

老年人体温变化的研究进展

蒋雨珊, 黄文祥*

重庆医科大学附属第一医院老年医学科, 老年疾病研究与转化实验室, 重庆

收稿日期: 2026年2月16日; 录用日期: 2026年3月9日; 发布日期: 2026年3月18日

摘要

体温是人体关键的生命体征,其准确测量对于医学诊断和健康管理至关重要。本综述旨在探讨影响体温,特别是老年人体温的主要因素,希望能给以后建立更适合老年人的体温评估标准,提供点理论上的参考。文章首先追溯了“正常体温是37.0°C”这一传统概念的起源,重新审视了Wunderlich的经典研究,并将其方法与结论与现代临床测温方式进行比较。随后,综述系统阐述了影响体温的若干关键因素,重点分析了测量部位与昼夜节律对体温读数的显著影响,并深入探讨了老年人的体温调节变化,如基础体温降低和昼夜波动幅度减弱等特征。此外,本文还关注了新兴的可穿戴连续体温监测技术在老年健康管理中的应用潜力,并总结了COVID-19大流行期间关于老年人群发热反应不典型的研究进展。最终得出结论:传统的单一正常体温标准不适用于老年人,未来应结合动态监测与个体化体温基线,根据老年人的生理特点,构建更科学的体温评估与发热判断的方法。

关键词

体温, 老年人, 测量部位, 昼夜节律

Recent Advances in Body Temperature Changes among Older Adults

Yushan Jiang, Wenxiang Huang*

Laboratory of Research and Translation for Geriatric Diseases, Department of Geriatrics, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: February 16, 2026; accepted: March 9, 2026; published: March 18, 2026

Abstract

Body temperature is a key vital sign, and its accurate measurement is essential for medical diagnosis

*通讯作者。

文章引用: 蒋雨珊, 黄文祥. 老年人体温变化的研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(3): 3225-3232.
DOI: 10.12677/acm.2026.1631128

and health management. This review aims to explore the primary factors influencing body temperature, particularly in older adults, with the goal of providing a theoretical reference for establishing more suitable temperature assessment standards for this population. The article first traces the origin of the traditional concept of a “normal” body temperature of 37.0°C, re-examining Wunderlich’s seminal work and comparing his methodology and conclusions with modern clinical thermometry techniques. Subsequently, the review systematically elaborates on several key factors affecting body temperature, focusing on the significant impact of measurement site and circadian rhythm on temperature readings. It also delves into age-related thermoregulatory changes in older adults, such as a lower baseline body temperature and diminished amplitude of daily fluctuations. Furthermore, this article discusses the potential of emerging wearable continuous body temperature monitoring technology in geriatric health management and summarizes research advances regarding atypical febrile responses in the older adult population during the COVID-19 pandemic. It concludes that the traditional single standard of normal temperature is not applicable to older adults. Future efforts should focus on integrating continuous monitoring with individualized baselines to develop a more scientific framework for temperature assessment and fever detection that accommodates the physiological characteristics of older individuals.

Keywords

Body Temperature, Older Adults, Measurement Site, Circadian Rhythm

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

体温作为生命体征里的核心指标, 在临床诊断和日常健康管理中的重要性不言而喻[1] [2]。自 19 世纪德国医生 Wunderlich 的开创性工作以来, “37.0°C” 就成了健康成年人的“标准体温”, 沿用至今[3] [4]。Wunderlich 收集了大量的腋温数据, 首次系统性地把体温变化与疾病联系起来, 为临床测温学奠定了基石[5]。然而, 当我们用今天的标准重新审视这项经典研究时, 不难发现其结论背后隐藏着不少的局限性: 数据采集频率较低、所用仪器的校准标准与现代设备存在显著偏差。更有意思的是, Wunderlich 本人其实已经注意到, 体温会随年龄、性别及昼夜节律而波动[3] [4]。遗憾的是, 他那关于“平均体温”的结论被后世固化为了绝对标准, 而关于体温生理性变异的重要观察, 却在很大程度上被临床实践所忽略[6]。

现在我们已经清楚地认识到, 人体的体温绝非一个恒定不变的数值, 而是一个受多种内源性及外源性因素动态调控的生理指标[7] [8]。大量研究证实, 体温存在显著的个体间差异, 受到年龄、性别、健康状况、环境温度、测量部位以及昼夜节律的共同影响[9]-[15]。在这些因素中, 年龄与测量部位被认为是最关键的两个决定因素[10]。例如, 直肠温度因能最准确地反映身体核心温度而被认为是“金标准” [16] [17], 而腋窝等体表温度则因与核心温度相关性差、变异性大, 其可靠性常常受到质疑[17]-[19]。同样, 在规律的 24 小时作息下, 核心体温呈现出典型的昼夜节律, 通常在凌晨降至最低, 而在傍晚达到高峰[4] [6] [20]。这些发现无疑对固守“37°C”这一单一阈值的传统判断模式提出了根本性的挑战。

在这些影响因素中, 尤其值得注意的是, 随着年龄增长而身体调节体温的能力会减退[11] [12]。与健康的年轻人相比, 老年人普遍表现出基础体温偏低、体温昼夜波动幅度减弱, 甚至在感染时, 也常常出现发热反应迟钝或不典型的现象[12] [21] [22]。Wunderlich 早年间便已注意到这一点[4], 而后续的研究也

一再证实,健康老年人的平均核心体温通常低于 37.0℃,而且每个人体温达峰的时间点差异更大[21]-[24]。这意味着,如果我们仍然沿用基于年轻人群数据制定的通用标准来评估老年人,就极易忽略发热等异常情况,从而延误感染性疾病的诊治,对预后产生不良影响[25] [26]。

近年来,技术进步与重大公共卫生事件的发生为我们重新审视老年人体温管理提供了全新的视角。一方面,基于柔性电子和微传感技术的可穿戴连续体温监测设备发展迅猛,它们能长期、动态地追踪老年人核心体温的节律模式,捕捉其细微变化,这为建立个体化的体温基线和精准预警系统开辟了新路径[27]-[30]。另一方面,COVID-19 大流行的临床实践以前所未有的方式凸显了老年人群发热反应的复杂性[31]-[33]。大量临床观察一致指出:老年 COVID-19 患者,尤其是高龄、衰弱者,出现典型发热的比例远低于年轻人,相反,他们更常以意识状态改变、乏力等不典型表现起病[31] [34] [35]。这一现象强烈警示我们,在老年人群中,单纯依赖“发烧”这个传统指标来筛查感染是远远不够的,必须结合其基础体温的变化趋势进行综合判断[32] [33]。

总而言之,固守于 19 世纪的单一正常体温标准,已难以满足现代老年医学对精准化管理的需求[36]。当前研究的关键问题,在于我们缺乏一套真正适合老年人体温昼夜节律特征、基础水平偏低以及发热反应模式改变的评估办法。因此,本综述旨在系统梳理体温调控的基本原理,重点分析年龄增加对体温调控的影响,并结合可穿戴设备与 COVID-19 大流行的临床启发,探讨建立更贴合老年人生理特点的体温评估框架,以期提升老年感染性疾病的早期识别能力、优化临床决策提供一些新的思路。

2. 98.6°F (37.0°C)的起源

医学界长期公认的“37.0℃”正常体温标准,可以追溯到 19 世纪。最初由 Becquerel 与 Breschet 等人提出,后经 Wunderlich 在其后的三十多年里大力推广,这才让“37℃”逐渐被医学界接受[3]。尽管有多位学者为此做出贡献,但医学史学界普遍将 Wunderlich 及其 1868 年出版的著作《疾病中的体温变化》当作该领域的奠基石,正是这本书让“37.0℃”这个数字在临床医学中占据了核心地位[3]。Wunderlich 不仅将正常体温定为 37℃,还将发热阈值划在 38℃,这可是临床医学史上第一次有了可供操作的发热定义[5]。

然而,现代医学教科书对正常口腔体温上限的界定缺乏统一标准。不同权威文献对正常口腔体温上限的界定存在显著差异:生理学教科书将其界定为 98.8°F (37.1℃)或 100.4°F (38.0℃)[36] [37];《哈里森内科学原理》定义为 99.0°F (37.2℃)[38];近期出版的发热专题著作则提出 99.4°F (37.4℃)[39];而一本广泛使用的医学词典仍沿用 98.6°F (37℃)作为上限[40]。这种界定上的不一致,其实恰恰反映了体温存在生理变异性的客观事实——昼夜节律[6]和测量部位的差异,实际上不应将单一固定数值视为正常体温的绝对上限。

更关键的是,如果我们再用今天的科研标准去审视 Wunderlich 当年的工作,会发现他的结论确实有些局限性。首先,他主要测量的是腋温,而且他对测量精确度的要求,远低于如今的标准。Wunderlich 本人曾说过:“误差不超过 0.5℃的,基本可以忽略不计”[3]。其次,他用的温度计校准问题尤为突出,现存的一支据信是他用过的水银温度计,读数比现在的数字温度计平均要高出 1.6℃~1.8℃,甚至比同时期的其他温度计也偏高[3]。这说明他当年的仪器与现代标准之间,可能存在不小的系统偏差。最后,虽然 Wunderlich 收集了大量的数据,但没有证据显示,他用统计分析方法对原始数据进行分析,其结论的严谨性自然也就难以验证了。

有意思的是, Wunderlich 当年其实记录了不少有价值的观察,比如女性的体温略高于男性,老年人的体温要明显低一点(大约低 0.5℃),还有体温存在昼夜节律(凌晨 2~8 点最低,下午 4~9 点最高,平均波动 0.5℃)[4]。遗憾的是,这在后来的临床实践中很大程度上被忽略了。这种选择性的继承,无疑让我们

的体温评估标准变得有些僵化。

所以, 尽管 Wunderlich 对临床测温学的贡献不容置疑, 但如果把他的工作简单地概括成一个“37°C”, 不仅没能反映他研究的全貌, 更在老年医学这个特殊领域, 带来了一些临床误导。回过头来重新审视这段历史, 对我们今天建立适合老年人的体温评估体系具有重要启发。

3. 体温影响因素

人体的体温调控, 是一个多系统协同配合的复杂调节机制。最终看到的温度计上的数值, 其实是测量方法、时间变化和个人特征共同作用的结果。所以, 想为老年人建立一个精准的体温评估体系, 首先得深入理解这些因素及其相互作用。

3.1. 测量部位

在临床体温测量中, 不同部位的测量结果存在显著差异。口腔温度因其操作便捷性和可靠性而被广泛采用, 而腋下及其他体表(如鼓膜或胸壁)温度虽便于测量, 但准确性相对较低, 相比之下, 直肠温度作为体内测量方式具有最高可靠性, 常被视为体温测量的“金标准”, 尽管其操作便利性最差[16]。

把不同部位的体温放在一起比较, 能看出清晰的同步性关系。直肠和肠道(比如用测温胶囊)的温度, 无论是平均值、波动幅度、峰值相位, 都高度一致, 这说明用肠道温度可作为核心体温的可靠替代指标[17]。口腔温度在波动幅度, 峰值相位上和直肠温度同步, 但它的平均值普遍偏低, 所有时间点都低于直肠[1] [33]。Rabinowitz 等对 22 名健康受试者的多部位测温研究, 发现直肠温度平均比口腔高 0.4°C, 比鼓膜高 0.8°C。有意思的是, 鼓膜温度在不同受试者之间, 甚至同一受试者不同时间量, 差别都比口腔和直肠大[1]。Hamilos 等的研究也证实, 直肠温度比口腔电子体温计测出来的, 平均要高出 0.46°C [41]。

与上述部位形成鲜明对比的是, 腋下温度与核心体温的相关性及同步性很差。Agarwal 等对 100 例受试者的研究发现, 虽然所有人的口腔温度都比腋下温度高, 但这两者之间没有显著相关性。他们明确指出“绝不能通过腋下温度推断口腔温度” [18]。Edwards 等用连续监测的方法, 对 8 名健康男性进行为期 13 天的监测, 直肠和肠道温度的变化轨迹高度一致, 而与腋下温度则缺乏同步性; 腋下温度在所有时间点均显著低于直肠温度, 且表现出更大的变异性(早晨傍晚波动达 1.0°C~1.5°C, 而直肠温度仅波动 0.1°C~0.3°C), 这种非同步性在早晨和傍晚尤为明显[17]。

除了部位, 测量技术本身也会带来误差。Erickson 的研究发现, 用快速响应的电子体温计量口腔温度, 放在舌下后袋比舌下前区高 0.16°C~0.23°C [42]。Singh 等更发现, 左右腋窝温度可能存在高达 1.9°C 的差异[19]。这些发现提示, 规范测量部位和统一操作标准对于确保数据可比性至关重要。

综合上述证据, 可以形成以下方法学共识: 直肠(或肠道)温度应作为核心体温监测的首选指标; 口腔温度可用于反映核心体温的时序变化特征, 但需注意其绝对值偏低的特点, 并将探头置于舌下后袋区以保证可靠性; 相反, 腋窝和鼓膜温度由于缺乏与核心体温的平行性, 不宜作为可靠的替代测量部位。

3.2. 昼夜节律

昼夜节律是决定体温变异性的主要时间维度因素。在时间生物学研究中, 体温因其节律的稳健性及监测的便捷性, 常被用作评估 24 小时生物节律整体表现的“标志性节律” [6]。Wunderlich 研究中一个常被忽视的重要发现正是体温持续的昼夜波动[4]; 事实上, 早在 Wunderlich 之前已有关于此现象的记载[43] [44], 现代研究则进一步深化了对其机制的理解。

在稳定的 24 小时昼夜循环及常规作息(07:00 觉醒, 23:00 就寝)条件下, 人体核心体温呈现规律性波动: 直肠温度通常在睡醒前约 3 小时达到最低值, 而在睡醒后约 12~14 小时达到峰值[20] [45]。一般来

说, 体温最低点多出现在 03:00 至 06:00 之间, 最高点多出现在 16:00 至 21:00 之间[10] [20] [45]。如果没有光照这些外界时间信号, 内源性节律将呈现略长于 24 小时的“自由运转”状态[6]。

体温昼夜节律的关键参数, 比如: 中值水平、振幅及峰值相位, 都不是一成不变的, 它们会受到测量部位、年龄, 还有其他生理因素的显著影响[10] [20] [45]。为了排除睡觉、活动这些“掩盖效应”的干扰, 研究常采用恒定常规程序、强制去同步化及数学去掩盖等方法[46]。但在临床实践中, 我们最终测到的体温, 个体的实际体温节律正是内源性机制、外部环境因素及健康状况共同作用的综合体现[46], 这一定位对于理解老年人群的体温特征尤为重要。

3.3. 年龄

年龄增长伴随的体温调节功能也在悄悄改变。这是理解老年人群体温特征的核心切入点。这些改变体现在基础体温水平、昼夜波动模式及应激反应能力的多维改变。

在基础体温水平方面, Howell 等对 105 名 61 至 105 岁女性的研究显示, 口腔温度组平均值为 36.0°C, 显著低于年轻人群的预期水平[21]。石勤等对 75 名 70 至 95 岁住院老年人的 28 天连续测量进一步证实, 个体平均体温范围为 35.5°C 至 37.2°C, 89.33% 的测量值集中于 36.0°C 至 36.5°C 区间, 总体平均基础体温为 36.4°C \pm 0.68°C, 显著低于通用的 37.0°C 标准[24]。Gubin 等的比较研究也显示, 年轻成人体温中值(36.38°C)高于老年受试者(36.17°C) [22]。

在昼夜节律特征方面, Touitou 等在对比健康青年与老年受试者直肠温度的生物节律时发现, 老年组的体温昼夜振幅呈现衰减趋势[12]。Mason 等对 18 名 65 至 80 岁健康女性的详细记录显示, 个体日平均中值范围为 35.9°C~36.8°C, 振幅范围为 0.13°C~0.56°C, 群体平均振幅为 0.3°C, 平均峰谷差为 0.58°C [23]。Gubin 等的研究除证实老年组振幅减小外, 还揭示了一个重要现象: 尽管两个年龄组的平均峰值相位较为接近(下午 5 点多 vs 下午 4 点多), 但老年组个体峰值相位分布在 10:00 至 23:00 的宽泛区间内, 表现出显著更大的个体间变异性[22]。

这一系列发现共同勾勒出老年人体温调节的生理重塑特征: 基础体温水平下移、昼夜波动幅度减弱、个体间节律模式异质性增大。这些改变使得沿用基于年轻人数据制定的通用体温标准评估老年患者状态, 极易导致对其发热等异常情况的识别不足。

3.4. 新技术与新挑战

传统一天量一两次体温, 很难抓住体温的动态变化节律, 特别是对体温调节能力下降、昼夜波动模式改变的老年人来说, 这个局限性更突出。最近可穿戴连续体温监测技术的发展, 给解决这个问题带来了希望。

现在有了各种可以贴附于皮肤或集成在衣物中的连续体温监测设备, 这得益于柔性电子、新材料和微传感技术的进步[28] [30]。这些设备可以几秒、几分钟就记一次数据, 长期、不间断地监测体表温度, 甚至估算核心体温, 实现对体温昼夜节律、环境应激反应及疾病状态下体温轨迹的长期、无创监测[27]。Dolson 等的系统性综述指出, 现有的可穿戴传感器在估算绝对核心温度的准确性上还有待提高, 但在捕捉体温变化趋势、识别异常波动方面, 已经显示出不错的潜力, 很适合用来远程监护居家老年人[29]。有些设备用了热流或双传感器算法, 估算出来的核心体温, 和直肠温度这个“金标准”之间的误差, 正在不断缩小[29]。如果能再把心率、活动量这些数据也融合进来, 为构建更全面的老年人健康评估模型提供了可能[27] [28]。当然, 这些新技术在老年人身上, 特别是那些皮肤脆弱的、有认知障碍的、或者多种共病的老人身上, 适用性、准确性验证, 以及数据怎么解读, 都还是亟待解决的关键问题。

新冠大流行重新审视老年人发热标准提供了重要的临床实证。很多大型研究都发现, 感染了新冠

病毒的老年人,特别是高龄、衰弱或伴有多种共病,出现典型发烧(如 $\geq 38.0^{\circ}\text{C}$)的比例远低于年轻人,反而是意识状态改变、乏力、跌倒、功能性衰退这些不典型症状更常见[31]-[34]。Li 等的荟萃分析显示,老年新冠患者住院时,20%以上的人根本无发热症状[47]。Richardson 等在纽约地区的研究也表明,65 岁以上的患者里,相当一部分住院期间从未出现发热[35]。这种发热反应迟钝或“不典型发热”的现象,可能导致诊断延误,影响预后[25][26]。其机制可能与老年人体温调节能力下降、免疫力衰老引起的炎症反应减弱,还有下丘脑功能改变有关[48]。

这些发现对临床实践提出了重要警示:在老年人,特别是衰弱的老年人中,单纯依赖“发热”这一典型症状来筛查感染,容易漏诊了[31][34]。对于怀疑感染的老年人,就算体温未达到传统发热阈值,也应当结合他平时的基础体温,体温的纵向变化趋势以及非特异性症状进行综合判断。新冠疫情的经验告诉我们,建立一个符合老年人生理特点的、个性化的体温评估和预警系统,对于改善老年感染性疾病的早期识别和临床结局具有至关重要的意义[32][33]。

4. 总结与展望

健康成年人体温约为 37.0°C 的传统认知,主要源于 Wunderlich 一百多年前的观察研究。但是,如果细看他当年的研究方法,就会发现其结论的普适性远非传统认知所设想的那样确定。基于现代标准校准过的温度计的临床研究显示,腋窝温度与口腔温度均显著低于上述传统均值,只有直肠温度与 Wunderlich 报道的平均水平相近。不同的测量部位,和核心体温的相关性存在清晰的等级:肠道温度可精准反映直肠温度的相位特征、波动幅度及瞬时变化,可作为核心体温的可靠替代指标;口腔温度虽可准确反映核心体温的时序变化,但其绝对值偏低;腋窝温度则因与核心体温缺乏平行性、变异性大且存在侧别差异,临床价值有限。

老年人群的体温调控呈现出基础体温下移、昼夜波动幅度变弱、个体间节律模式差别增大。这些特点,和新冠疫情期间观察到的老年患者“不典型发热”现象相呼应。它们共同提示用统一的体温标准去评估老年人,存在不小的临床风险。新兴的可穿戴连续监测技术,为揭示老年人真实的体温动态模式提供了新工具,而新冠疫情的经历则警示我们必须重视老年人不典型发热的现象。

未来关于老年体温标准的研究,应在以下方向深入探索:第一,建立基于不同测量部位的特异性参考范围;第二,整合连续监测数据识别个体化体温基线及其动态变化模式;第三,阐明增龄性体温调节改变的分子机制及其与临床预后的关联;第四,验证可穿戴技术在老年人群中的准确性与适用性。只有构建起符合老年生理特点的体温评估框架,才能实现对老年感染性疾病的早期识别与精准管理。

基金项目

重庆市医学重点学科和区域医学重点学科建设项目 0201 [2024] 136 号 202550。

参考文献

- [1] Rabinowitz, R.P., Cookson, S.T., Wasserman, S.S. and Mackowiak, P.A. (1996) Effects of Anatomic Site, Oral Stimulation, and Body Position on Estimates of Body Temperature. *Archives of Internal Medicine*, **156**, 777-780. <https://doi.org/10.1001/archinte.1996.00440070107012>
- [2] Moore, R.J., Watts, J.T., Hood, J.A. and Burritt, D.J. (1999) Intra-Oral Temperature Variation over 24 Hours. *The European Journal of Orthodontics*, **21**, 249-261. <https://doi.org/10.1093/ejo/21.3.249>
- [3] Mackowiak, P.A. and Worden, G. (1994) Carl Reinhold August Wunderlich and the Evolution of Clinical Thermometry. *Clinical Infectious Diseases*, **18**, 458-458. <https://doi.org/10.1093/clinids/18.3.458>
- [4] Na, J.C.R. (1869) The Course of the Temperature in Diseases: A Guide to Clinical Thermometry. *The American Journal of the Medical Sciences*, **57**, 425-447. <https://doi.org/10.1097/00000441-186904000-00021>

- [5] Wunderlich, C.A. and Seguin, E. (1871) Medical Thermometry and Human Temperature. William Wood & Co.
- [6] Czeisler, C.A., Duffy, J.F., Shanahan, T.L., Brown, E.N., Mitchell, J.F., Rimmer, D.W., *et al.* (1999) Stability, Precision, and Near-24-Hour Period of the Human Circadian Pacemaker. *Science*, **284**, 2177-2181. <https://doi.org/10.1126/science.284.5423.2177>
- [7] Sund-Levander, M. and Grodzinsky, E. (2009) Time for a Change to Assess and Evaluate Body Temperature in Clinical Practice. *International Journal of Nursing Practice*, **15**, 241-249. <https://doi.org/10.1111/j.1440-172x.2009.01756.x>
- [8] Eriksson, H., Svårdsudd, K., Larsson, B., Welin, L., Ohlson, L. and Wilhelmsen, L. (1985) Body Temperature in General Population Samples. *Acta Medica Scandinavica*, **217**, 347-352. <https://doi.org/10.1111/j.0954-6820.1985.tb02708.x>
- [9] (2023) Human Basal Metabolic Rate Has Declined over the Past 30 Years. *Nature Metabolism*, **5**, 544-545.
- [10] Protsiv, M., Ley, C., Lankester, J., Hastie, T. and Parsonnet, J. (2020) Decreasing Human Body Temperature in the United States since the Industrial Revolution. *eLife*, **9**, e49555. <https://doi.org/10.7554/elife.49555>
- [11] Van Someren, E.J.W., Raymann, R.J.E.M., Scherder, E.J.A., Daanen, H.A.M. and Swaab, D.F. (2002) Circadian and Age-Related Modulation of Thermoreception and Temperature Regulation: Mechanisms and Functional Implications. *Ageing Research Reviews*, **1**, 721-778. [https://doi.org/10.1016/s1568-1637\(02\)00030-2](https://doi.org/10.1016/s1568-1637(02)00030-2)
- [12] Monk, T.H., Buysse, D.J., Reynolds, C.F., Kupfer, D.J. and Houck, P.R. (1995) Circadian Temperature Rhythms of Older People. *Experimental Gerontology*, **30**, 455-474. [https://doi.org/10.1016/0531-5565\(95\)00007-4](https://doi.org/10.1016/0531-5565(95)00007-4)
- [13] Touitou, Y., Reinberg, A., Bogdan, A., Auzéby, A., Beck, H. and Touitou, C. (1986) Age-related Changes in Both Circadian and Seasonal Rhythms of Rectal Temperature with Special Reference to Senile Dementia of Alzheimer Type. *Gerontology*, **32**, 110-118. <https://doi.org/10.1159/000212774>
- [14] Vitiello, M.V., Smallwood, R.G., Avery, D.H., Pascualy, R.A., Martin, D.C. and Prinz, P.N. (1986) Circadian Temperature Rhythms in Young Adult and Aged Men. *Neurobiology of Aging*, **7**, 97-100. [https://doi.org/10.1016/0197-4580\(86\)90146-6](https://doi.org/10.1016/0197-4580(86)90146-6)
- [15] Geijer, H., Udumyan, R., Lohse, G. and Nilsagård, Y. (2016) Temperature Measurements with a Temporal Scanner: Systematic Review and Meta-Analysis. *BMJ Open*, **6**, e009509. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2015-009509>
- [16] Waalen, J. and Buxbaum, J.N. (2011) Is Older Colder or Colder Older? The Association of Age with Body Temperature in 18,630 Individuals. *The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences*, **66**, 487-492. <https://doi.org/10.1093/gerona/glr001>
- [17] Edwards, B., Waterhouse, J., Reilly, T. and Atkinson, G. (2002) A Comparison of the Suitabilities of Rectal, Gut, and Insulated Axilla Temperatures for Measurement of the Circadian Rhythm of Core Temperature in Field Studies. *Chronobiology International*, **19**, 579-597. <https://doi.org/10.1081/cbi-120004227>
- [18] Agarwal, N., Garg, R.K., Arora, R.C., *et al.* (1990) Oral versus Axillary Temperature in Human Volunteers. *Journal of the Association of Physicians of India*, **38**, Article 541.
- [19] Singh, V., Sharma, A., Khandelwal, R. and Kothari, K. (2000) Variation of Axillary Temperature and Its Correlation with Oral Temperature. *Journal of the Association of Physicians of India*, **48**, 898-900.
- [20] Waterhouse, J., Weinert, D., Minors, D., Atkinson, G., Reilly, T., Folkard, S., *et al.* (1999) The Effect of Activity on the Waking Temperature Rhythm in Humans. *Chronobiology International*, **16**, 343-357. <https://doi.org/10.3109/07420529909116863>
- [21] Howell, T.H. (1975) Oral Temperature Range in Old Age. *Gerontologia Clinica*, **17**, 133-136. <https://doi.org/10.1159/000245569>
- [22] Gubin, D.G., Gubin, G.D., Waterhouse, J. and Weinert, D. (2006) The Circadian Body Temperature Rhythm in the Elderly: Effect of Single Daily Melatonin Dosing. *Chronobiology International*, **23**, 639-658. <https://doi.org/10.1080/07420520600650612>
- [23] Mason, D.J. (1988) Circadian Rhythms of Body Temperature and Activation and the Well-Being of Older Women. *Nursing Research*, **37**, 276-281. <https://doi.org/10.1097/00006199-198809000-00004>
- [24] 石勤. 老年人基础体温的观察与体会[J]. 现代护理, 2004(5): 446.
- [25] Zhou, F., Yu, T., Du, R., Fan, G., Liu, Y., Liu, Z., *et al.* (2020) Clinical Course and Risk Factors for Mortality of Adult Inpatients with COVID-19 in Wuhan, China: A Retrospective Cohort Study. *The Lancet*, **395**, 1054-1062. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(20\)30566-3](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(20)30566-3)
- [26] Pepe, M., Maroun-Eid, C., Romero, R., Arroyo-Espliguero, R., Fernández-Rozas, I., Aparisi, A., *et al.* (2021) Clinical Presentation, Therapeutic Approach, and Outcome of Young Patients Admitted for COVID-19, with Respect to the Elderly Counterpart. *Clinical and Experimental Medicine*, **21**, 249-268. <https://doi.org/10.1007/s10238-021-00684-1>
- [27] Saidi, A. and Gauvin, C. (2023) Towards Real-Time Thermal Stress Prediction Systems for Workers. *Journal of Thermal Biology*, **113**, Article ID: 103405. <https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2022.103405>

- [28] Li, J., Fang, Z., Wei, D. and Liu, Y. (2024) Flexible Pressure, Humidity, and Temperature Sensors for Human Health Monitoring. *Advanced Healthcare Materials*, **13**, e2401532. <https://doi.org/10.1002/adhm.202401532>
- [29] Dolson, C.M., Harlow, E.R., Phelan, D.M., Gabbett, T.J., Gaal, B., McMellen, C., *et al.* (2022) Wearable Sensor Technology to Predict Core Body Temperature: A Systematic Review. *Sensors*, **22**, Article 7639. <https://doi.org/10.3390/s22197639>
- [30] Gu, J., Shen, Y., Tian, S., Xue, Z. and Meng, X. (2023) Recent Advances in Nanowire-Based Wearable Physical Sensors. *Biosensors*, **13**, Article 1025. <https://doi.org/10.3390/bios13121025>
- [31] Poco, P.C.E., Aliberti, M.J.R., Dias, M.B., Takahashi, S.d.F., Leonel, F.C., Altona, M., *et al.* (2020) Divergent: Age, Frailty, and Atypical Presentations of COVID-19 in Hospitalized Patients. *The Journals of Gerontology: Series A*, **76**, e46-e51. <https://doi.org/10.1093/gerona/glaa280>
- [32] Prendki, V., Tiseo, G. and Falcone, M. (2022) Caring for Older Adults during the COVID-19 Pandemic. *Clinical Microbiology and Infection*, **28**, 785-791. <https://doi.org/10.1016/j.cmi.2022.02.040>
- [33] Remelli, F., Volpato, S. and Trevisan, C. (2022) Clinical Features of SARS-CoV-2 Infection in Older Adults. *Clinics in Geriatric Medicine*, **38**, 483-500. <https://doi.org/10.1016/j.cger.2022.03.001>
- [34] van Son, J.E., Kahn, E.C.P., van der Bol, J.M., Barten, D.G., Blomaard, L.C., van Dam, C., *et al.* (2023) Atypical Presentation of COVID-19 in Older Patients Is Associated with Frailty but Not with Adverse Outcomes. *European Geriatric Medicine*, **14**, 333-343. <https://doi.org/10.1007/s41999-022-00736-z>
- [35] Richardson, S., Hirsch, J.S., Narasimhan, M., Crawford, J.M., McGinn, T., Davidson, K.W., *et al.* (2020) Presenting Characteristics, Comorbidities, and Outcomes among 5700 Patients Hospitalized with COVID-19 in the New York City Area. *JAMA*, **323**, 2052-2059. <https://doi.org/10.1001/jama.2020.6775>
- [36] Guyton, A.C. (1991) *Textbook of Medical Physiology*. 8th Edition, WB Saunders.
- [37] Brengelmann, G.L. (1989) Body Temperature Regulation. In: Patton, H.D., Fuchs, A.F., Hille, B., Scher, A.M. and Steiner, R., Eds., *Textbook of Physiology (Vol 2, 21st Edition)*, WB Saunders, 1584-1596.
- [38] Petersdorf, R.G. (1991) Hypothermia and Hyperthermia. In: Wilson, J.D., Braunwald, E., Isselbacher, K.J., *et al.*, Eds., *Harrison's Principles of Internal Medicine (Vol. 2, 12th Edition)*, McGraw-Hill, 2194-2200.
- [39] Dominguez, E.A. and Musher, D.M. (1991) Clinical Thermometry. In: Mackowiak, P.A., Ed., *Fever: Basic Mechanisms and Management*, Raven Press, 71-82.
- [40] Hensyl, W.R. (1990) *Stedman's Medical Dictionary*. 25th Edition, Williams & Wilkins, 574 p.
- [41] Hamilos, D.L., Nutter, D., Gershtenson, J., Redmond, D.P., Di Clementi, J.D., Schmalzing, K.B., *et al.* (1998) Core Body Temperature Is Normal in Chronic Fatigue Syndrome. *Biological Psychiatry*, **43**, 293-302. [https://doi.org/10.1016/s0006-3223\(97\)83214-3](https://doi.org/10.1016/s0006-3223(97)83214-3)
- [42] Erickson, R. (1980) Oral Temperature Differences in Relation to Thermometer and Technique. *Nursing Research*, **29**, 157-164. <https://doi.org/10.1097/00006199-198005000-00004>
- [43] Davy, J. (1845) XIV. On the Temperature of Man. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, **135**, 319-333. <https://doi.org/10.1098/rstl.1845.0014>
- [44] Ogle, W. (1866) On the Diurnal Variations of the Temperature of the Human Body in Health. *St. George's Hospital Reports*, **1**, 221-245.
- [45] VanSomeren, E.J.W. (2000) More Than a Marker: Interaction between the Circadian Regulation of Temperature and Sleep, Age-Related Changes, and Treatment Possibilities. *Chronobiology International*, **17**, 313-354. <https://doi.org/10.1081/cbi-100101050>
- [46] Hanneman, S.K. (2001) Measuring Circadian Temperature Rhythm. *Biological Research for Nursing*, **2**, 236-248. <https://doi.org/10.1177/109980040100200403>
- [47] Li, L., Huang, T., Wang, Y., Wang, Z., Liang, Y., Huang, T., *et al.* (2020) COVID-19 Patients' Clinical Characteristics, Discharge Rate, and Fatality Rate of Meta-analysis. *Journal of Medical Virology*, **92**, 577-583. <https://doi.org/10.1002/jmv.25757>
- [48] Gadó, K., Kovács, A.K., Domján, G., Nagy, Z.Z. and Dörnyei, G. (2022) COVID-19 and the Elderly. *Physiology International*, **109**, 177-185. <https://doi.org/10.1556/2060.2022.00203>