

# 股三角阻滞在膝关节术后镇痛中的应用研究进展

谭明河,陈柏舟,陈代宇,王思琦,贺龙敏,曹俊  
(重庆医科大学附属第一医院麻醉科,重庆 400016)

**【摘要】**股三角阻滞作为一种膝关节术后镇痛技术,主要针对股神经的感觉分支,通过注射局部麻醉药物,在有效镇痛的同时,可减少对腿部运动能力的影响。虽然股三角阻滞在技术上存在某些风险和限制,但随着技术进步,其在麻醉学和疼痛管理领域的应用将更为广泛。股三角阻滞虽然高效且安全,但仍需更多研究以优化其在临床中的应用。本文对股三角阻滞在膝关节术后镇痛中的应用研究进展进行综述,旨在为膝关节术后镇痛提供参考。

**【关键词】**股三角阻滞;膝关节手术;神经阻滞

**【中图分类号】**R614.4   **【文献标识码】**A   **DOI:**10.11851/j.issn.1673-1557.2024.03.021

有效的膝关节术后疼痛管理对患者的舒适度、早期康复和整体治疗效果至关重要,不仅可以避免术后疼痛对患者生活质量的影响,还能缩短住院时间延长,有助于快速康复<sup>[1]</sup>。有研究显示,术后急性疼痛直接关联患者的功能恢复和满意度<sup>[2]</sup>,然而传统依赖全身性阿片类药物的疼痛管理方法,会出现呼吸抑制、恶心和便秘等不良反应,从而阻碍康复进程。因此,探索替代阿片类药物的有效镇痛策略变得迫切。在此背景下,膝关节手术中对股神经及其分支神经的阻滞引起了学者们的关注<sup>[2-3]</sup>。虽然腹股沟水平的股神经阻滞展现出优异的镇痛效果,但可能导致股四头肌肌力明显下降<sup>[3]</sup>,近年来,随着对膝关节手术后快速康复和早期活动的重视程度增加,临幊上开始寻求对患者影响较小的镇痛方法,以促进早期物理治疗和缩短住院时间。因此,对股神经的各个分支进行神经阻滞成为一种新的尝试<sup>[3]</sup>。针对股神经的纯感觉支——隐神经的收肌管阻滞,作为一种可能避免影响股四头肌肌力的方法,已成为许多膝关节手术的首选。但在大型手术,如膝关节置换中,仅仅依靠隐神经阻滞似乎不够<sup>[4]</sup>。因此,研究者将目光投向位于收肌管人口和腹股沟韧带之间的股三角区域,在该区域实施股三角阻滞,可以在保持股四头肌肌力的同时,提供良好的镇痛效果,受到越来越多研究者的关注<sup>[5-6]</sup>。本文对股三角阻滞在膝关节术后镇痛中的应用研究进展进行综述,旨在为膝关节术后镇痛提供参考。

## 1 股三角阻滞的机制

股三角阻滞通过阻滞股神经的分支(主要为隐神经、股中间皮神经、股内侧皮神经、股内侧神经)而发挥镇痛作用<sup>[5]</sup>。解剖学研究表明,股神经在腹股沟韧带下方3.0~3.1 cm处开始分支<sup>[7]</sup>,这些分支主要负责股前区的感觉和股四头肌的肌力,其中隐神经及由

股中间皮神经和股内侧皮神经构成的股前皮支,是膝关节感觉的主要神经分支<sup>[8]</sup>。在临幊上,股三角阻滞与在腹股沟韧带附近进行股神经阻滞相比,更侧重于阻滞股神经的感觉分支,以减少对股四头肌的影响,其主要优势在于在有效镇痛的同时,可减少对腿部运动能力的影响,特别是较小剂量使用时,能显著减轻运动麻痹和行走障碍<sup>[9,8]</sup>。

在髂耻窝的近端,股中间皮神经从股神经分出后,穿过或穿透缝匠肌的内侧缘,随后穿透阔筋膜进入皮下发挥神经支配作用,股神经的股外侧肌、股直肌和股中间肌的肌支在髂耻窝的近端穿过股三角进入各自的肌肉。而股内侧神经、股内侧皮神经、隐神经则在股动脉的外侧面,在远端髂耻窝内下行至收肌管或离开股三角到达皮下<sup>[10]</sup>。在髂耻窝末端处,股内侧皮神经沿股动脉上方向内侧穿行,其前支绕过或穿透缝匠肌,通过阔筋膜的隧道进入皮下,从而影响大腿内侧皮肤的感觉;而后支靠近股动脉内侧,延伸至缝匠肌边缘,并穿过阔筋膜到达大腿内侧远端,覆盖大部分膝关节手术区域的皮肤<sup>[11,10]</sup>。股内侧神经在股三角的近端靠近隐神经,虽然股内侧神经被描述为与隐神经一同进入收肌管,但事实上其在股三角的顶点进入由筋膜分裂形成的与收肌管相隔离的独立筋膜室,股内侧神经及其终端分支与隐神经的分离状态持续到收肌管的远端。因此,股内侧神经实际上并未位于严格意义上的收肌管内,而是位于与收肌管相独立的筋膜室内<sup>[8]</sup>。由髂前上棘到髌骨底部(近端)所测定的大腿中点,位于远端股三角内而非收肌管内<sup>[12,8]</sup>。因此,此前描述的以大腿的中点行使的“收肌管阻滞”可能实际上是远端股三角阻滞<sup>[13]</sup>。既然根据股内侧神经的走行推测,股内侧神经是膝关节的重要支配神经,那么真正的收肌管阻滞可能不会产生同样有效的镇痛效果<sup>[8, 12]</sup>,但这一假设仍需更多临床试验验证,并评估其临床意义<sup>[9]</sup>。

## 2 股三角阻滞效果的影响因素

2.1 局麻药物扩散及注射位置因素 局麻药在组织中的扩散受多种因素影响,其中筋膜作为局麻药扩散的屏障,对局麻药的扩散起主要影响<sup>[14-15]</sup>。在股三角内从近端到远端进行神经阻滞时,由于局麻药扩散的限制,神经阻滞效果可能不同。具体而言,在股三角的近端或更接近髂耻窝的位置进行阻滞,可以更全面地覆盖股内侧神经、股内侧皮神经、隐神经及股中间皮神经,从而达到更佳的镇痛效果<sup>[16]</sup>。有研究显示,与在远端股三角或收肌管处的神经阻滞相比,腹股沟韧带附近的股神经阻滞在镇痛效果上具有明显优势<sup>[17-19]</sup>,这为股神经近端分支,如股皮神经和部分肌支阻滞在膝关节术后镇痛中的作用提供了证据,而在更远端的位置阻滞,可能不会或不能完全覆盖上述神经。Bjørn 等<sup>[10]</sup>于 20 例受试者的髂耻窝顶部股动脉外侧注射 10 ml 局麻药,结果显示,仅有 4 例在预设的全膝关节置换术切口区域呈现完全皮肤麻醉。当增加对股中间皮神经的阻滞后,完全皮肤麻醉的受试者数量增至 15 例,这说明髂耻窝顶端的 10 ml 股三角阻滞可能不会对股中间皮神经产生阻滞效果,特别是那些支配全膝关节置换切口部位的股中间皮神经。而在进行 10 ml 远端股三角阻滞(大腿中部)的患者中,有 3 例在股内侧皮神经区域显示皮肤麻醉,相较之下,在髂耻窝顶端接受阻滞的 20 例患者中有 18 例呈现此效果。这说明股三角远端 10 ml 的阻滞可能不会涉及股内侧皮神经或股中间皮神经,但髂耻窝顶部的阻滞确实可以有效作用于股内侧皮神经。

值得注意的是,从股内侧筋膜到内收肌筋膜的筋膜延伸形成的缝匠肌下管结构,为远端股三角和收肌管的一个显著的解剖学特征,该结构内包括股血管及若干股神经分支<sup>[20]</sup>。收肌管可视为缝匠肌下管的远端结构,而与缝匠肌下管的股三角部分之间没有明确的解剖分界<sup>[5, 12]</sup>。缝匠肌下管与缝匠肌之间的区域称为缝匠肌下室<sup>[9]</sup>,其由脂肪和结缔组织构成,包含有缝匠肌下神经丛,由股内侧皮神经后支、闭孔神经前支和隐神经汇合而成,主要支配大腿下内侧的感觉<sup>[8-9]</sup>。因此,为了达到理想的阻滞效果,正确的阻滞间隙至关重要,在缝匠肌下室注射局部麻醉药物可能不会带来预期的镇痛效果。

通过超声引导技术对股前区进行更细致的分区,如髂耻窝、远端股三角和收肌管<sup>[4, 8-9]</sup>,可以使股三角阻滞变得更加精确<sup>[3, 12]</sup>。这种详细定位提高了进针精度和阻滞效果,尤其是对髂耻窝的识别,因为在此区域进行神经阻滞,可以尽可能地阻滞股神经的各个分支,包括皮支和肌支<sup>[8-9]</sup>。相对于股神经阻滞,股三角阻滞旨在减少对股四头肌肌支的影响,同时保持令人满意的阻滞效果,Grevstad 等<sup>[21]</sup>的研究进一步证实,远

端股三角阻滞对股四头肌肌力的影响较小或不明显。而与收肌管阻滞相比,股三角阻滞主要是为了覆盖股内侧肌神经和股内侧皮神经<sup>[4, 8-9]</sup>。尽管有学者主张在股内侧神经的筋膜内单独注射局麻药,并联合远端股三角或内收肌管阻滞,避免仅依赖筋膜扩散来达到阻滞效果<sup>[22]</sup>,但这种做法可能增加操作难度,并且存在刺伤神经的风险。在进行神经阻滞时,还需注意缝匠肌下间隙与股三角的目标阻滞区域之间的区别,尤其是在超声引导下,当注射至该区域时,药液在缝匠肌下的初始扩散表现为药液容易向股动脉的内、外浅层扩散<sup>[23]</sup>。综上所述,中段股三角阻滞或髂耻窝尖端股三角阻滞仍是最优选择<sup>[4, 8-9]</sup>。

2.2 其他因素 在进行股三角麻醉时,麻醉剂的选择也至关重要。对于临床诊断而言,短效麻醉剂如利多卡因可能更为合适。然而,对于持续缓解术后疼痛而言,罗哌卡因等长效麻醉剂可以提供更长时间的麻醉作用,减少患者的不适。此外,局麻药剂量的确定也同样重要,选择合适的剂量不仅可以优化麻醉效果,还可以大大降低与麻醉相关的并发症风险,单次小剂量注射可以尽量避免股四头肌肌力的下降,但可能会遗漏一些股皮神经的有效阻滞,而大剂量或连续的股三角阻滞则可以带来更好、更持久的镇痛效果,但面临肌力下降的风险。

## 3 股三角阻滞的临床应用效果

有研究证实,股三角阻滞对改进膝关节术后的疼痛管理和改善患者预后具有显著效果,与仅接受全身镇痛治疗的患者相比,接受股三角阻滞的患者在术后通常疼痛评分更低,阿片类药物消耗更少,满意度更高<sup>[6]</sup>。Bjørn 等<sup>[10]</sup>发现近端的股三角阻滞的镇痛效果比远端阻滞更具有优势。Grevstad 等<sup>[21]</sup>在志愿者的大腿中部注射了 10~30 ml 的 1% 利多卡因,基于对股内侧肌功能的影响,可推断小剂量的股三角阻滞并不会显著影响股四头肌的肌力。其他研究也对股三角阻滞与其他阻滞技术之间的差异进行了探讨,Sztain 等<sup>[24]</sup>发现不论是近端还是远端的连续股三角阻滞,其术后镇痛效果都优于连续收肌管阻滞;但 Lee 等<sup>[25]</sup>的研究对比了不同的股三角阻滞位置,发现连续的远端股三角阻滞在镇痛效果上并无明显优势。Chuan 等<sup>[16]</sup>对比了股三角中点与收肌管内的术后镇痛效果,结果表明两者之间没有统计学差异。以上不理想的术后镇痛效果可能是股三角阻滞的位置太低所致,在上述研究中,股三角阻滞的位置选择位于远端股三角,可能不能很好地阻滞股神经皮支以及股内侧神经,因为股内侧神经在其自身的筋膜鞘内,与 Bjørn 等<sup>[10]</sup>的研究结果一致。此外,麻醉药物配比和种类的差异也可能导致试验结果不一致。总体而言,股三角阻滞是一种有效、安全的技术,在提供满意术后镇痛需求的同时,有助于保持股四头肌功能,减少跌倒风

险,提高安全性和满意度<sup>[26-27]</sup>。

#### 4 注意事项和限制

在进行股三角阻滞时,患者的解剖差异可能会影响阻滞的成功率,临床医生需要留意<sup>[28]</sup>。股神经及其分支的具体位置和路径的个体差异可能会对刺针的准确性造成影响。因此,麻醉医生应掌握解剖学差异的识别技巧,并据此调整阻滞技术。超声引导技术通过提供神经结构的实时可视化,有助于提高阻滞的准确性<sup>[29]</sup>,首先,应该找到股三角的入口——长收肌与缝匠肌的内侧交点,确认严格的股三角定位<sup>[3, 5]</sup>。其次,近端与远端股三角的阻滞效果会有所差异,所以髂耻窝的确定也同等重要,出于不同的阻滞目的应选择不同的阻滞位置以及剂量,注射部位越近或注射体积越大,近端扩散和运动强度降低的风险就越大,但也会增加股内侧皮神经、股中间皮神经和股内侧神经的阻滞率,而更多的远端注射可能会减少这些神经的阻滞率,但会增加波及坐骨神经的风险<sup>[9]</sup>。Woodworth 等<sup>[9]</sup>建议在股骨远端三角内注射 15 ml 的局麻药物可适当地平衡肌力下降的风险和镇痛的收益。与任何医疗手术一样,股三角阻滞具有潜在的风险,意外的血管穿刺、感染和神经损伤都是可能发生的并发症,连续的股三角阻滞还可能导致导管脱落或移位<sup>[30]</sup>。因此,妥善地管理导管、严格无菌操作和使用超声或神经刺激仪精确地定位针尖至关重要。超声引导技术的进步,为提升阻滞的准确性和成功率开辟了新的途径。当前,超声引导下的股三角阻滞被认为是最佳技术方法,在超声引导下可以很好地进行股三角的定位与分区,在直视下完成阻滞也能减少穿刺的并发症<sup>[28]</sup>。在膝关节手术期间和术后,应密切监测患者,以及时发现和处理不良反应<sup>[30]</sup>。最后,尽管股三角阻滞是一种有效的疼痛管理方法,但其应当作为多模式镇痛策略的一部分,与其他疼痛管理方法如全身镇痛药、非阿片类药物和物理治疗相结合,以实现最佳的疼痛控制效果<sup>[8]</sup>。

#### 5 未来的方向和研究

随着股三角阻滞在膝关节手术后疼痛管理中的普及,需要对其进行深入的研究和探索,以便充分发挥其治疗潜力。例如,基于年龄、合并症和手术复杂性等变量更精确地筛选患者,可以进一步优化其股三角阻滞方案;对局部麻醉药的剂量及浓度与患者个体差异的调整研究,可能为疼痛管理提供个性化的策略<sup>[8]</sup>;探讨股三角阻滞在不同膝关节手术模式下的适用性,将促进其更广泛的应用;联合其他神经阻滞方式或多点注射的阻滞方式,或可进一步提高股三角阻滞的术后镇痛效果;对基于导管的连续阻滞技术进一步研究,可能为持续且可调节的疼痛缓解提供解决方案,以适应术后疼痛的动态变化<sup>[16, 24, 26]</sup>。此外,综合疼痛管理策略,如心脏手术加

速术后恢复方案,能将股三角阻滞与其他麻醉技术、全身镇痛药以及非药物干预相结合,提高疼痛控制效果和患者满意度,促进患者早期康复<sup>[31]</sup>。

#### 6 小结与展望

股三角阻滞作为膝关节手术后疼痛管理的一种新兴而有效的技术,提供了目标明确、精准的疼痛缓解途径,不仅能显著减少阿片类药物的不良反应,促进患者早期康复,而且作为综合疼痛管理策略的一环,与其他镇痛手段和康复干预结合,展现出了巨大潜力。未来还需继续研究和创新,以进一步发挥股三角阻滞在术后康复中的作用。

#### 参考文献:

- [1] WYLDE V. Chronic pain after total knee arthroplasty [J]. EFORT Open Reviews, 2018, 3(8) :461-470.
- [2] LO L W T, SUH J, CHEN J Y, et al. Early postoperative pain after total knee arthroplasty is associated with subsequent poorer functional outcomes and lower satisfaction [J]. J Arthroplasty, 2021, 36(7) :2466-2472.
- [3] ISHIGURO S, YOKOCHI A, YOSHIOKA K, et al. Technical communication: anatomy and clinical implications of ultrasound-guided selective femoral nerve block [J]. Anesth Analg, 2012, 115(6) :1467-1470.
- [4] BURCKETT-ST LAURANT D, PENG P, GIRÓN ARANGO L, et al. The nerves of the adductor canal and the innervation of the knee: an anatomic study [J]. Reg Anesth Pain Med, 2016, 41(3) :321-327.
- [5] BENDTSEN T F, MORIGGL B, CHAN V, et al. Basic topography of the saphenous nerve in the femoral triangle and the adductor canal [J]. Reg Anesth Pain Med, 2015, 40(4) :391-392.
- [6] GREVSTAD U, MATHIESEN O, VALENTINER L S, et al. Effect of adductor canal block versus femoral nerve block on quadriceps strength, mobilization, and pain after total knee arthroplasty: a randomized, blinded study [J]. Reg Anesth Pain Med, 2015, 40(1) :3-10.
- [7] LONCHENA T K, MCFADDEN K, OREBAUGH S L. Correlation of ultrasound appearance, gross anatomy, and histology of the femoral nerve at the femoral triangle [J]. Surg Radiol Anat, 2016, 38(1) :115-122.
- [8] BENDTSEN T F, MORIGGL B, CHAN V, et al. The optimal analgesic block for total knee arthroplasty [J]. Reg Anesth Pain Med, 2016, 41(6) :711-719.
- [9] WOODWORTH G E, ARNER A, NELSEN S, et al. Pro and con: How important is the exact location of adductor canal and femoral triangle blocks? [J]. Anesth Analg, 2023, 136 (3) :458-469.
- [10] BJØRN S, NIELSEN T D, MORIGGL B, et al. Anesthesia of the anterior femoral cutaneous nerves for total knee arthroplasty incision: randomized volunteer trial [J]. Reg Anesth Pain Med, 2019, 17(10) :100904.
- [11] HILL D M, LY A, DESAI J P, et al. Efficacy of a novel LAM femoral cutaneous block technique for acute donor site pain

- [J]. J Burn Care Res, 2023, 44(1):16-21.
- [12] WONG W Y, BJØRN S, STRID J M, et al. Defining the location of the adductor canal using ultrasound [J]. Reg Anesth Pain Med, 2017, 42(2):241-245.
- [13] ANDERSEN H L, ZARIC D. Adductor canal block or midthigh saphenous nerve block: same same but different name! [J]. Reg Anesth Pain Med, 2014, 39(3):256-257.
- [14] JOHNSTON D F, BLACK N D, COWDEN R, et al. Spread of dye injectate in the distal femoral triangle versus the distal adductor canal: a cadaveric study [J]. Reg Anesth Pain Med, 2019, 44(1):39-45.
- [15] KENDIR S, TORUN B İ, AKKAYA T, et al. Re-defining the anatomical structures for blocking the nerves in adductor canal and sciatic nerve through the same injection site: an anatomical study [J]. Surg Radiol Anat, 2018, 40(11):1267-1274.
- [16] CHUAN A, LANSDOWN A, BRICK K L, et al. Adductor canal versus femoral triangle anatomical locations for continuous catheter analgesia after total knee arthroplasty: a multicentre randomised controlled study [J]. Br J Anaesth, 2019, 123(3):360-367.
- [17] QIN L, YOU D, ZHAO G Q, et al. A comparison of analgesic techniques for total knee arthroplasty: A network meta-analysis [J]. J Clin Anesth, 2021(71):110257.
- [18] DONG P L, TANG X B, CHENG R R, et al. Comparison of the efficacy of different analgesia treatments for total knee arthroplasty: a network meta-analysis [J]. Clin J Pain, 2018, 34(11):1047-1060.
- [19] GADSDEN J C, SATA S, BULLOCK W M, et al. The relative analgesic value of a femoral nerve block versus adductor canal block following total knee arthroplasty: a randomized, controlled, double-blinded study [J]. Korean J Anesthesiol, 2020, 73(5):417-424.
- [20] TUBBS R S, LOUKAS M, SHOJA M M, et al. Anatomy and potential clinical significance of the vastoadductor membrane [J]. Surg Radiol Anat, 2007, 29(7):569-573.
- [21] GREVSTAD U, JÆGER P, SØRENSEN J K, et al. The effect of local anesthetic volume within the adductor canal on quadriceps femoris function evaluated by electromyography: a randomized, observer- and subject-blinded, placebo-controlled study in volunteers [J]. Anesth Analg, 2016, 123(2):493-500.
- [22] DOOLEY J, BULLOCK W M, KUMAR A H, et al. Systematic sonographic and evoked motor identification of the nerve to vastus medialis during adductor canal block [J]. Reg Anesth Pain Med, 2020, 45(11):937-938.
- [23] ANDERSEN H L, ANDERSEN S L, TRANUM-JENSEN J. The spread of injectate during saphenous nerve block at the adductor canal: a cadaver study [J]. Acta Anaesthesiol Scand, 2015, 59(2):238-245.
- [24] SZTAIN J F, KHATIBI B, MONAHAN A M, et al. Proximal versus distal continuous adductor canal blocks: does varying perineural catheter location influence analgesia? A randomized, subject-masked, controlled clinical trial [J]. Anesth Analg, 2018, 127(1):240-246.
- [25] LEE B, PARK S J, PARK K K, et al. Optimal location for continuous catheter analgesia among the femoral triangle, proximal, or distal adductor canal after total knee arthroplasty: a randomized double-blind controlled trial [J]. Reg Anesth Pain Med, 2022, 47(6):353-358.
- [26] GUILLEY J, BESANÇON I, HIVERT A, et al. Femoral nerve inguinal approach versus proximal femoral triangle approach for continuous regional analgesia in active rehabilitation after total knee arthroplasty: A prospective, randomised study [J]. Anaesthesia Critical Care Pain Medicine, 2022, 41(2):101043.
- [27] DE ARZUAGA C I S, MIGUEL M, BIARNÉS A, et al. Single-injection nerve blocks for total knee arthroplasty: femoral nerve block versus femoral triangle block versus adductor canal block - a randomized controlled double-blinded trial [J]. Arch Orthop Trauma Surg, 2023, 143(11):6763-6771.
- [28] MARHOFER P, HARROP-GRIFFITHS W, WILLSCHKE H, et al. Fifteen years of ultrasound guidance in regional anaesthesia: Part 2-recent developments in block techniques [J]. Br J Anaesth, 2010, 104(6):673-683.
- [29] RE M, BLANCO J, GÓMEZ DE SEGURA I A. Ultrasound-guided nerve block anesthesia [J]. Vet Clin North Am Food Anim Pract, 2016, 32(1):133-147.
- [30] KOPP S L, BØRGLUM J, BUVANENDRAN A, et al. Anesthesia and analgesia practice pathway options for total knee arthroplasty: an evidence-based review by the American and European Societies of Regional Anesthesia and Pain Medicine [J]. Reg Anesth Pain Med, 2017, 42(6):683-697.
- [31] CHOI Y S, KIM T W, CHANG M J, et al. Enhanced recovery after surgery for major orthopedic surgery: a narrative review [J]. Knee Surg Relat Res, 2022, 34(1):8.

(收稿日期:2023-10-18)

## (上接第229页)

- [26] LI S, WU L N, ZHANG H, et al. GINS1 induced sorafenib resistance by promoting cancer stem properties in human hepatocellular cancer cells [J]. Frontiers in Cell and Developmental Biology, 2021(9):711894.
- [27] LI M, SHI M K, HU C Y, et al. MALAT1 modulated FOXP3 ubiquitination then affected GINS1 transcription and drove NSCLC proliferation [J]. Oncogene, 2021, 40(22):3870-3884.
- [28] ZHANG J Y, WU Q F, WANG Z, et al. Knockdown of PSF1 expression inhibits cell proliferation in lung cancer cells in vitro [J]. Tumour Biol, 2015, 36(3):2163-2168.

- [29] TAHARA H, NAITO H, KISE K, et al. Evaluation of PSF1 as a prognostic biomarker for prostate cancer [J]. Prostate Cancer Prostatic Dis, 2015, 18(1):56-62.
- [30] MACNEILL S A. Structure and function of the GINS complex, a key component of the eukaryotic replisome [J]. Biochem J, 2010, 425(3):489-500.
- [31] KUBOTA Y, TAKASE Y, KOMORI Y, et al. A novel ring-like complex of Xenopus proteins essential for the initiation of DNA replication [J]. Genes Dev, 2003, 17(9):1141-1152.

(收稿日期:2023-09-19)