

儿童体温计

作者：普莱纳·巴特拉，阿比杰特·萨哈和穆尼斯·穆罕默德·阿克巴·法里迪

摘要

准确测量体温对儿童发热和体温过低的检测具有重要意义。理想的测温技术应安全、简便、无创、经济、省时，并能准确地反映核心体温。肺动脉离下丘脑最近，最能反映核心温度。其他部位包括食管远端、膀胱和鼻咽，这些方法均具有侵入性，临床应用困难。在非侵入性测温方法中，直肠测温被认为是最接近核心温度的方法，但它也有自身缺点。根据现有证据，对2岁以上儿童使用鼓膜动脉测温和对所有年龄组使用颞动脉测温均优于其他方法。

介绍

温度测量是患者护理的一个重要方面，具有相当大的临床影响。测量体温是为了检测是否发烧，发烧是最常见的一种症状，据报告，在急诊就诊的儿童中约有30%发烧。在发展中国家，体温过低是造成新生儿死亡率的一个重要因素，因此不仅要检测发烧，而且要检测体温过低，至少在新生儿期是这样。护理人员检测到错误的温度可能导致就医延迟，诊断检查延迟，最终导致治疗延迟。对于临床医生来说，不论是在急症室出现的

急性发热性疾病还是慢性疾病，体温测量对确定治疗方案都是非常重要的。

在测量温度时，应该尽可能接近核心温度。核心温度是覆盖全身温度调节中心（即下丘脑）的血液温度。下丘脑和其他可测量体温的不同身体部位之间存在变化梯度。理想情况下，温度测量应该是安全，简单，无创，经济、省时、不依靠操作技能，不受环境温度的影响，并应精确地反映核心体温。肺动脉最接近下丘脑，其温度最能反映核心温度，但是测量肺动脉温度是不实际的。尽管到目前为止已有很大的进展，但没有一种测温方法能满足所有这些标准。

用于测量儿童体温的不同技术可大致分为有创的和无创的方法。

有创式

肺动脉测温

肺动脉(PA)温度是测量核心温度的最佳参考标准。肺动脉温度比颈静脉测血温度低0.2°C。通过将探针置于肺动脉中来测量PA温度，并且仅



限于接受心脏手术的儿童。在临床情况下，PA温度测量实际上是不可能的，并且仅用于研究目的。

远端食管测温

远端食管测出的温度最接近于肺动脉测量的温度，但远端食管温度测量的使用仅限于重症监护室或围手术期。可以通过在服用镇静剂的病人的食管远端插入食道探头来测温，由有经验的麻醉师完成。食道温度已被证明在大范围温度下测温得比其他模式更精确。缺点是温度读数受吸入气体和探头位置对气管冷却的影响。在进行这样的测量之前，需要排除异常食管。

膀胱测温

带有热敏电阻的导尿管用于ICU环境中测量膀胱温度。膀胱温度的测量结果并不令人十分满意，因为这是一种有创的方法，使用这种方法测量的温度与核心温度没有很好的相关性，并且受到膀胱中尿液的影响很大。

鼻咽温度计

在儿童年龄组中，只有一项研究测量了鼻咽温度。鼻咽温度与PA温度的平均差值为0.43°C，鼻咽温度与PA温度的相关性优于直肠、腋窝和鼓膜温度。这种手术有很大的鼻咽损伤风险。

无创方法

直肠测温

直肠温度测量应该是在其他各部位进行的测量中最接近核心温度，并且是常规临床护理的金标准。直肠温度的优点是它不受环境温度的影响，特别适用于体温过低的患者。直肠测温存在的问题是，对年龄较大的儿童和成人来说，直肠测温是不舒服的，也是不愿意接受的，而且存在交叉污染的风险。测量受到直肠中粪便和直肠血流的影响。使用这种方法时，艾滋病毒传播风险仍然是一个问题，新生儿也存在直肠穿孔的潜在风险。直肠温度的测量结果与肺动脉温度的测量结果也有不同。Hebbar等人将颞动脉温度与肺动脉温度、直肠温度和腋窝温度进行了比较，结论是在发烧和非发烧患者中，肺动脉温度-直肠温度的偏差显著小于肺动脉温度-直肠温度的偏

差。此外，发现直肠温度与食管温度一致，食管与直肠平均温度差为 $0.00 \pm 0.18^{\circ}\text{C}$ 。

舌下（口腔）测温

使用水银和数字温度计的舌下测温法可用于年龄较大的儿童和成人的温度测量。易于测量，且不太受环境温度的影响。与腋窝温度相比，舌下温度更准确。当肺动脉温度与成人ICU患者的其他无创温度测量方法进行比较时，发现口腔温度相关性最好。只有19%的患者有 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 的差异；然后是颞动脉测量，20%的患者出现了这种差异。

腋下测温

腋下测温是最早用于温度记录的方法之一。通过将温度计直接放置在位于腋窝顶部深处的腋动脉上来测量温度。腋下的温度会因周围的冷却而发生显著的变化并且经常提供不准确的读数。Craig等人对20项研究的系统回顾得出结论，使用水银和电子腋下温度计的温度读数在所有研究中都有很大的差异，当需要精确的温度测量时，腋下温度计并不是一个好的方法。Kara等人在另一项研究中使用化学温度计和水银温度计对腋窝温度进行了比较，结果表明使用化学温度计测量腋下温度并不是一个筛查发烧的好方法。

尽管腋下温度在检测发热方面的敏感性和特异性较低，但由于直肠温度计存在直肠穿孔的风险，美国儿科学会依旧推荐腋窝温度作为新生儿发烧的筛查测试。

鼓膜温度测量

鼓膜（TM）的血液供应源自颈动脉，因此这里测量的温度与核心温度密切相关。最初的TM温度测量是使用探头，直接应用于耳膜。现在，被称为红外辐射发射探测器(IRED)的红外辐射发射温度计已经问世，它可以测量从鼓膜和耳道发出的热辐射。发出的热辐射量与膜的温度成正比，因此它能准确地估算鼓膜的温度。这些读数不会因耳垢或中耳炎的存在而改变。其他优点是易测量、速度快。与鼓膜温度计相关的感染控制问题并不多。由于耳道狭窄，此类温度计很难用于2岁以下的儿童。

一些鼓膜温度计有内置的补偿值，可以根据实际的鼓膜温度来估算核心温度、口腔或直肠温度。如果在不正确的模式下使用此温度计，它可能会错误地判断是否发烧。

关于鼓膜温度测量的可靠性已经进行了许多研究，但它们的结果是模棱两可的。在44项比较直肠（作为参照部位）和红外测温的研究的荟萃分析中，TM温度与直肠温度之间的一致性较低，且两者存在差异。即使在直肠模式下使用，也未发现直肠温度的近似值。其他作者也发现，鼓膜温度与直肠温度相比不一致，而且与年龄和温度有关。当使用家庭和临床TM温度计测量鼓膜温度并与腋下温度进行比较以确定发烧的准确性时，在大部分的患者中，家用TM温度计可能会未察觉到发烧。因此，家用TM温度计只能作为发烧的筛查工具，而不能用于发烧患者的后续跟进。

Purssell使用鼓膜测温法来评估正常鼓膜温度及其重复性。他们的研究得出结论，TM测温是一种可靠的测温方法，TM平均温度为 36.65°C ，总重复性指数为 0.78°C 。在印度，目前只有Sehgal等人对脑膜炎和非脑膜炎患者进行了TM测温的研究。他们的结论是，TM温度在很大范围内与直肠温度有良好的相关性。鼓膜测温法的另一个优点是它在儿童当中有相当高的接受性。

颞动脉测温

颞动脉（TA）测温是一种较新的体温测量方法。颞动脉温度是通过红外温度计探头扫描前额到颞动脉区来测量的。与TM测温法相比，它的优点是相对安全，无需将仪器盲目导入耳道。在一项研究中，发现与直肠测温相比，TA测温是一种不准确的发热检测器，灵敏度仅为66%；但另一项研究发现，TA测温是一种有效的筛查工具，与TM和直肠测温相比，TA测温让婴儿在检测中更舒适。Titus等人观察到类似的结果，他们提倡TA测温作为1至4岁儿童的有效筛查工具。Suleman等人将TA温度测量值与PA温度测量值进行了比较，发现两者仅在儿童中存在一定的一致性。在成年人中，这种一致性较差。这些结果与Al-Mukhaizeem等人的初步研究结果相

反，他们发现TA和食管温度之间有很好的一致性。

Roy等人进行了一项大型研究，他们尝试通过测量2346名年龄在0-18岁之间的患者的TA温度，给出年龄特定的正常温度测量值。发烧定义为温度高于正常值两个标准偏差。虽然不同年龄组的截止值不同，但当TA温度 $\geq 38.0^{\circ}\text{C}$ 或 $\geq 100.4^{\circ}\text{F}$ 时，可定义0-47月龄儿童发烧。

皮肤红外测温

利用红外测温技术研制了皮肤测温装置。这些装置的目的是以一种无创的方式快速检测发热。皮埃尔·豪斯法特(Pierre Hausfater)评估了2026例儿童和成人红外体温计的准确性，并与TM体温计进行了比较。在温度 $\geq 38.0^{\circ}\text{C}$ 时，该装置的阴性预测值为0.99，阳性预测值为0.10。因此，该技术不适合大规模检测发热。Ng等人对结果进行了反驳。他们还发现环境温度是皮肤测温中一个重要的影响因素。

触觉评估

触诊皮肤来评估体温是一种古老的方法，至今仍被父母和护理人员广泛用于检查是否有发烧。由于血管收缩，降低皮肤温度，易影响测定结果的准确性。Whybrew等人的一项大型研究发现，触摸会高估皮肤温度，从而错误地认为孩子发烧。Banco等人发现，母亲(80%)比医学院学生(42%)有更好的预测。Chaturvedi等人在印度的一项研究中也观察到类似的结果，他们发现医护人员对触觉评估的敏感性和特异性(分别为78%和63.6%)略高于护理人员(分别为70.5%和40.9%)，因此他们都诊断发烧过高和过低。

触觉温度评估不能用于发烧患者的后续跟进。该方法可以将儿童带到医疗机构，但需要使用精确的温度测量设备进行正确的评估测温。可以在外周水平（通过触摸腹部和脚部）使用触觉评估来检测新生儿的体温过低，来对冷应激和体温过低进行分类，并可用于进一步的管理和转诊。

在有创式测温方法中，肺动脉测温是测量核心温度的理想方法。然而，仅限于重症监护病房或手

术环境中病情严重的病人使用。各种无创式温度测量方式可供选择。各种方法立于不同基础。在选择测量仪器时，孩子们的舒适感和喜好变得很重要。Pickersgill等人对83名儿童(39名，年龄6~10岁;44名，年龄11~15岁)进行研究，两组都偏爱鼓膜测温。加拿大儿科协会(CPS)成立的社区儿科委员会仍然建议5岁以下儿童使用直肠温度计;口温计，适用于5岁以上儿童。鼓膜体温计或颞动脉体温计可用于医院环境下的筛查。由于环境危害，应停止使用水银温度计。

结论

根据现有数据，临床医生和家长更偏向于给2岁以上儿童选择鼓膜温度计，颞动脉温度则适用于所有年龄组患者。需要解决的问题与每种方法的正常体温值的可用性有关。需要设计一种可以安全用于较小儿童的鼓膜温度计。

REFERENCES

1. Berkowitz CD. Fever. In: Tintinalli JE, Kelen GD, Stapezynski JS, editors. Emergency Medicine: A comprehensive study guide. 6th ed. Mc Graw Hill: United States of America; 2004. pp. 749 - 51. [Google Scholar]
2. El-Radhi AS, Barry W. Thermometry in pediatric practice. Arch Dis Child. 2006;91:351 - 6. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
3. Eichna LW, Berger AR, Rader B, Becker WH. Comparison of intracardiac and intravascular temperatures with rectal temperatures in man. J Clin Invest. 1951;30:353 - 9. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
4. Robinson JL. Body temperature measurement in pediatrics: Which gadget should we believe? Pediatr Child Health. 2004;9:457 - 9. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
5. Al-Mukhaizeem F, Allen U, Komar L, Naser B, Roy L, Stephens D, et al. Comparison of temporal artery, rectal and esophageal core temperatures in children: Results of a pilot

- study. Pediatr Child Health. 2004;9:461 - 5. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
6. Robinson JL, Seal RF, Spady DW, Joffres MR. Comparison of esophageal, rectal, axillary, bladder, tympanic, and pulmonary artery temperatures in children. J Pediatr. 1998;133:553 - 6. [PubMed] [Google Scholar]
7. Maxton FJ, Justin L, Gillies D. Estimating core temperature in infants and children after cardiac surgery: A comparison of six methods. J Adv Nurs. 2004;45:214 - 22. [PubMed] [Google Scholar]
8. Hayward JS, Eckerson JD, Kemna D. Thermal and cardiovascular changes during three methods of resuscitation from mild hypothermia. Resuscitation. 1984;11:21 - 33. [PubMed] [Google Scholar]
9. Milewski A, Ferguson KL, Terndrup TE. Comparison of pulmonary artery, rectal and tympanic membrane temperatures in adult intensive care unit patients. Clin Pediatr (Phila) 1991;30:13 - 6. [PubMed] [Google Scholar]
10. Hebbbar K, Fortenberry JD, Rogers K, Merritt R, Easley K. Comparison of temporal artery thermometer to standard temperature measurements in pediatric intensive care unit patients. Pediatr Crit Care Med. 2005;6:557 - 61. [PubMed] [Google Scholar]
11. Lawson L, Bridges EJ, Ballou I, Eraker R, Greco S, Shively J, et al. Accuracy and precision of noninvasive temperature measurement in adult intensive care patients. Am J Crit Care. 2007;16:485 - 96. [PubMed] [Google Scholar]
12. Craig JV, Lancaster GA, Williamson PR, Smyth RL. Temperature measured at axilla compared with rectum in children and young people: Systematic review. BMJ. 2005;320:1174 - 8. [PMC free article]

- [PubMed] [Google Scholar]
13. Kara A, Devrim I, Cengiz AB, Celik F, Tezer H, Uludag AK, et al. Is the axilla the right site for temperature measurement in children by chemical thermometer? Turk J Pediatr. 2009;51:325 - 7. [PubMed] [Google Scholar]
14. Kresch MJ. Axillary temperature as a screening test for fever in children. J Pediatr. 1994;104:596 - 9. [PubMed] [Google Scholar]
15. Childs C, Harrison R, Hodgkinson C. Tympanic membrane temperature as a measure of core temperature. Arch Dis Child. 1999;80:262 - 6. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
16. Terndrup T, Crofton D, Mortelliti A, Kelley R, Rajk J. Estimation of contact tympanic membrane temperature with a noncontact infrared thermometer. Ann Emerg Med. 1997;30:171 - 5. [PubMed] [Google Scholar]
17. Chamberlain JM, Terndrup TE, Alexander DT, Silverstone FA, Wolf-Klein G, O' Donnell R, et al. Determination of normal ear temperature with an infrared emission detection thermometer. Ann Emerg Med. 1995;25:15 - 20. [PubMed] [Google Scholar]
18. Craig JV, Lancaster GA, Taylor S, Williamson PR, Smyth RL. Infrared ear thermometry compared with rectal thermometry in children: A systematic review. Lancet. 2002;360:603 - 9. [PubMed] [Google Scholar]
19. Duce SJ. A systematic review of the literature to determine optimal methods of temperature measurement in neonates, infants and children. DARE review. 1996;4:1 - 124. [Google Scholar]
20. Lanham DM, Walker B, Klocke E, Jennings M. Accuracy of tympanic temperature readings in children under 6 years of age.

- Pediatric Nurs. 1999;25:39 - 42. [PubMed] [Google Scholar]
21. Wilshaw R, Beckstrand R, Waid D, Schaalje GB. A comparison of the use of tympanic, axillary and rectal thermometers in infants. J Pediatric Nurs. 1999;14:88 - 93. [PubMed] [Google Scholar]
22. Devrim I, Kara A, Ceyhan M, Tezer H, Uludag AK, Cengiz AB, et al. Measurement accuracy of fever by tympanic and axillary thermometry. Pediatr Emerg Care. 2007;23:16 - 9. [PubMed] [Google Scholar]
23. Purssell E, While A, Coomber B. Tympanic thermometry-normal temperature and reliability. Pediatr Nurs. 2009;21:40 - 3. [PubMed] [Google Scholar]
24. Sehgal A, Jyothi MC, Dubey NK. Comparison of tympanic and rectal temperatures in febrile children. Indian Pediatr. 2003;40:135 - 40. [PubMed] [Google Scholar]
25. Pickersgill J, Fowler H, Boothman J, Thompson K, Wilcock S, Tanner J. Temperature taking: Children's preferences. Pediatr Nurs. 2003;15:22 - 5. [PubMed] [Google Scholar]
26. Siberry GK, Diener-West M, Schappell E, Karron RA. Comparison of temple temperatures with rectal temperatures in children under two years of age. Clin Pediatr (Phila) 2002;41:405 - 14. [PubMed] [Google Scholar]
27. Greenes DS, Fleisher GR. Accuracy of a non-invasive temporal artery thermometer for use in infants. Arch Pediatr Adolesc Med. 2001;155:376 - 81. [PubMed] [Google Scholar]
28. Titus MO, Husley T, Heckman J, Losek JD. Temporal artery thermometry utilization in pediatric emergency care. Clin Pediatr (Phila) 2009;48:190 - 3. [PubMed] [Google Scholar]
29. Suleman MI, Doufas AG, Akca O,

- Ducharme M, Sessler DI. Insufficiency of a new temporal artery thermometer for adult and pediatric patients. *Anaesth Analg.* 2002;95:67 - 71. [PubMed] [Google Scholar]
30. Roy S, Powell K, Gerson LW. Temporal artery temperature measurements in healthy infants, children and adolescents. *Clin Pediatr (Phila)* 2003;42:433 - 7. [PubMed] [Google Scholar]
31. Hausfater P, Zhao Y, Defrenne S, Bonnet P, Riou B. Cutaneous infrared thermometry for detecting febrile patients. *Emer Infect Dis.* 2008;14:1255 - 8. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
32. Ng EY, Kaw GJ, Chang WM. Analysis of IR thermal imager for mass blind fever screening. *Microvasc Res.* 2004;68:104 - 9. [PubMed] [Google Scholar]
33. Whybrew K, Murray M, Morley C. Diagnosing fever by touch. *BMJ.* 1998;317:21. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
34. Banco L, Veltri D. Ability of mothers to subjectively assess the presence of fever in their children. *Am J Dis Child.* 1984;138:976 - 8. [PubMed] [Google Scholar]
35. Chaturvedi D, Vilhekar KY, Chatirvedi P, Bharambhe MS. Reliability of perception of fever by touch. *Indian J Pediatr.* 2003;70:871 - 3. [PubMed] [Google Scholar]
36. Ellis M, Manandhar D, Hunt L, Barnett S, Azad K. Touch detection of neonatal hypothermia in Nepal. *Arch Dis Child Fetal Neonatal Ed.* 2006;91:F367 - 8. [PMC free article] [PubMed] [Google Scholar]
37. Pickersgill J, Fowler H, Boothman J, Thompson K, Wilcock S, Tanner J. Temperature taking: Children's preferences. *Pediatr Nurs.* 2003;15:22 - 5. [PubMed] [Google Scholar]
38. Canadian pediatric society, Community Pediatrics Committee. Temperature measurement in pediatrics. [Last accessed on Feb 2009]. Available from: <http://www.cps.ca/ENGLISH/statements/CP/cp00-01.htm>. Reaffirmed in .