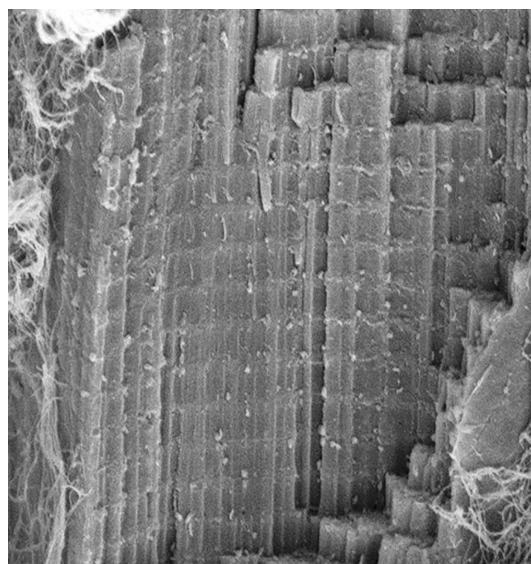


图 1 扫描电镜下大鼠骨骼肌肌节(×12 000)

1.2 “槽”的客观证据

槽,两边高起而中间凹下的物体的凹下部分,也指水流流经的水道。筋出槽是基于筋伤后出现筋移位而理筋手法可使筋归位的现象而提出的理论。生理状态下,筋沿特定轨道伸缩,而病理状态下的筋在伸缩时可能离开原本的轨道,表现出“筋歪”“筋走”

基金项目:国家自然科学基金项目(82374481);中华中医药学会《脊柱筋出槽骨错缝临床诊疗指南》标准化项目(20210805-BZ-CACM);上海市 2021 年高水平地方高校创新团队项目(沪教委人[2022]3 号);2022 年全国名老中医药专家传承工作室建设项目(国中医药人教函[2022]75 号)

通讯作者:詹红生 E-mail:shgsyjs@139.com

“筋翻”等出槽的现象。Hodge 等^[7]制作了骨骼肌的横断面薄切片,并观察到横断面内粗、细肌丝交替排列所构成的柱状肌节。Huxley 等^[8-9]采用电镜观察活体肌肉组织的横断面发现,每根粗肌丝周围环绕 6 根细肌丝,每 3 根粗肌丝中心存在 1 根细肌丝;同时基于二维结构构建了三维立体的六边形柱状晶体框架,并以此模型模拟骨骼肌肌纤维的伸缩运动。在该晶体结构中,粗、细肌丝交替扦插间存在一定的空隙,被称为晶格间隙^[10]。Powers 等^[11]采用活体肌肉组织研究发现,晶格间隙的距离为 300 ~ 450 Å,相邻粗肌丝间距约 350 Å,相邻粗肌丝和细肌丝相距约 200 Å。我们采用透射电镜观察大鼠骨骼肌的横切面,并基于粗、细肌丝的分布规律绘制了骨骼肌横断面结构模式图(图 2、图 3);认为这种粗肌丝与细肌丝构成的空间结构可能正是“槽”存在的客观证据。

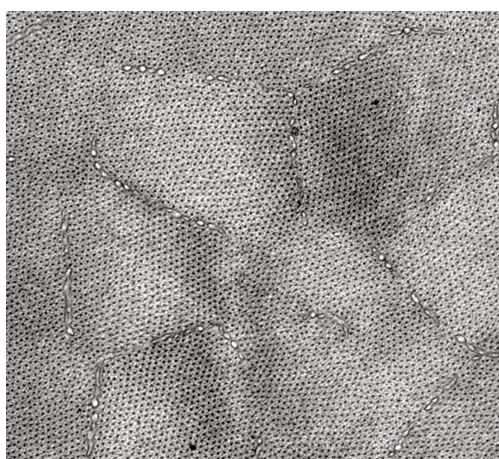
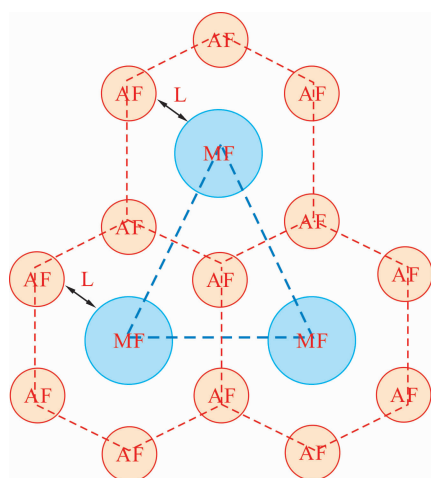


图 2 透射电镜下大鼠骨骼肌横切面(×22 000)



MF 为肌球蛋白(粗肌丝),AF 为肌动蛋白(细肌丝),L 为晶格间隙。

图 3 大鼠骨骼肌横切面粗细肌丝分布结构模式图

1.3 筋出槽的客观证据

筋出槽,是指在外力作用下引起筋的形态结构、

功能状态或解剖位置关系发生异常改变的一种病理状态。触诊可发现筋的张力增高、柔顺性下降,或出现凹凸不平的结节状改变,并伴有压痛。现代医学对于人体的研究遵循着从宏观到微观的规律。随着对肌肉组织微观结构研究的日趋深入,肌肉晶体结构、肌肉收缩等模型被提出,这为寻找筋出槽的客观证据提供了线索。Huxley 等^[12-13]提出了肌丝滑动学说,可以较好地解释骨骼肌伸缩的机制。肌丝滑动学说认为,附着在细肌丝上的横桥利用三磷酸腺苷水解所产生的化学能驱动粗、细肌丝直接接触,并在肌丝间产生相对的轴向滑动力,将细肌丝拉向暗带,引起肌肉收缩^[14]。Huxley^[8]采用电镜和 X 线衍射技术观察肌肉僵硬蛙模型和健康蛙的肌纤维组织,结果显示,肌肉僵硬状态下,晶格间隙中三角点处 X 线衍射强度明显增加,提示粗、细肌丝在纵向间隙中存在重叠现象;而肌节长度没有实质性缩短,提示晶格间隙内的肌纤维可能发生了横向再分布。这可能正是筋出槽在肌肉组织微观层面的表现。我们前期采用骨骼肌超负荷等长收缩构建了筋出槽大鼠模型,并在电镜下观察了筋出槽模型大鼠骨骼肌肌原纤维形态结构的特征性变化,也从一个侧面揭示了筋出槽的微观形态结构改变^[15]。

2 骨错缝

骨错缝理论的发展过程始终伴随着骨错缝是否存在、骨错缝能否定量诊断、手法治疗是否即刻矫正骨错缝这 3 个问题。针对这 3 个问题,许多学者运用多种技术手段开展了大量研究。然而,目前尚无法对骨错缝的病理状态进行量化与验证。但许多现代医学研究成果为我们探寻骨错缝的病理机制奠定了基础、指示了方向。

2.1 骨错缝与半脱位的关系

骨错缝,是指外力作用引起关节细微移位,并伴有关节疼痛和活动不利的一种病理状态^[16]。中医学中有“骨节间微有错落不合缝”“骨缝参差”“骨缝开错”等关于骨错缝的描述。西方脊骨神经医学将骨错缝描述的这种病理状态命名为半脱位,半脱位是指关节活动节段的损伤或功能障碍。半脱位部位的关节接触面虽然完整,但关节活动节段的损伤或功能障碍可能导致关节排列和生理功能异常,运动完整性遭到破坏。西方脊骨神经医学认为,运动单元本质上是一个功能实体,其异常改变可能引起人体生物力学的改

变和神经完整性的破坏。也就是说,半脱位不仅包括了影像学上的关节移位,也包括关节功能的异常;关节位置异常会通过神经-脊髓系统将刺激传递至中枢神经,并影响其对下行神经的调控,进而影响机体各部分的功能。骨错缝和半脱位均有关节位置异常和功能障碍两层含义,二者名称不同,但其实质却相似。因此,半脱位病理机制的研究方法可以为骨错缝的研究提供一定的借鉴。

2.2 骨错缝的病理机制

骨错缝是基于中医筋骨理论与现代解剖学对“筋骨失衡”所致关节紊乱表象的主观推断。半脱位的提出与骨错缝类似,也是基于临床观察逆向推演的产物。随着基础研究的不断深入,学者们开展了关于半脱位的相关研究。1965 年, Cleveland 采用经皮穿刺的方法建立了半脱位家兔动物模型,并对家兔 T₁₂ 椎体移位所引起的病理改变进行了定性描述^[17]。然而, Cleveland 的研究并未进行下去,而关于半脱位模型的研究也在很长时间内未取得实质性进展。直到 2007 年, Henderson 等^[17-18]报道了一种较为理想的外部连接固定模型,该模型采用外科手术将大鼠 L₄ ~ L₆ 的椎体固定在外连接装置上,通过调节外部装置触发椎体旋转、移位或固定不动,以此来模拟半脱位的关节移位和活动受限。随后,该模型还被用于脊柱损伤组织病理变化^[19]、神经病理生理变化^[18]及行为学改变^[20]等方面的研究。陈博等^[21]采用外部连接固定模型建立了大鼠腰椎骨错缝模型,并通过单纯固定模型模拟骨错缝的椎间隙变窄及椎体活动功能受限,通过旋转固定模型模拟骨错缝的椎体移位。基于大鼠腰椎骨错缝模型,他们对骨错缝开展了深入研究,结果显示,造模 8 周时,被固定节段有骨赘形成^[22];造模 4 周和 8 周时,模型大鼠的血浆黏度、全血黏度均高于假手术组,提示骨错缝可能导致血瘀阻络^[23-24];造模 1 周、4 周、8 周时,模型组大鼠下丘脑中的 P 物质低于假手术组,背根神经节中的 P 物质高于假手术组,这可能是骨错缝引起疼痛的原因^[25]。

Hubbard 等^[26]在大鼠 C₆ ~ C₇ 椎体分别持续施加不同的压力,并检测神经元轴突变化及机体免疫反应,进而确定会造成神经损伤的压力阈值,结果显示,当机械压力达到 31.6 mN 时,会造成神经结构损害,但当机械压力达到 26.3 mN 时,就会引起超敏反应。Song 等^[27]通过手术方式将不锈钢棒植入大鼠 L₄ ~ L₅

椎间孔,人为造成大鼠脊柱关节结构改变以观察神经元敏化情况,结果显示,不锈钢棒植入可快速诱导背根神经节神经元兴奋性增高,而移除不锈钢棒后背根神经节神经元的兴奋性则恢复正常水平。因此,关节微小移位引起的神经病理性症状可能并非由机械压迫直接导致,而是机械压力影响了神经信号传递。

三有限元模型也是研究骨错缝模型的重要方法^[28-29]。该方法能够直观地观察和测量骨错缝后椎间关节、椎间盘、神经根管、椎管等部位的应力变化,并实时测量和可视化显示手法治疗前后各部位的力学效应^[30-31]。此外,通过构建颈椎及椎动脉流固耦合模型,还能够探究骨错缝对椎动脉血流的影响^[32-33]。

目前,对骨错缝的现代病理机制研究主要集中在局部组织损伤和神经信号传导影响两方面。随着中枢神经可塑性研究不断获得新突破,脊柱功能障碍区域的神经传入通道受阻对中枢神经系统的感觉运动通路的影响或将成为研究的重点^[34-35]。

3 小 结

“筋从竹”能够在肌肉组织的微观层面得到印证,“槽”可能是粗肌丝与细肌丝构成的空间结构,筋出槽在肌肉组织的微观层面也有明显的特征性变化。中医学的骨错缝和西方脊骨神经医学半脱位均有关节位置异常和功能障碍两层含义,具有一定的相似性。对于骨错缝病理机制的研究,借鉴西方脊骨神经医学中半脱位的研究方法,也取得了一定的研究成果,同时三有限元模型的应用及神经医学的新突破也为其研究提供了新的方向。未来可通过探究不同干预措施治疗筋出槽和骨错缝的疗效及作用机制,为临床上筋出槽和骨错缝这两个疾病名称的应用及治疗方法的选择提供依据。

参考文献

- [1] 国家市场监督管理总局,国家标准化管理委员会. 中医病证分类与代码:GB/T 15657-2021[S]. 北京:中国标准出版社,2021:15.
- [2] 国家中医药管理局,国家卫生健康委员会. 国家中医药管理局国家卫生健康委员会关于印发《中医病证分类与代码》和《中医临床诊疗术语》的通知[EB/OL]. (2020-11-16)[2023-12-14]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-11/24/content_5563703.htm.
- [3] 金玲利.《说文解字》竹部字综合研究[D]. 上海:上海师范大学,2014.
- [4] DRAPER M H, HODGE A J. Electron-induced microincin-

- eration with the electron microscope. I. Distribution of residual mineral content in vertebrate striated muscle[J]. Aust J Exp Biol Med Sci, 1950, 28(5): 549–557.
- [5] HANSON J, HUXLEY H E. Structural basis of the cross-striations in muscle[J]. Nature, 1953, 172(4377): 530–532.
- [6] GE H, WANG Z, YANG Z, et al. Exploring the optimal impact force for chronic skeletal muscle injury induced by drop-mass technique in rats[J]. Front Physiol, 2023, 14: 1241187.
- [7] HODGE A J, HUXLEY H E, SPIRO D. Electron microscope studies on ultrathin sections of muscle[J]. J Exp Med, 1954, 99(2): 201–206.
- [8] HUXLEY H E. Structural difference between resting and rigor muscle; evidence from intensity changes in the low-angle equatorial x-ray diagram[J]. J Mol Biol, 1968, 37(3): 507–520.
- [9] HUXLEY H E. The double array of filaments in cross-striated muscle[J]. J Biophys Biochem Cytol, 1957, 3(5): 631–648.
- [10] HOROWITS R, MARUYAMA K, PODOLSKY R J. Elastic behavior of connectin filaments during thick filament movement in activated skeletal muscle[J]. J Cell Biol, 1989, 109(5): 2169–2176.
- [11] POWERS J D, MALINGEN S A, REGNIER M, et al. The sliding filament theory since Andrew Huxley: multiscale and multidisciplinary muscle research[J]. Annu Rev Biophys, 2021, 50: 373–400.
- [12] HUXLEY H, HANSON J. Changes in the cross-striations of muscle during contraction and stretch and their structural interpretation[J]. Nature, 1954, 173(4412): 973–976.
- [13] HUXLEY A F, NIEDERGERKE R. Structural changes in muscle during contraction; interference microscopy of living muscle fibres[J]. Nature, 1954, 173(4412): 971–973.
- [14] GEEVES M A, HOLMES K C. Structural mechanism of muscle contraction[J]. Annu Rev Biochem, 1999, 68: 687–728.
- [15] 杨宗睿, 葛海雅, 石金玉, 等. 筋出槽大鼠模型骨骼肌形态学和功能的特征性变化[J]. 中国组织工程研究, 2024, 28(26): 4170–4177.
- [16] 詹红生, 杨凤云. 中医骨伤科学[M]. 3 版, 北京: 人民卫生出版社, 2021: 16.
- [17] HENDERSON C N, CRAMER G D, ZHANG Q, et al. Introducing the external link model for studying spine fixation and misalignment: part 1—need, rationale, and applications[J]. J Manipulative Physiol Ther, 2007, 30(3): 239–245.
- [18] HENDERSON C N, CRAMER G D, ZHANG Q, et al. Introducing the external link model for studying spine fixation and misalignment: part 2, Biomechanical features[J]. J Manipulative Physiol Ther, 2007, 30(4): 279–294.
- [19] CRAMER G D, FOURNIER J T, HENDERSON C N, et al. Degenerative changes following spinal fixation in a small animal model[J]. J Manipulative Physiol Ther, 2004, 27(3): 141–154.
- [20] BAKKUM B W, HENDERSON C N, HONG S P, et al. Preliminary morphological evidence that vertebral hypomobility induces synaptic plasticity in the spinal cord[J]. J Manipulative Physiol Ther, 2007, 30(5): 336–342.
- [21] 陈博, 詹红生, 石印玉, 等. “骨错缝、筋出槽”病机学说及其动物模型的建立[J]. 上海中医药大学学报, 2010, 24(5): 68–72.
- [22] 陈博, 林勋, 张旻, 等. “椎骨错缝”大鼠模型的影像学研究[J]. 浙江大学学报(医学版), 2015, 44(2): 117–123.
- [23] 陈博, 林勋, 庞坚, 等. 腰椎椎骨错缝对大鼠血浆黏度影响的实验研究[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2014, 22(4): 6–8.
- [24] 陈博, 林勋, 庞坚, 等. 大鼠椎骨错缝模型不同时间节点全血黏度变化的实验研究[J]. 中国骨伤, 2014, 27(12): 1012–1014.
- [25] 陈博, 林勋, 庞坚, 等. 大鼠椎骨错缝模型下丘脑及背根神经节 P 物质含量的实验研究[J]. 中国骨伤, 2015, 28(1): 75–77.
- [26] HUBBARD R D, WINKELSTEIN B A. Dorsal root compression produces myelinated axonal degeneration near the biomechanical thresholds for mechanical behavioral hypersensitivity[J]. Exp Neurol, 2008, 212(2): 482–489.
- [27] SONG X J, XU D S, VIZCARRA C, et al. Onset and recovery of hyperalgesia and hyperexcitability of sensory neurons following intervertebral foramen volume reduction and restoration[J]. J Manipulative Physiol Ther, 2003, 26(7): 426–436.
- [28] 王辉昊, 詹红生, 陈博, 等. 正常人全颈椎(C₀~T₁)三维有限元模型的建立与验证[J]. 生物医学工程学杂志, 2014, 31(6): 1238–1242.
- [29] 邓真, 王辉昊, 王宽, 等. C₂~T₁三维有限元模型的建立和验证[J]. 中医正骨, 2016, 28(10): 1–6.
- [30] 张明才, 吕思哲, 程英武, 等. 基于有限元模型研究椎骨错缝对颈椎病患者关节应力的影响[J]. 中国骨伤, 2011, 24(2): 128–131.
- [31] 邓真, 詹红生, 李国中, 等. 颈椎旋扳法对骨错缝颈椎应

- 力作用的有限元分析[J]. 中国中医骨伤科杂志, 2021, 29(10): 37-42.
- [32] 王辉昊, 沈知彼, 邓真, 等. 人体全颈椎及椎动脉流固耦合模型的构建[J]. 浙江大学学报(医学版), 2015, 44(2): 131-137.
- [33] 王辉昊, 陈博, 詹红生, 等. 颈椎“筋出槽骨错缝”对椎动脉血流动力学作用的流固耦合分析[J]. 中华中医药杂志, 2014, 29(9): 2970-2974.
- [34] HAAVIK H, KUMARI N, HOLT K, et al. The contemporary model of vertebral column joint dysfunction and impact of high-velocity, low-amplitude controlled vertebral thrusts on neuromuscular function [J]. Eur J Appl Physiol, 2021, 121(10): 2675-2720.
- [35] HAAVIK H, MURPHY B. The role of spinal manipulation in addressing disordered sensorimotor integration and altered motor control [J]. J Electromyogr Kinesiol, 2012, 22(5): 768-776.
- (收稿日期: 2024-04-09 本文编辑: 吕宁)

《中医正骨》第四届编辑委员会名单

一、学术委员会

名誉主编、名誉主任委员 孙树椿

主编、主任委员 李无阴

副主编、副主任委员(以姓氏汉语拼音为序)

曹向阳(常务) 陈卫衡 关雪峰 郭智萍 冷向阳 马信龙 苏友新 童培建 王拥军 王智勇(执行) 吴晓龙
熊 辉 赵继荣 朱立国

编委、委员(以姓氏汉语拼音为序)

鲍铁周 曹学伟 曹亚飞 曹月龙 陈长贤 陈 锋 陈小刚 陈兆军 邓廉夫 杜进林 杜志谦 樊效鸿 方 斌
方 坚 方苏亭 冯 坤 郭珈宜 韩永台 何 伟 侯德才 胡 勇 江起庭 姜 宏 焦 锋 孔西建 李 刚
李慧英 李金松 李 雷 李义凯 李 勇 李振华 连鸿凯 林定坤 林燕萍 刘 军 刘又文 卢 敏 陆小龙
马 勇 孟庆才 莫 文 漆 伟 邵诗泽 沈 海 师 彬 史晓林 孙永强 谭明生 田元祥 万春友 王爱国
王 峰 王培民 王 平 王 琦 郭 波 奚小冰 徐福东 徐卫国 徐展望 徐祖健 许 鹏 杨风云 杨海韵
姚太顺 于 杰 袁普卫 翟明玉 詹红生 张 虹 张进川 张 军 张开伟 张 俐 张银刚 张玉良 张 耘
张作君 赵建勇 赵明宇 赵 勇 赵咏芳 郑福增 郑 稼 钟远鸣 周红海 周英杰

二、管理委员会

名誉主任委员 李俊德

主任委员 郭智萍

委员(以姓氏汉语拼音为序)

程 栋 付 伟 骆朝辉 彭志财 秦立峰 孙 捷 余 健 张业龙 赵长军

三、顾问委员会

主任委员 施 杞

委员(以姓氏汉语拼音为序)

曹贻训 常存库 陈久毅 程春生 董福慧 董建文 樊粤光 冯 峰 高书图 郭焕章 郭艳幸 韩文朝 郝胜利
胡兴山 黄桂成 黄有荣 黎君若 李保泉 李盛华 李先樑 李振宇 刘德玉 刘建民 刘元禄 姜玉铃 孟宪杰
彭太平 阙再忠 茹润芳 沈 霖 石关桐 石印玉 谭远超 田 民 仝允辉 王芳轩 王和鸣 王清义 王庆甫
王义生 王战朝 韦贵康 闻善乐 吴诚德 肖劲夫 肖鲁伟 许鸿照 杨 豪 于兰先 曾一林 张传礼 张建福
张 茂 张 敏 张天健 张同君 张永红 张玉柱 赵庆安 赵文海 周福贻 朱太詠 庄 洪

四、青年委员会

委员(以姓氏汉语拼音为序)

侯 宇 金红婷 李记天 李泰贤 李西海 刘锦涛 王辉昊 魏秋实 魏 戌 邢 丹 邢润麟 许金海 俞鹏飞
张 颖 周明旺