

脊柱单节段前中柱切除后不同节段椎弓根螺钉内固定的稳定性测试

武启军¹, 王自立², 戈朝晖², 马小民², 刘斌²

(1 宁夏医科大学研究生院 750004 银川市; 2 宁夏医科大学附属医院骨科 750004 银川市)

【摘要】目的:比较脊柱单节段前中柱切除后不同节段椎弓根螺钉内固定的稳定性,探讨单节段固定在前中柱病变手术中的可行性。**方法:**10 具小牛新鲜脊柱标本(T10~L5),先测试完整状态下的运动范围(ROM),再模拟 L1~L2 前中柱病变切除手术;切除 L1/2 椎间盘和邻近终板共 2cm 高,行自体髂骨支撑植骨,后路依次用单节段短钉、单节段长钉、短节段和长节段椎弓根内固定系统进行固定,在不同固定方式下测试模型在轴向压缩、侧弯、屈伸和扭转方向上的 ROM,计算相对运动范围(RROM)。**结果:**不同加载方向长节段固定组、短节段固定组的 RROM 均小于单节段短钉固定组和单节段长钉固定组($P<0.05$);单节段短钉固定组和单节段长钉固定组的 RROM 比较无显著性差异($P>0.05$);单节段短钉固定组和单节段长钉固定组的 ROM 均小于完整组($P<0.05$)。**结论:**小牛新鲜脊柱标本前中柱切除后植骨单节段椎弓根螺钉固定的稳定性低于短节段和长节段固定,但是高于完整状态;脊柱前中柱支撑植骨后,单节段短钉固定与单节段长钉固定的即刻稳定性相近。

【关键词】椎弓根螺钉;内固定;脊柱;稳定性

doi: 10.3969/j.issn.1004-406X.2010.04.03

中图分类号:R687.3,R318.01 文献标识码:A 文章编号:1004-406X(2010)-04-0267-05

Biomechanical test of varied segment pedicle screw instrumentation following a single segment of anterior and mid column spine corpectomy/WU Qijun, WANG Zili, GE Zhaohui, et al//Chinese Journal of Spine and Spinal Cord, 2010, 20(4): 267~271

【Abstract】Objective:To test the biomechanical stability of varied segment pedicle screw instrumentation following a single segment of anterior and mid column spine corpectomy and to explore the feasibility of a single segment fixation for spinal anterior and mid column lesions.**Method:**10 fresh calf spines (T10~L5) were used. The range of motion (ROM) of intact spines was tested as control. After simulating the modal of anterior and mid column resection along with resection of L1/2 intervertebral discs and adjacent end plates (total 2cm high), autogeneous iliac bony graft strutting in situ, the models were subjected to posterior instrumentation of long segment pedicle instrumentation (LSPI), short segment pedicle instrumentation (SSPI), a single segment instrumentation by long pedicle screw (MILPS) and a single segment instrument by short pedicle screw (SISPS) respectively. The ROM of different instrumentations in axial compression, lateral bending, flexion-extension and rotation were tested. The relative range of movement (RROM) was tested either. **Result:** The RROM in LSPI and SSPI was significantly smaller than that in MILPS and SISPS in all loading directions ($P<0.05$). However, no statistical difference of the RROM was found between MISPS and SILPS ($P>0.05$). The ROM in MILPS and SISPS was smaller than that in control group ($P<0.05$). **Conclusion:** The stability provided by single segment instrumentation is significantly inferior to that by LSPI and SSPI, but superior to intact spine, after iliac strutting in the anterior and mid column, SISPS can provide equal instant stability to MILPS.

【Key words】 Pedicle screw; Internal fixation; Spine; Stability

【Author's address】 Postgraduate Education College of Ningxia Medical University, Yinchuan, 750004, China

第一作者简介:男(1981-),住院医师,在读硕士研究生,研究方向:脊柱外科

电话:(0951)6743328 E-mail:wuqijuntj@163.com

通讯作者:王自立

椎弓根螺钉内固定技术是脊柱稳定性重建的重要方法。根据融合固定节段长短的不同,目前常用的固定方式有长节段固定、短节段固定和单节段固定。长节段固定是指固定范围包括病变运动

单元及其上下各两个或两个以上正常运动单元的固定方式^[1-3];短节段固定是指固定范围包括病变运动单元及其上下各一个正常运动单元的固定方式^[2-4];单节段固定是指固定范围仅限于单一病变运动单元的固定方式^[5-7]。目前对于脊柱前中柱病变的固定通常采用长节段或短节段的固定方式,但这些固定方式在提供坚强固定的同时过多地限制了脊柱正常运动单元的活动,同时使得脊柱邻近节段病的发生率增高^[8]。为此,本研究拟通过小牛单节段脊柱前中柱切除后植骨的模型比较长节段、短节段与单节段长钉和单节段短钉内固定的生物力学稳定性,探讨临床对单节段脊柱前中柱病变切除后实施后路单节段融合固定的可行性。

1 材料与方法

1.1 实验标本的选择及前处理

取 10 具同种小牛(2 月龄)新鲜胸腰段脊柱标本(T10~L5),剔除脊柱周围所有肌肉,保留韧带、小关节及关节囊和椎体的完整。另取相应小牛髂骨 2.0×3.0×3.0cm 各一份,测量标本的解剖尺寸,摄 X 线片排除先天性畸形、骨折等病变。在标本上下两端浇注树脂(Ⅱ型义齿基托树脂)平台,并保证上下两端平行。将所有标本用双层塑料袋包裹后置于-20℃冰柜保存。

1.2 内固定器械及测试仪器

椎弓根钉棒内固定系统,包括两种型号椎弓根螺钉:6.0×40mm(以下简称长钉)、6.0×25mm(以下简称短钉)。测试仪器为 CMT5305 型微机控制电子万能实验机和 RNJ-100 型微机控制电子扭转试验机。所有测试均在北方民族大学材料实验室完成。

1.3 模型制作

测试前 24h 取出小牛脊柱标本,20℃室温下自然解冻。手术切除 L1/2 椎间盘、L1 椎体的下终板、L2 椎体的上终板,切除高度为 2cm,范围为前柱和部分中柱,造成脊柱前中柱损伤,保留完整的椎弓根连接部、后纵韧带、棘间韧带、棘上韧带和椎间小关节。

1.4 分组和内固定方法

所有标本均采用自身前后对照,将造模前的完整状态作为对照组。造模后依次进行:①单节段短钉固定:使用短钉,L1、L2 双侧椎弓根置钉,固定节段为 L1~L2(单节段短钉组,图 1,A 组);②

单节段长钉固定:L1、L2 双侧椎弓根置钉,使用长钉,固定节段为 L1~L2(单节段长钉组,图 2,B 组);③短节段固定:T12、L1、L2、L3 双侧椎弓根置钉,T12 和 L3 使用长钉,L1 和 L2 使用短钉,固定节段为 T12~L3(短节段组,图 3,C 组);④长节段固定:T11、T12、L3、L4 双侧椎弓根置钉,使用长钉,固定节段为 T11~L4(长节段组,图 4,D 组)。所有椎弓根螺钉的置入按照 Magerl 进钉法,进钉点选在横突中点水平线与上关节突外侧的交点,保持螺钉与终板平行,与矢状面成 10°~20°的内斜角。长钉的钉道深度 35mm,前缘达椎体前柱;短钉的钉道深约 20mm,以达椎体后壁连线为准。

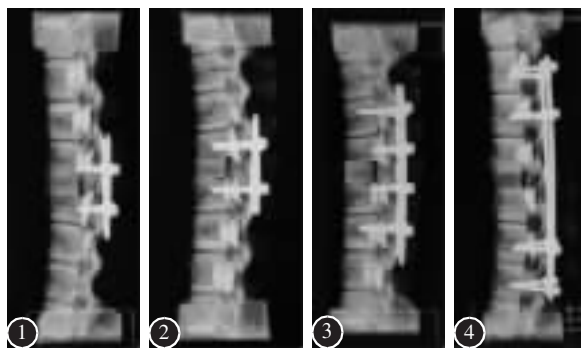


图 1 单节段短钉固定 图 2 单节段长钉固定 图 3 短节段固定 图 4 长节段固定

1.5 稳定性测试方法

先测试每具标本在完整状态下的轴向压缩、前屈、后伸、侧弯、扭转下的运动范围作为对照组,而后按 1.3 方法制作前中柱缺损、自体髂骨植骨模型,按照 1.4 中分组从①到④依次进行不同节段内固定,测量每组在轴向压缩、前屈、后伸、侧弯、扭转状态下的运动范围。

采用偏心加载,模拟腰椎轴向压缩、前屈、后伸、侧弯运动,最大载荷定为 500N(胸腰椎生理载荷范围内,标本可重复测量),加载速度为 2mm/min;扭转试验的最大扭转力矩 8N·m,采用连续加载,实验机同步记录标本两端的运动范围(range of movement, ROM)。测试过程中喷洒生理盐水保持标本湿润状态。每次加载前先进行预载(速度 2mm/min,载荷 100N),以消除标本的松弛、蠕变等时间效应的影响,然后开始正式测试。

1.6 数据统计

参照 Goel 提出的标准化处理方案,采用相对运动范围(relative range of movement, RROM),

$RROM=100 \times (ROM_{\text{实验组}} - ROM_{\text{对照组}}) / ROM_{\text{对照组}}$, 正值表示实验组比对照组稳定性能差, 负值表示实验组比对照组稳定性能好, 值越小表明稳定性越好。不同加载方向上各组间 RROM 比较采用随机区组方差分析, 两两比较采用 SNK- q 检验, 单节段固定组与对照组间的 ROM 比较采用 Dunnett- t 检验。 $P < 0.05$ 为差异有显著性。所有检验用 SPSS 13.0 统计软件完成。

2 结果

见表 1、2。500N 载荷下, 长节段组、短节段组的 RROM 在各载荷方向上均小于单节段短钉组和单节段长钉组, 且差异有显著性 ($P < 0.05$); 在轴向压缩、前屈、侧弯、后伸、顺时针和逆时针扭转运动中, 单节段长钉组与长节段组相比, RROM 分别增加了 23.26%、21.13%、19.69%、17.78%、9.96%、11.2%; 与短节段组相比, RROM 分别增加了 18.25%、12.74%、9.29%、8.52%、5.98%、8.21%。单节段短钉组和单节段长钉组的 RROM 在各载荷方向上均没有显著性差异 ($P > 0.05$)。单节段短钉组和单节段长钉组的 ROM 均小于对照组, 且有显著性差异 ($P < 0.05$)。

3 讨论

在后路内固定治疗脊柱单一运动单元病变(结核、骨折等)时通常采用长节段或者短节段椎弓根螺钉内固定的方法, 对严重失稳、后凸畸形、有脊髓神经受压者多采用长节段固定的方法, 固定节段多达 4~5 个; 一般常见的不稳定也往往采

用短节段固定的方法, 固定范围以病/伤椎为中心上下各固定一个正常运动单元。从中、短期随访结果来看, 上述固定方式能够有效矫正后凸畸形, 长期随访结果亦显示了良好的矫形效果^[9]。短节段固定是目前治疗脊柱单一运动单元病变的主要方法。

长节段和短节段固定在提供坚强固定的同时, 对脊柱的结构和运动功能亦会产生一定的影响。首先, 长节段和短节段固定较单节段固定限制了 2~4 个正常运动单元的活动。张嘉等^[10]研究发现长节段固定后患者以前屈运动受限最为明显, 旋转和侧屈亦受影响。最大程度恢复脊柱的生理运动功能, 提高患者的远期生活质量是脊柱外科手术的最终目的, 必须正确认识和尽量减少长节段和短节段固定对于脊柱正常运动单元活动的限制。其次, 固定节段过长也会造成邻近节段的退行性变, 如邻近节段椎间盘的退行性变、失稳、关节突增生性关节炎、椎管狭窄等, 这些统称为脊柱固定融合后邻近节段病 (adjacent segment disease, ASD)^[11]。Weinhoffer 等^[12]的研究表明, 采用坚强的内固定后邻近节段的椎间盘退变速度加快。Gillet 等^[13]通过长期的临床观察发现, 固定融合节段越长, 其邻近节段退变的发生率越高, 程度也越重。这主要是由于固定融合节段越长, 其邻近节段的运动代偿就越大^[14], 邻近节段的应力也越集中, 邻近节段椎间盘的压力也随之增加^[15], 最终加速了邻近节段的退变。减少融合固定节段的数目可以减少邻近节段的退行性变。

为寻求最大程度保留脊柱正常运动单元的运

表 1 不同方向加载各组固定节段的 RROM 比较

($\bar{x} \pm s, n=10$)

	轴向压缩	侧弯	前屈	后伸	顺时针扭转	逆时针扭转
单节段短钉组(A组)	-49.94±8.13	-43.68±10.98	-46.94±4.94	-43.34±7.58	-27.05±5.54	-24.91±13.35
单节段长钉组(B组)	-50.93±7.31	-46.97±9.46	-49.83±10.87	-47.14±6.61	-29.45±8.83	-28.01±13.52
短节段组(C组)	-69.18±8.69 ^{①②}	-56.22±13.89 ^{①②}	-62.57±7.74 ^{①②}	-55.66±5.61 ^{①②}	-35.43±8.32 ^{①②}	-36.22±10.69 ^{①②}
长节段组(D组)	-74.19±8.41 ^{①②③}	-66.66±9.30 ^{①②③}	-70.96±11.18 ^{①②③}	-64.92±7.95 ^{①②③}	-39.41±5.66 ^{①②③}	-39.21±11.40 ^{①②}

注: ①与 A 组比较 $P < 0.05$, ②与 B 组比较 $P < 0.05$, ③与 C 组比较 $P < 0.05$

表 2 不同方向加载单节段固定组与对照组的 ROM

($\bar{x} \pm s, n=10$)

	轴向压缩(mm)	侧弯(mm)	前屈(mm)	后伸(mm)	顺时针扭转(°)	逆时针扭转(°)
对照组	3.37±1.49	10.53±4.25	3.37±1.12	8.01±1.91	17.81±2.15	19.34±1.04
单节段短钉组	1.75±0.89 ^①	5.80±2.56 ^①	1.75±0.52 ^①	4.61±1.59 ^①	13.00±1.95 ^①	14.53±2.76 ^①
单节段长钉组	1.70±0.89 ^①	5.53±2.53 ^①	1.61±0.45 ^①	4.23±1.16 ^①	12.49±1.52 ^①	13.96±2.97 ^①

注: ①与对照组比较 $P < 0.05$

动功能,国内外有学者进行了有益的探索。Wawro 等^[16]早在 1994 年就在脊柱骨折的治疗中提出了单节段固定的概念,并成功对 14 例患者实施了单节段固定。近年来,国内外学者^[5-7]对有适应证的脊柱骨折患者实施单节段椎弓根螺钉内固定,取得了良好的中、短期效果。魏富鑫等^[17]应用腰椎不完全爆裂性骨折模型进行了生物力学研究,结果表明单节段固定可重建脊柱骨折即刻稳定性。但对于前中柱缺损性病变(如脊柱结核病灶清除后的缺损)是否可行尚未见文献报道。从理论上讲,单节段固定融合在脊柱骨折的后路手术中重建生物力学稳定性是可行的,那么在脊柱前中柱缺损性病变的修复中亦是可行的。因为椎体骨折后通过后路复位固定,虽然前中柱骨质的压缩、塌陷被撑开,椎体高度不同程度得以恢复,但其支撑强度仍然是松散的。前中柱缺损性病变在对病灶进行彻底清除后,必须进行可靠的支撑植骨,以此来恢复前中柱的稳定性。本研究以此为造模依据,模拟手术切除以 L1/2 椎间盘为中心、上下高度共 2cm 的前中柱“病灶”,切除后脊柱严重失稳,而后对“病灶”缺损部位进行支撑植骨、不同节段的椎弓根螺钉内固定。测试结果显示,在轴向压缩、前屈、侧弯、后伸、顺/逆时针扭转运动中,单节段长钉组与长节段组相比,RROM 分别增加了 23.26%、21.13%、19.69%、17.78%、9.96%、11.2%;与短节段组相比,RROM 分别增加了 18.25%、12.74%、9.29%、8.52%、5.98%、8.21%,提示上述运动方向上单节段长钉固定的稳定性能低于短节段和长节段固定。但单节段固定在各个运动方向上的稳定性均大于对照组,提示单节段固定是可以纠正脊柱的失稳状态、恢复脊柱的即刻稳定性。前中柱支撑植骨对前中柱稳定性的恢复发挥了重要作用。有研究表明,前中柱承受脊柱生理载荷的 70%~90%,对脊柱的稳定性产生重要的作用^[18]。同时,前中柱的稳定性也是影响内置物应力载荷及稳定性最大的因素。支撑植骨可以减少后方内固定器所承受的应力^[18],为内置物的固定创造一个稳定的力学环境,使得单节段固定前中柱病变具有一定的可行性。由于单节段固定的范围仅限于病变运动单元,因此可以最大程度地保留脊柱正常运动单元的运动功能,在满足术后即刻稳定性的前提下对脊柱运动功能的保留较长节段和短节段固定有明显的优势。

由于脊柱前中柱病变破坏的不规则性,有时椎体破坏范围广泛,用常规长度的椎弓根螺钉固定时钉的前端容易裸露于骨缺损部位,此时要使用短钉进行固定以防止螺钉头端裸露,即固定长度仅限于椎弓根内。本研究测定了单节段短钉固定的稳定性,并与单节段长钉组和对照组分别进行了比较,结果表明单节段短钉与单节段长钉在各个运动方向上的稳定性无显著性差异;且单节段短钉固定的稳定性高于对照组。有研究表明^[19],在椎弓根轴向方向上,螺钉拔出力的 60%位于胸椎和腰椎的椎弓根内;而在脊柱轴向方向上,短钉对抗脊柱弯曲时所提供的抗弯力矩较小。但是在前中柱支撑植骨的前提下,植骨块对上位椎弓根螺钉来说可以提供一定的抗弯力矩^[20]。这就可以解释为何本实验中单节段短钉组和单节段长钉组的稳定性无显著性差异。短钉的应用从理论上扩大了后路单节段固定的适用范围。

目前对脊柱前中柱病变单节段固定的临床报道较少见。王自立等^[21]采用单节段固定治疗脊柱结核患者 45 例,平均随访 4.3 年,未出现一例脱钉、断钉、弯棒、矫正度数明显丢失现象。阮狄克^[22]认为单节段融合固定具有融合 FSU 少、创伤小、融合率高、减少内固定失败率的特点。本研究从实验角度对单一运动单元前中柱病变切除后采用不同节段内固定进行了初步的研究,在前中柱支撑植骨条件下,单节段椎弓根螺钉固定(包括短椎弓根螺钉内固定)是可行的,适合于脊柱骨折、感染、良性肿瘤等前中柱病变切除后在支撑植骨基础上的后路内固定。但其临床应用的安全性和可靠性尚待进一步研究证实。

4 参考文献

1. McLain RF. The biomechanics of long versus short fixation for thoracolumbar spine fractures [J]. Spine, 2006, 31 (11 Suppl): S70-S79.
2. Altay M, Ozkurt B, Aktekin CN, et al. Treatment of unstable thoracolumbar junction burst fractures with short-or long-segment posterior fixation in Magerl type a fractures [J]. Eur Spine, 2007, 16(8): 1145-1155.
3. Tezeren G, Kuru I. Posterior fixation of thoracolumbar burst fracture: short-segment pedicle fixation versus long-segment instrumentation [J]. J Spinal Disord Tech, 2005, 18(6): 485-488.
4. Parker JW, Lane JR, Karaikovic EE, et al. Successful short-segment instrumentation and fusion for thoracolumbar spine fractures: a consecutive 41/2-year series [J]. Spine, 2000, 25 (9):

- 1157-1170.
5. Defino HL, Scarpato P. Fractures of thoracolumbar spine: monosegmental fixation[J]. Injury, 2005, 36(Suppl 2): B90-97.
6. Steel TR, Rust TM, Fairhall JM, et al. Monosegmental pedicle screw fixation for thoracolumbar burst fracture [J]. J Bone Joint Surg Br, 2004, 86(Suppl 4): 458.
7. Liu SY, Li HM, Liang CX, et al. Monosegmental transpedicular fixation for selected patients with thoracolumbar burst fractures[J]. J Spinal Disord Tech, 2009, 22(1): 38-44.
8. Chow DH, Luk KD, Evans JH, et al. Effects of short anterior lumbar interbody fusion on biomechanics of neighboring unfused segments[J]. Spine, 1996, 21(5): 549-555.
9. 姚啸生, 李洪久, 刘歆, 等. 短节段椎弓根内固定治疗胸腰椎爆裂性骨折远期疗效分析 [J]. 中国中医骨伤杂志, 2009, 17(8): 27-29.
10. 张嘉, 吕维加, 叶启彬, 等. 长节段脊柱内固定术后即刻刚度变化[J]. 中国医学科学院学报, 2005, 27(2): 153-155.
11. 邱贵兴, 徐宏光, 翁习生. 脊柱固定融合术后邻近节段病[J]. 中国医学科学院学报, 2005, 27(2): 249-253.
12. Weinhofer SL, Guyer RD, Herbert M, et al. Intradiscal pressure measurements above an instrumented fusion: a cadaveric study[J]. Spine, 1995, 20(5): 526-531.
13. Gillet P. The fate of the adjacent motion segments after lumbar fusion[J]. J Spinal Disord, 2003, 16(4): 338-345.
14. Bastain L, Lange U, Knop C, et al. Evaluation of the mobility of adjacent segments after posterior thoracolumbar fixation: a biomechanical study[J]. Eur Spine J, 2001, 10(4): 295-300.
15. Sudo H, Oda I, Abumi K, et al. Biomechanical study on the effect of five different lumbar reconstruction techniques on adjacent-level intradiscal pressure and lamina strain[J]. J Neurosurg Spine, 2006, 5(2): 150-155.
16. Wawro W, Konrad L, Aebi M. Single segment internal fixator device in treatment of thoracolumbar vertebral fractures[J]. Unfallchirurg, 1994, 97(3): 114-120.
17. 魏富鑫, 刘少喻, 赵卫东, 等. 单节段与双节段椎弓根螺钉固定胸腰椎单椎体骨折的生物力学比较 [J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2007, 17(1): 46-50.
18. Duffield RC, Carson WL, Chen LY, et al. Longitudinal element size effect on load sharing, internal loads and fatigue life of tri-level spinal implant constructs [J]. Spine, 1993, 18(12): 1695-1703.
19. 王正, 沈国平, 陈伟兵, 等. 椎弓根螺钉内固定稳定性的生物力学测试[J]. 医用生物力学, 2002, 17(2): 80-84.
20. Martin H, Krag. Biomechanics of thoracolumbar spinal fixation: a review [J]. Spine, 1991, 16(3 Suppl): 84-99.
21. 王自立. 病灶清除单节段融合固定治疗脊柱结核[J]. 中国脊柱脊髓杂志, 2009, 19(11): 807.
22. 阮狄克. 胸腰段脊柱骨折内固定使用长节段还是短节段[J]? 中国骨伤, 2009, 22(7): 483-484.
- (收稿日期: 2009-11-02 修回日期: 2010-03-02)
(英文编审 蒋欣/郭万首)
(本文编辑 卢庆霞)

消息

2010年全国脊柱外科学习班

由北京大学第三医院(下简述为北医三院)骨科主办的“2010年全国脊柱外科学习班”拟于2010年6月3-6日在北京远望楼宾馆召开。

本届学习班将对近十年脊柱外科新理论和新技术进行全面回顾和展望。众所周知,北医三院骨科是国内开展脊柱外科治疗最早的科室之一,已有50年的历史,累计手术治疗脊柱外科疾病5万余例,目前每年平均超过4千例,2002年颈椎病诊治与治疗研究荣获国家科学技术进步二等奖。本次学习班将以脊柱肿瘤、胸椎管狭窄、胸椎及胸腰段后凸畸形等专题为重点,结合脊柱退变性疾病、颅椎区疾患及脊柱创伤的外科治疗,着重介绍脊柱外科的理论、技术、经验、教训以及近年来主要研究进展。在会议形式上以专家授课为主,并从临床实用角度,结合典型病例,现场互动讨论。届时参加授课的专家除北医三院外,还将邀请国内、外知名学者与会,和大家共同交流,相信您将不虚此行。

本届学习班特别欢迎全国各地骨科医师积极参与疑难病例讨论,请将疑难病例资料提前发送到会务组,学术组讨论后选中的病例将与您及时沟通,截稿日期:2010年4月30日。

会议咨询:北京大学第三医院骨科 北京市海淀区花园北路49号,100191。联系人:张振会,任趁梅;电话及传真:(010)82267368;82266699-8821、8819。E-mail:Puh3_gk@bjmu.edu.cn。

学习班将授予参会代表国家Ⅰ类继续教育学分。

网上报名及实时信息敬请浏览:<http://www.bysyguke.com>。