

高血压患者家庭血压变异性 临床应用研究进展

张雯琛, 孙刚, 岳建伟

内蒙古科技大学包头医学院第二附属医院急诊科, 内蒙古自治区高血压研究所, 内蒙古 包头 014030

高血压是心血管疾病的主要危险因素, 近年来系列研究表明血压变异性 (blood pressure variability, BPV) 是独立于平均血压水平的心血管疾病的危险因

素^[1-3]。大量研究证实, BPV 与高血压靶器官损害及预后相关^[4-6]。根据血压测量方式和间隔时间的不同, 可将 BPV 分为不同的类型^[7](图 1)。

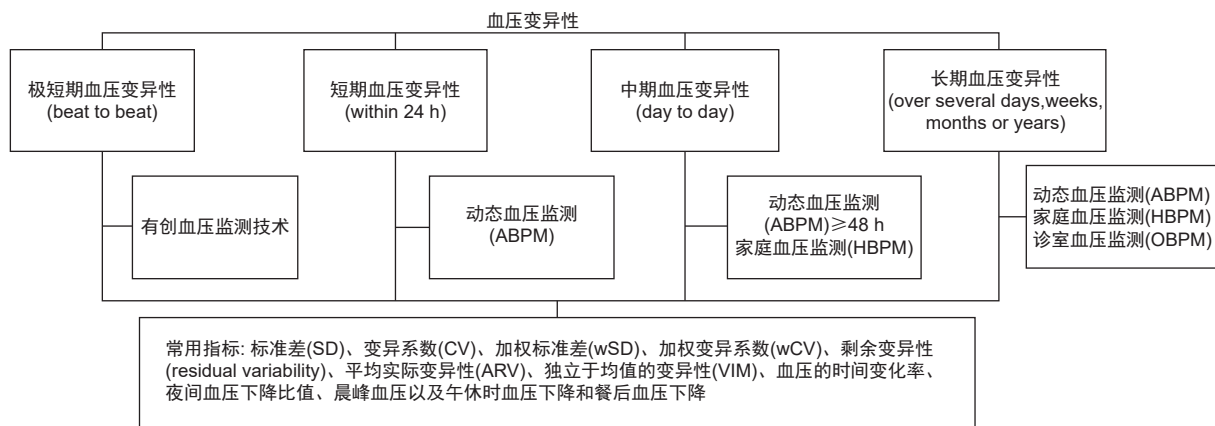


图 1 血压变异的分类、测量方法及常用指标

心动周期变异性 (beat-to-beat BPV) 能够反映每次心跳之间的血压波动, 其测量多依赖于有创监测设备^[8], 虽然技术进步使得非侵入式设备也能监测心动周期变异性, 但这些设备目前成本仍旧高昂且操作复杂, 主要限于科研等特定场合使用^[9]。动态血压变异性 (ambulatory blood pressure variability, ABPV) 通常用来反映日常生活条件下 24 h、白天和夜间的血压波动情况^[10], 也可以用来评估昼夜血压模式, 然而, 其成本较高, 佩戴较不舒适, 可导致测量期间活动受限, 因此患者依从性较差, 并且 ABPV 难以提供长期血压波动的信息^[11]。诊室血压变异性 (office blood pressure variability, OBPV) 可以观察患者连续几次诊疗访视间血压长期波动情况, 但因其易受白大衣现象的影响, 单次测量可能无法真实反映患者的 BPV^[12]; 而且, 为获得该 BPV 需要患者多次前往诊室测量血压, 不适用于老年人和行动不便患者。

近年来, 随着技术的发展, 家庭血压监测 (home blood pressure monitoring, HBPM) 已成为临床中血压监

测的重要补充手段^[13], 由 HBPM 获得的家庭血压变异性 (home blood pressure variability, HBPV), 受到国内外学者的广泛关注。HBPV 是指在家庭环境中多次测量血压观察到的血压波动, 这种 BPV 可以更加便捷、真实地反映患者日常生活中的血压波动情况^[14]。HBPM 减少了白大衣效应, 可更准确地反映患者血压波动情况; 且由于 HBPM 花费低、操作简便及良好的可重复性, 使其既可观察患者短期 BPV, 更有助于追踪长期 BPV^[15]。虽然 HBPM 不适用于有认知功能障碍或焦虑的患者, 但对于大多数患者, 尤其是老年人和行动受限患者, HBPV 具有显著优势。此外, 通过每天测量的血压计算 HBPV, 医生能快速收集患者血压信息, 以便更早优化降压治疗方案^[11]。国内外指南及专家共识^[13-14, 16-19]一致推荐使用 HBPM 作为高血压管理的重要补充手段。基于 HBPM 获得的 HBPV 可能是评估 BPV 的理想方法^[14], 本文就高血压患者 HBPV 的测量方法、对靶器官损害和预后的影响, 及其管理、药物治疗和应用做一综述。

1 HBPV 的测量方法、评价指标及其价值

欧洲关于 HBPM 的立场文件^[14]指出, 监测家庭血

压的方法也同样适用于 HBPV 的监测,建议使用经过国际标准方案认证的上臂式家用自动电子血压计,每天早晚各测 2~3 次血压,连续 3~7 d^[14,19]。HBPV 的评价指标和其他 BPV 的评价指标相同,包括:标准差 (standard deviation, SD)、变异系数 (coefficient of variation, CV)、平均实际变异性 (average real variability, ARV)、独立于均值的变异性 (variation independent of the mean, VIM)、加权标准差 (weighted standard deviation, wSD) 和加权变异系数 (weighted coefficient of variation, wCV) 等。

$$SD = \sqrt{\frac{\sum_{k=1}^N |BP_{k+1} - \overline{BP}|}{(N-1)}}$$

$$CV = \frac{SD}{\overline{BP}} \times 100\%$$

$$ARV = \frac{\sum_{k=1}^{N-1} |BP_{k+1} - BP_k|}{N-1}$$

$$VIM = \frac{k \times BP_{SD}}{\overline{MeanBP}^x} [k = \text{Mean}(\overline{MeanBP})^x]$$

其中 BP 为血压; \overline{BP} 为平均血压; N 为受试者血压测量有效次数; K 为测量血压的次序数; SD 为标准差; x 次方取决于标准差与平均血压变化曲线拟合程度。

但至今无指南或专家共识明确指出 HBPV 的最适评价指标及最佳测量时间和次数。现有研究在评价指标和测量方法的选择上存在较大差异。芬兰家庭血压 (Finn-Home) 研究^[20] 使用 2~7 d 每日早晚两次血压值来计算不同时间的 HBPV, 其计算方法包括: 分别基于每日、早晨和傍晚的平均值计算变异系数, 直接使用每日、早晨和傍晚时段内的所有血压值来计算变异系数, 以及仅采用每日早晨和傍晚时段的第一次血压值来计算变异系数; 日本 Hisayama 研究^[21] 用长达 28 d 每日早晨 3 次血压的平均值来计算标准差和变异系数; 而与心血管预后相关的国际家庭血压数据库 (international database on home blood pressure in relation to cardiovascular outcome, IDHOCO) 研究^[22] 则是选用标准差、变异系数、ARV 和 VIM 描述 HBPV, 在 3~7 d 的血压测量中, 用每日早晨第一个血压值计算 HBPV; 日本晨峰家庭血压 (Japan morning surge-home blood pressure, J-HOP) 研究^[23] 同样使用了标准差、变异系数、ARV 和 VIM, 但该研究受试者测量了 14 d 早晚各连续 3 次 (间隔 15 s) 的血压 (采用每天 6 次测量的平均值), 排除第 1 天血压值来评估 HBPV。综合上述研究, 可将 HBPV 的计算方法大致归为两类: 一是先计算每日血压的平均值, 然后再计算每日平均值的变异性 (“日均值法”); 另一类是计算一段时间内 (≥ 3 d) 所有血压测量值的变异性 (“整体法”)。这两种方法均可评估个体在日常生活状态下的血压波动情况。其中, “日均值法”侧重反映每日血压的整体变化, 这可能会减少

日内血压波动的信息量; 相比之下, “整体法”可更全面地反映个体在这段时间内的血压实际波动情况, 包括日内和日间的 HBPV。

不同的 HBPV 指标对疾病的预测能力不同。Ntineri 等^[24] 做标准差和变异系数与全因死亡率的相关性分析发现, 对于标准差, 家庭收缩压标准差和舒张压标准差均与全因死亡相关, 而对于变异系数, 只有家庭收缩压变异系数与全因死亡相关, 家庭舒张压变异系数与全因死亡不相关。Sasaki 等^[25] 使用变异系数描述 HBPV, 发现家庭收缩压变异系数与患者蛋白尿的发生相关, 而一项涉及芬兰人群的研究却发现标准差与蛋白尿之间没有相关性^[26]。

此外, 研究还发现早晨和傍晚的 HBPV 与心血管疾病预后或高血压靶器官损害的相关性不同。Johnsson 等^[27] 发现家庭早晨收缩压和舒张压的变异性都与全因死亡相关; 但在傍晚, 仅有家庭舒张压变异性与全因死亡相关; Johansson 等^[26] 研究发现早晨 HBPV 比傍晚 HBPV 能更有效地预测左心室质量指数; 一项纳入 714 例 2 型糖尿病患者的前瞻性队列研究^[28] 也发现早晨 HBPV 与患者进展为大量蛋白尿相关, 而傍晚 HBPV 不相关。

2 HBPV 与预后及靶器官损害的关系

2.1 HBPV 与预后的关系

现有研究证明, HBPV 是心血管事件和全因死亡的独立危险因素, 相较于 OBPV 和 ABPV, HBPV 更具优势。Narita 等^[29] 的研究比较了 HBPV 与 ABPV 对心血管预后的影响, 纳入高血压患者 1 314 例, 中位随访 7 年, 该研究采用标准差、变异系数和 ARV 来评价 HBPV, 采用第 2~7 天的血压值, 通过整体法计算, 发现标准差、变异系数和 ARV 与心血管事件发生相关, $HR(95\%CI)$ 分别为 1.36(1.14~1.63)、1.38(1.16~1.66) 和 1.29(1.10~1.51), 但 ABPV 未呈现任何相关性。希腊 Didima 研究^[24] 探讨 HBPV 和 OBPV 与全因死亡的关系, 该研究纳入患者 665 例, 进行长达 19 年的随访, 通过整体法计算连续 3 d 的 HBPV, 研究发现: 家庭收缩压标准差每增加 1 个标准差, 全因死亡增加 18%, 而诊室收缩压标准差与全因死亡不相关。这些研究证明了 HBPV 在预测心血管事件方面的重要意义。

此外, HBPV 在预测脑卒中方面也优于 ABPV。一项来自中国的队列研究比较了 HBPV 和 ABPV 与脑卒中的相关性, 纳入 2 608 名受试者, 随访 2 年, 通过日均值法计算 HBPV, 发现与家庭收缩压标准差和变异系数的最低四分位数相比, 最高四分位数患者复发性脑卒中发生风险增加, $HR(95\%CI)$ 分别为 1.94(1.12~3.35) 和 1.96(1.17~3.26); 相反, ABPV 与复发性脑卒

中的发生并不相关^[30]。

关于痴呆的预测,有研究指出,无论痴呆的成因是什么,HBPV均可预测痴呆的发生,且优于OBPV。Hisayama研究纳入年龄在60岁以上的无痴呆患者1764例,随访5年,通过日均值法计算连续28d的HBPV发现,与收缩压变异系数较低的患者相比,收缩压变异系数较高患者的全因痴呆、血管性痴呆和阿尔茨海默病的发病率更高,HR(95%CI)分别为:2.27(1.45~3.55)、2.79(1.04~7.51)和2.22(1.31~3.75)^[21]。一项研究通过整体法计算HBPV发现:HBPV与阿尔茨海默病进展相关,而OBPV与阿尔茨海默病进展间无相关性^[31]。这些研究再次强调与其他BPV相比较,HBPV提供了更好的预测能力。

2.2 HBPV和靶器官损害的关系 大量证据表明,HBPV与心脏、血管和肾脏等靶器官损害存在密切关联^[32]。高血压会导致血管内膜增厚和硬化。一项基于人群的横断面研究纳入无心血管疾病患者1033例,使用整体法计算HBPV发现:与收缩压VIM最低四分位患者相比,最高四分位患者的颈动脉内膜中层厚度>1.0mm、主动脉钙化评分>0和踝臂指数<1.1的风险增加,RR(95%CI)分别为1.71(1.15~2.54)、1.08(1.02~1.15)和1.49(1.12~1.97)^[33]。肾脏损害是高血压最常见的靶器官损害之一,长期高血压会使患者出现蛋白尿和肾实质损害等一系列并发症。Sasaki等^[25]通过日均值法计算HBPV,发现与收缩压变异系数较低患者相比,收缩压变异系数较高患者发生肾损害和慢性肾脏病的HR(95%CI)分别为1.54(1.17~2.03)和1.50(1.17~1.94)。

左心室质量指数是左心室肥厚的重要指标。Manousopoulos等^[34]通过日均值法计算连续7d的HBPV,发现HBPV与左室质量指数相关($r=0.180$, $P=0.044$),而ABPV不相关($r=0.041$, $P=0.648$)。

3 HBPV的管理

3.1 生活方式管理对HBPV的影响 调整生活方式不仅可以有效降压,还可以降低BPV。Umemoto等^[35]的随机对照研究将患者分为常规饮食组和以日本料理为基础的得舒饮食(Japanese cuisine-based the dietary approaches to stop hypertension, J-DASH)组(强调合理的水果、蔬菜、谷物及奶制品搭配,并且建议食用优质蛋白,限制高脂、高盐及高糖食品的摄入),经过6月的随访发现,与常规饮食组相比,J-DASH组的每日早晨家庭收缩压/舒张压变异系数显著降低。除饮食外,适当运动也可以有效降低BPV。一项前瞻性研究将高血压患者分为三组:有氧运动组、等长握力组和“假握力”运动组,随访12周,发现有氧运动组患者收缩压变

异系数从(12.1±2.5)%降至(10.3±2.8)%($P=0.04$),在等长握力运动组和“假握力”运动组中未观察到该结果^[36]。

3.2 降压药在HBPV管理中的作用 药物可以影响HBPV而达到保护心血管和改善预后的作用。既往研究发现在平稳降压方面,长效钙通道阻滞药相较于其他药物具有显著优势^[37],同时也能降低HBPV。日本一项关于药物对HBPV影响的随机对照研究将患者分为两个治疗组:血管紧张素受体阻滞药+钙通道阻滞药组(104例)和血管紧张素受体阻滞药+利尿剂组(103例),发现两组降压药均可以降低HBPV;6月治疗后,接受血管紧张素受体阻滞药+钙通道阻滞药联合治疗的患者HBPV下降幅度更大^[38]。同样,Kinguchi等^[39]的研究证实达格列净也能够降低HBPV。这些研究结果证实了钙通道阻滞药及达格列净在降低HBPV方面的作用。

有效的药物治疗能够降低患者的BPV。然而,如果患者服药依从性差,不仅会影响降压达标,更会使血压波动,导致BPV增加。Muntner等^[40]研究发现,低依从性患者收缩压标准差是高依从性患者的1.52倍。Hong等^[41]研究发现,在非洲裔美国高血压患者中,较低的药物依从性与较高的收缩压变异性相关。Kronish等^[42]研究发现,与服药依从性较好患者相比,服药依从性较差患者的收缩压标准差更高。因此,提高服药依从性对于降低高血压患者血压水平和BPV也具有重要意义。

4 HBPV的应用

随着医疗技术的进步,血压远程管理联合HBPM在高血压患者的治疗中得到广泛应用。研究表明,远程HBPM可以改善患者的家庭血压,降低HBPV。一项回顾性队列研究将有心脑血管疾病的高血压患者分为3组:血压控制不良组[家庭收缩压 ≥ 135 mmHg(1 mmHg=0.133 kPa)或家庭舒张压 ≥ 85 mmHg的高血压患者,81例]、血压控制良好组(家庭收缩压 < 135 mmHg和家庭舒张压 < 85 mmHg的高血压患者,125例)和非高血压组(142例),发现远程HBPM可显著且稳定地降低血压控制不良组患者的收缩压标准差及收缩压变异系数^[43]。此外,来自美国的一项关于数字化监测患者家庭血压的研究纳入高血压患者803例,这些患者被要求通过数字化设备上传每日家庭血压,并在专业医师的指导下调整药物和改变生活方式,随访2年,发现HBPV明显下降,其中,超过半数患者的HBPV降至最低四分位数^[44]。关于高血压患者自我监测血压的系统性综述和荟萃分析也得到一致的结论:自我监测血压联合专业医师指导下的药

物滴定和生活方式干预可以显著降低 HBPV^[45]。基于互联网的家庭血压远程监测和管理使得 HBPV 更具临床实用性。

HBPV 是独立于平均血压水平的高血压靶器官损害和心脑血管事件的危险因素。在临床诊疗中医生应充分考虑 HBPV, 并将其作为减少靶器官损害和改善预后的重要因素。然而, 因 HBPM 存在的局限性, 使得 HBPV 的应用受限: ①相较于其他 BPV 的评估方法, HBPV 的准确评估更加依赖于患者和或家属正确测量血压的能力^[17], 因此, 要通过各种渠道向大众普及血压测量的正确方法, 可以按照中国高血压防治指南所指导的步骤进行血压测量, 以提高 HBPV 的可靠性^[16]; ②HBPM 会使一些易焦虑的患者产生焦虑情绪^[14], 导致血压波动, 甚至促使患者急诊就医; 同样, HBPM 也不适用于认知功能障碍的患者, 此时, 应考虑以 ABPV 或 OBPV 作为补充或替代; ③传统的 HBPM 缺少对夜间 BPV 的评估^[18], 这也要通过 ABPV 来补充, 近年来, 一些新型的 HBPM 设备^[46] 也拥有测量夜间血压的能力, 必要时, 可用于 HBPV 的全面评估。

5 小结

综上所述, 高血压患者在规律服用降压药的同时, 还应合理膳食、适当运动并坚持每周至少测量 1 次家庭血压。结合远程血压监测可以更好地向医生提供每日血压波动情况, 从而实现更精确的血压管理。尽管 HBPV 受到广泛关注, 但是目前仍缺乏 HBPV 的标准化测量方法和诊断阈值; 亦缺乏明确的 BPV 指标来更有效地体现 HBPV 与高血压靶器官损害和预后之间的关系; 尽管有研究指出随着测量时间的延长, HBPV 与预后的关系更强, 但目前真正的长期 HBPV 研究较少。因此, 未来可设计更多高质量的研究来探讨更优的 HBPV 指标和测量方法, 并进行更加深入的研究, 以便 HBPV 可以更好地应用于临床。

参考文献

- [1] Parati G, Ochoa JE, Lombardi C, et al. Blood pressure variability: assessment, predictive value, and potential as a therapeutic target[J]. *Curr Hypertens Rep*, 2015, 17(4): 537.
- [2] Papaioannou TG, Protogerou AD, Stamatelopoulos KS, et al. A cohort-based comprehensive characterization of different patterns of very short-term, within-visit, blood pressure variability[J]. *Blood Press Monit*, 2020, 25(3): 131-135.
- [3] Narita K, Hoshida S, Kario K. Short- to long-term blood pressure variability: current evidence and new evaluations[J]. *Hypertens Res*, 2023, 46(4): 950-958.
- [4] Zhou TL, Kroon AA, van Sloten TT, et al. Greater blood pressure variability is associated with lower cognitive performance[J]. *Hypertension*, 2019, 73(4): 803-811.
- [5] Smith TO, Sillito JA, Goh CH, et al. Association between different methods of assessing blood pressure variability and incident cardiovascular disease, cardiovascular mortality and all-cause mortality: a systematic review[J]. *Age Ageing*, 2020, 49(2): 184-192.
- [6] Lagro J, Claassen JA, Rikkers MG. Prognostic significance of blood-pressure variability[J]. *Lancet*, 2010, 376(9739): 413-414.
- [7] Parati G, Bilo G, Kollias A, et al. Blood pressure variability: methodological aspects, clinical relevance and practical indications for management—a European Society of Hypertension position paper?[J]. *J Hypertens*, 2023, 41(4): 527-544.
- [8] Olbers J, Gille A, Ljungman P, et al. High beat-to-beat blood pressure variability in atrial fibrillation compared to sinus rhythm[J]. *Blood Press*, 2018, 27(5): 249-255.
- [9] Parati G, Ongaro G, Bilo G, et al. Non-invasive beat-to-beat blood pressure monitoring: new developments[J]. *Blood Press Monit*, 2003, 8(1): 31-36.
- [10] Boubouchairopoulou N, Ntineri A, Kollias A, et al. Blood pressure variability assessed by office, home, and ambulatory measurements: comparison, agreement, and determinants[J]. *Hypertens Res*, 2021, 44(12): 1617-1624.
- [11] Parati G, Ochoa JE, Lombardi C, et al. Assessment and management of blood-pressure variability[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2013, 10(3): 143-155.
- [12] Abellán-Huerta J, Prieto-Valiente L, Montoro-García S, et al. Correlation of blood pressure variability as measured by clinic, self-measurement at home, and ambulatory blood pressure monitoring[J]. *Am J Hypertens*, 2018, 31(3): 305-312.
- [13] Whelton PK, Carey RM, Aronow WS, et al. 2017 ACC/AHA/AAPA/ABC/ACPM/AGS/APhA/ASH/ASPC/NMA/PCNA guideline for the prevention, detection, evaluation, and management of high blood pressure in adults: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association task force on clinical practice guidelines[J]. *Hypertension*, 2018, 71(6): e13-e115.
- [14] Parati G, Stergiou GS, Bilo G, et al. Home blood pressure monitoring: methodology, clinical relevance and practical application: a 2021 position paper by the working group on blood pressure monitoring and cardiovascular variability of the European Society of Hypertension[J]. *J Hypertens*, 2021, 39(9): 1742-1767.
- [15] Williams B, Mancia G, Spiering W, et al. 2018 ESC/ESH guidelines for the management of arterial hypertension[J]. *Eur Heart J*, 2018, 39(33): 3021-3104.
- [16] 中国高血压防治指南修订委员会, 高血压联盟(中国), 中国医疗保健国际交流促进会高血压病学分会, 等. 中国高血压防治指南(2024年修订版)[J]. *中华高血压杂志(中英文)*, 2024, 32(7): 603-700.
- [17] Mancia G, Kreutz R, Brunström M, et al. 2023 ESH guidelines for the management of arterial hypertension: the task force for the management of arterial hypertension of the European Society of Hypertension[J]. *J Hypertens*, 2023, 41(12): 1874-2071.
- [18] Stergiou GS, Palatini P, Parati G, et al. 2021 European Society of Hypertension practice guidelines for office and out-of-office blood pressure measurement[J]. *J Hypertens*, 2021, 39(7): 1293-1302.
- [19] 中国高血压联盟《家庭血压监测指南》委员会. 2019 中国家庭血压监测指南[J]. *诊断学理论与实践*, 2019, 18(3): 258-262.
- [20] Juhanoja EP, Johansson JK, Puukka PJ, et al. Optimal schedule for assessing home bp variability: the Finn-home study[J]. *Am J Hypertens*, 2018, 31(6): 715-725.
- [21] Oishi E, Ohara T, Sakata S, et al. Day-to-day blood pressure variability and risk of dementia in a general Japanese elderly

- population[J]. *Circulation*, 2017, 136(6): 516-525.
- [22] Juhanoja EP, Niiranen TJ, Johansson JK, et al. Outcome-driven thresholds for increased home blood pressure variability[J]. *Hypertension*, 2017, 69(4): 599-607.
- [23] Hoshida S, Yano Y, Mizuno H, et al. Day-by-day variability of home blood pressure and incident cardiovascular disease in clinical practice: the J-HOP study (Japan morning surge-home blood pressure)[J]. *Hypertension*, 2018, 71(1): 177-184.
- [24] Ntineri A, Kalogeropoulos PG, Kyriakoulis KG, et al. Prognostic value of average home blood pressure and variability: 19-year follow-up of the Didima study[J]. *J Hypertens*, 2018, 36(1): 69-76.
- [25] Sasaki T, Sakata S, Oishi E, et al. Day-to-day blood pressure variability and risk of incident chronic kidney disease in a general Japanese population[J]. *J Am Heart Assoc*, 2022, 11(19): e027173.
- [26] Johansson JK, Puukka PJ, Virtanen R, et al. Beat-to-beat, ambulatory hour-to-hour, and home day-to-day variabilities in blood pressure, pulse pressure, and heart rate in comparison with each other and with target-organ damage[J]. *Blood Press Monit*, 2015, 20(3): 113-120.
- [27] Johansson JK, Niiranen TJ, Puukka PJ, et al. Prognostic value of the variability in home-measured blood pressure and heart rate: the Finn-home study[J]. *Hypertension*, 2012, 59(2): 212-218.
- [28] Ushigome E, Matsumoto S, Oyabu C, et al. Prognostic significance of day-by-day variability of home blood pressure on progression to macroalbuminuria in patients with diabetes[J]. *J Hypertens*, 2018, 36(5): 1068-1075.
- [29] Narita K, Hoshida S, Kario K. Comparison of ambulatory and home blood pressure variability for cardiovascular prognosis and biomarkers[J]. *Hypertension*, 2023, 80(12): 2547-2555.
- [30] Tao Y, Xu J, Song B, et al. Short-term blood pressure variability and long-term blood pressure variability: which one is a reliable predictor for recurrent stroke[J]. *J Hum Hypertens*, 2017, 31(9): 568-573.
- [31] Heus R, Olde Rikkert M, Tully PJ, et al. Blood pressure variability and progression of clinical Alzheimer disease[J]. *Hypertension*, 2019, 74(5): 1172-1180.
- [32] Parati G, Ochoa JE, Bilò G, et al. Hypertension in chronic kidney disease part 2: role of ambulatory and home blood pressure monitoring for assessing alterations in blood pressure variability and blood pressure profiles[J]. *Hypertension*, 2016, 67(6): 1102-1110.
- [33] Hisamatsu T, Miura K, Ohkubo T, et al. Home blood pressure variability and subclinical atherosclerosis in multiple vascular beds: a population-based study[J]. *J Hypertens*, 2018, 36(11): 2193-2203.
- [34] Manousopoulos K, Koroboki E, Barlas G, et al. Association of home and ambulatory blood pressure variability with left ventricular mass index in chronic kidney disease patients[J]. *Hypertens Res*, 2021, 44(1): 55-62.
- [35] Umemoto S, Onaka U, Kawano R, et al. Effects of a Japanese cuisine-based antihypertensive diet and fish oil on blood pressure and its variability in participants with untreated normal high blood pressure or stage I hypertension: a feasibility randomized controlled study[J]. *J Atheroscler Thromb*, 2022, 29(2): 152-173.
- [36] Seidel M, Pagonas N, Seibert FS, et al. The differential impact of aerobic and isometric handgrip exercise on blood pressure variability and central aortic blood pressure[J]. *J Hypertens*, 2021, 39(7): 1269-1273.
- [37] Jun WLEC, Jung S, Young JY, et al. Comparison of blood pressure variability between losartan and amlodipine in essential hypertension (COMPAS-BPV)[J]. *Am J Hypertens*, 2020, 33(4): 748-755.
- [38] Matsui Y, O'Rourke MF, Hoshida S, et al. Combined effect of angiotensin II receptor blocker and either a calcium channel blocker or diuretic on day-by-day variability of home blood pressure[J]. *Hypertension*, 2012, 59(6): 1132-1138.
- [39] Kinguchi S, Wakui H, Ito Y, et al. Improved home BP profile with dapagliflozin is associated with amelioration of albuminuria in Japanese patients with diabetic nephropathy: the Yokohama add-on inhibitory efficacy of dapagliflozin on albuminuria in Japanese patients with type 2 diabetes study (Y-AIDA study)[J]. *Cardiovasc Diabetol*, 2019, 18(1): 110.
- [40] Muntner P, Levitan EB, Joyce C, et al. Association between antihypertensive medication adherence and visit-to-visit variability of blood pressure[J]. *J Clin Hypertens (Greenwich)*, 2013, 15(2): 112-117.
- [41] Hong K, Muntner P, Kronish I, et al. Medication adherence and visit-to-visit variability of systolic blood pressure in African Americans with chronic kidney disease in the AASK trial[J]. *J Hum Hypertens*, 2016, 30(1): 73-78.
- [42] Kronish IM, Lynch AI, Oparil S, et al. The association between antihypertensive medication nonadherence and visit-to-visit variability of blood pressure: findings from the antihypertensive and lipid-lowering treatment to prevent heart attack trial[J]. *Hypertension*, 2016, 68(1): 39-45.
- [43] Chen YH, Hung CS, Huang CC, et al. The impact of synchronous telehealth services with a digital platform on day-by-day home blood pressure variability in patients with cardiovascular diseases: retrospective cohort study[J]. *J Med Internet Res*, 2022, 24(1): e22957.
- [44] Milani RV, Wilt JK, Milani AR, et al. Digital management of hypertension improves systolic blood pressure variability[J]. *Am J Med*, 2020, 133(7): e355-e359.
- [45] Tucker KL, Sheppard JP, Stevens R, et al. Self-monitoring of blood pressure in hypertension: a systematic review and individual patient data meta-analysis[J]. *PLoS Med*, 2017, 14(9): e1002389.
- [46] Schutte AE, Kollias A, Stergiou GS. Blood pressure and its variability: classic and novel measurement techniques[J]. *Nat Rev Cardiol*, 2022, 19(10): 643-654.