

雪环境中人体模型不同解剖部位的紫外线暴露剂量

胡立文, 高倩, 高娜, 王芳, 宫慧芝, 刘扬

摘要: [目的] 通过监测冬季雪前和雪后旋转人体模型不同解剖部位的紫外线暴露剂量, 阐明雪环境下个体紫外线暴露的变化。[方法] 在沈阳地区(北纬 41°51', 东经 123°27')雪前(2006 年 12 月 14 日)和雪后(2007 年 1 月 7 日)的晴朗天气, 采用 SUB-T 型紫外线监测仪进行旋转人体模型的眼、额、颊、肩和胸部日间每间隔 30 min 累积紫外线暴露剂量的连续监测, 同时监测水平面紫外线作为环境紫外线对照。[结果] 沈阳地区冬季雪前和雪后晴好天气下, 水平面、眼、额、颊、肩和胸部日间紫外线暴露剂量均为单峰钟型曲线, 在正午紫外线暴露剂量达到峰值。雪环境中各解剖部位正午前后两小时紫外线累积暴露量较雪前显著增加, 增加百分比为眼部 183.0%(为雪前累积剂量的近 3 倍), 其余依次为颊部 104.5%, 胸部 57.0%, 额部 55.8% 和肩部 33.9%。[结论] 雪反射能导致所监测各部位, 特别是眼部接受的紫外线剂量增加, 提示广大雪区人群应特别注意个体眼部紫外线的防护。

关键词: 雪; 紫外线; 人体模型; 解剖部位

Ultraviolet Exposure Level at Different Anatomical Sites of a Manikin in Snow Environment HU Li-wen, GAO Qian, GAO Na, WANG Fang, GONG Hui-zhi, LIU Yang (Department of Environmental Health, School of Public Health, China Medical University, Shenyang, Liaoning 110001, China). Address correspondence to LIU Yang, E-mail: cmuliuyang@yahoo.com • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To clarify levels of individual ultraviolet (UV) exposure at different anatomical sites of a rotating manikin before and after snowing. [Methods] The UV exposure levels at forehead, right eye, left cheek, shoulders, and chests of a rotating manikin were measured at 30-min intervals using solar-UV sensors in sunny weather before snowing (December 14, 2006) and after snowing (January 7, 2007) in Shenyang (41°51'N, 123°27'E), China. Horizontal UV level was also measured over the same experimental period as control. [Results] The diurnal variations of UV on horizontal plane, as well as those of the eye, forehead, cheek, shoulder, and chest sites, were unimodal bell-shaped curves both before and after snowing in Shenyang. The peak values were found at noon. The cumulative 2-h UV exposure doses before and after the midday were significantly increased and the percentages of increase, in sequence, were eye (183.0%) > cheek (104.5%) > chest (57.0%) > forehead (55.8%) > shoulders (33.9%). Especially at the eye site, the UV dose after snowing was nearly 3 times that before snowing. [Conclusion] Snow reflection can lead to UV exposure increasing at various anatomical sites, especially at the eyes. People living in the snowy area should take measures to protect their eyes from UV exposure.

Key Words: snow; ultraviolet; manikin; anatomical site

日光紫外线(ultraviolet rays, UVR)是人们每天接触的重要环境因子。适度紫外线具有促进维生素 D 合成等作用^[1]; 过量的紫外线暴露则会对人体健康产生许多不利影响, 例如急性高暴露所致的眼角膜炎、结膜炎、皮肤晒伤, 慢性高暴露所致的白内障、翼状胬

肉、皮肤光老化、皮肤癌以及免疫系统抑制等^[2-4]。我国人群具有肤色的遗传优势, 皮肤癌患病率较低, 然而紫外线所致公共健康问题以眼部危害更多^[3]。

我国东北地区冬季天然日光紫外线不足^[5], 但积雪时间长, 积雪期达 90 d 以上, 为我国稳定积雪地区之一^[6-7], 冬季积雪对日光紫外线的反射起着举足轻重的作用。由于寒冷的天气, 人们更多的衣物使得积雪的强紫外线反射对皮肤的作用较小, 但会对眼角膜和结膜上皮造成强烈刺激引起炎症, 严重者可造成“雪盲”^[8]。因此, 阐明雪环境下不同解剖部位特别是眼部紫外线暴露的状况, 是评估紫外线暴露与健康相

[基金项目] 国家自然科学基金资助项目(编号: 30700652)

[作者简介] 胡立文(1981—), 女, 博士, 讲师; 研究方向: 紫外线生物效应; E-mail: foxhlw@126.com

[通信作者] 刘扬教授, E-mail: cmuliuyang@yahoo.com

[作者单位] 中国医科大学公共卫生学院环境卫生教研室, 辽宁 沈阳 110001

关关系的重要内容之一。

虽然研究目的不同,但个体不同解剖部位的紫外线暴露研究已经有所报道,包括头顶、前额、鼻子、眼睛、颊部等等,应用较多的是利用头部模型的监测。KIMLIN 等^[9-10]利用头部模型监测发现,亚热带纬度地区人脸部紫外线暴露的分布随着一年中的时间和云层变化而改变。SAKAMOTO 等^[11]和 HIROSHI 等^[12]利用头部模型分别阐明了太阳天顶角和太阳高度角变化对不同解剖部位紫外线暴露剂量的影响。AIREY 等^[13]则确定了站、坐、弯腰、跪等一系列姿势相应的头部模型角度,监测出不同姿势时面部紫外线的分布数据。本研究组之前也利用人体紫外线暴露模型进行过沈阳地区不同解剖部位四季紫外线暴露的日间分布研究^[14-15]。因此在本次研究中,依然拟主要采用旋转人体紫外线暴露模型在沈阳地区的雪前和雪后第 1 天,进行人体不同解剖部位的紫外线暴露监测,以阐明雪环境下个体紫外线暴露的变化状况。

1 材料与方法

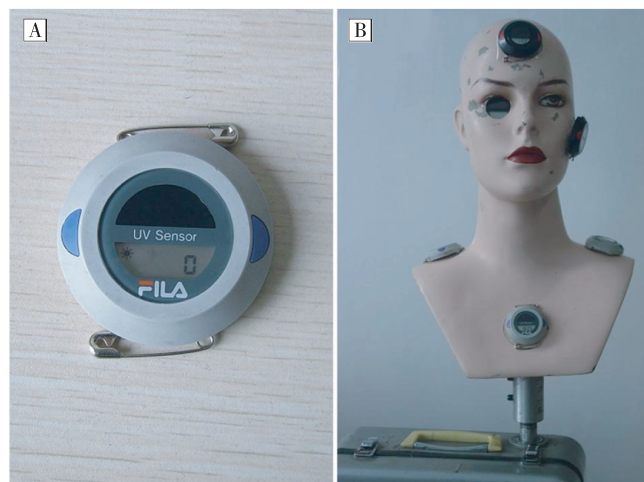
1.1 仪器

紫外线监测仪型号为 SUB-T(日本东丽株式会社),其作用光谱为 280~390 nm,可用于模型及人群的紫外线暴露监测^[14-16]。本次研究中,将 SUB-T 紫外线监测仪紧密贴合固定在自行设计的旋转人体模型的额部、右眼部、左颊部、双肩部和前胸部表面,以进行紫外线监测(图 1),模型下半部分是装有电源的底座(稳定模型并为其旋转提供动力)。电源开启后模型能自动以其垂直中心作轴水平匀速旋转,速度为每转 6 s。

1.2 方法

2006 年 12 月 14 日(雪前,晴,最高气温 5℃,最低气温 -8℃)和 2007 年 1 月 7 日(中雪雪后第 1 天,积雪厚度约 3~5 cm,晴,最高气温 5℃,最低气温 -18℃),在辽宁省沈阳市(北纬 41° 51', 东经 123° 27', 平均海拔 50 m)进行日间连续监测。监测时,天气晴朗少云,将旋转人体模型水平置于空旷无遮挡(全天监测期间太阳不被遮挡)的地面,模型额部距地面约为 1.6 m;紫外线监测仪水平放置于离旋转模型约 1 m 远的无遮挡处,在相同时段测量约距地面 1.6 m 高的水平日光紫外辐射剂量作为环境紫外线对照。日间监测时间为

9:00—15:00 时,每隔 30 min 读取 1 次数据,填入监测表格。



[注] A: SUB-T 型紫外线监测仪(SUB-T solar UV sensor); B: 旋转人体模型(Rotating manikin)。

图 1 紫外线监测仪器

Figure 1 Solar UV sensor and rotating manikin

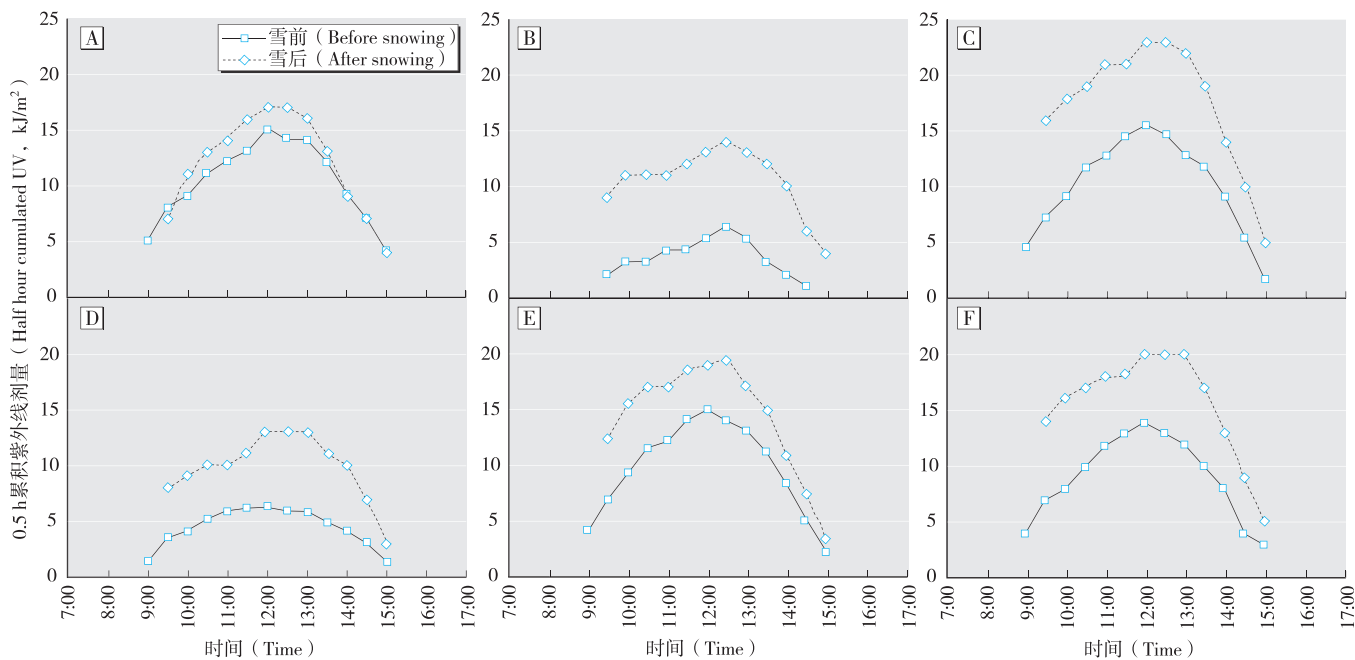
2 结果

2.1 雪前与雪后环境及模型紫外线日间分布

由图 2 可见,沈阳地区冬季雪前与雪后环境紫外线日间分布均呈单峰钟型曲线,在正午前后达到峰值,半小时累积剂量最高值分别为 15.0 kJ/m² 和 17.0 kJ/m²,日间总体紫外线分布为雪后略高于雪前。雪前与雪后旋转人体模型肩部、额部、胸部、颊部和眼部的日间分布均与环境紫外线相似,为单峰钟型曲线,且雪后剂量显著高于雪前,正午最高值分别约为肩部 15.0 kJ/m² 和 19.5 kJ/m²;额部 15.6 kJ/m² 和 23.0 kJ/m²;胸部 13.9 kJ/m² 和 20.0 kJ/m²;颊部 6.4 kJ/m² 和 13.0 kJ/m²;眼部 6.4 kJ/m² 和 14.0 kJ/m²。

2.2 雪前与雪后 10:00—14:00 时累积紫外线

本研究计算了正午前后,即日间最高紫外线暴露时段 10:00—14:00 时之间水平环境与模型各解剖部位紫外线暴露的 4 h 累积剂量(图 3),雪后第 1 天的水平环境紫外线 4 h 累积剂量略高于雪前的 101.0 kJ/m² (13.9%),而旋转人体模型各解剖部位的紫外线暴露则不同程度的显著增加,特别是眼部更增加高达 183.0%,为雪前 4 h 累积剂量的近 3 倍。雪环境对不同解剖部位的影响大小依次为:眼部>颊部>胸部>额部>肩部。



[注] A: 水平环境 (Horizon); B: 眼部 (Eye); C: 额部 (Forehead); D: 颊部 (Cheek); E: 肩部 (Shoulder); F: 胸部 (Chest)。

图 2 沈阳地区雪前与雪后环境及模型不同解剖部位紫外线日间分布

Figure 2 UV Exposure on horizontal plane and at different anatomical sites of a manikin before and after snowing in Shenyang

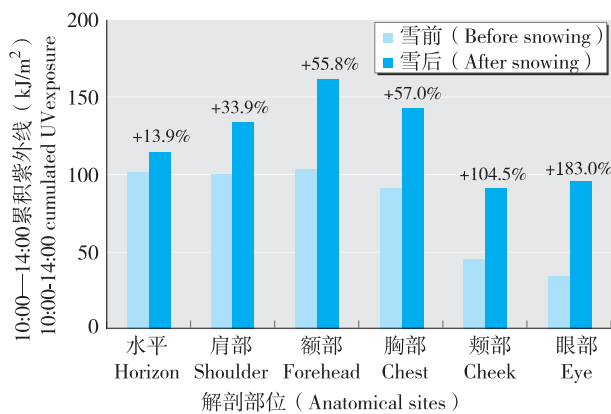


图 3 沈阳地区雪前与雪后 10:00—14:00 时累积紫外线剂量比较

Figure 3 UV exposure cumulated between 10:00 and 14:00 before and after snowing in Shenyang

3 讨论

由于晴朗无云的天气环境,低纬度地区全年紫外线都比较强。随着纬度升高,强度减弱。在中纬度(28°~46°)地区, GODAR 等^[17]和 RIGEL 等^[18]计算得出:纬度每增加 1°,紫外线强度降低 3%。我国东北沈阳地区(北纬 41°51′),冬季天然日光紫外线不足^[5]。在本研究中,雪前正午前后(10:00—14:00 时)的水平环境紫外线总量仅约为 101.0 kJ/m²。之前有报道,沈阳冬季 12 月晴天环境平均日紫外线总量也仅约为 152 kJ/m²,约为夏季的 17%^[19]。

但有研究表明,我国北纬 36° 以北有稳定的积雪期^[20],新雪能反射大概 60%~80% 的日光紫外线^[21],积雪表面的高反射特性使其成为决定高纬度地区紫外线平衡的一个关键因子。HOEPPE 等^[22]曾对楚格峰(Zugspitze)高山地区(北纬 47°25′,海拔 2 800 m)有雪覆盖时的倾斜面紫外线暴露进行测量,认为对于人体的垂直表面,地面的反射率对于紫外线暴露总量起到重要作用,雪反射会增加垂直表面紫外线暴露约 1 个紫外线指数。本研究对沈阳地区(北纬 41°51′,海拔 50 m)雪前和雪后的 2 个晴朗日期的紫外线状况进行监测发现,雪环境导致人体模型各解剖部位的紫外线暴露不同程度的增加,其中眼部>颊部>胸部>额部>肩部,特别是近似垂直面的眼部增加百分比高达 183.0%,为雪前的近 3 倍。这主要是因为本次监测日期为雪后第 1 天,3~5 cm 的新雪基本覆盖了地面,形成了较为平滑的雪面反射层,其约能反射 60%~80% 以上的 UVR^[21],加之监测模型的眼部近似垂直于水平面,沈阳雪后监测日太阳全天最高高度仅约为 25.8°,在日间不同太阳高度下地面的反射 UVR 能更多进入眼部,因此相对于近似水平的肩部、以及与水平面近似约成 75°、80° 和 85° 夹角的额部、胸部和颊部,眼部紫外线暴露程度增加最为显著。除了东北地区,我国积雪区域还主要分布在西北和青藏高原等地

区, 这些地区不仅年降雪量大, 而且终年积雪区域也分布较广^[23]。本研究结果表明, 雪环境对不同解剖部位, 特别是眼部紫外线暴露的影响巨大, 提示高纬度地区和冬季等广大雪区人群应特别注意个体紫外线的眼部防护。

· 作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献:

- [1] ADAMS JS, CLEMENS TL, PARRISH JA, et al. Vitamin D synthesis and metabolism after UV irradiation of normal and vitamin D deficient subjects[J]. N Engl J Med, 1982, 306(12): 722-725.
- [2] 杨明建, 郑燕, 申海玉, 等. 中波紫外线致雄性小鼠生殖系统损伤[J]. 环境与职业医学, 2012, 29(6): 347-350.
- [3] ROBYN L, TONY MM, WAYNE S, et al. Solar ultraviolet radiation-global burden of disease from solar ultraviolet radiation-environmental burden of disease series(No. 13)[M]. Geneva: World Health Organization, 2006: 20-66.
- [4] 张秀珍, 陈中华, 巨荣菊, 等. 姜黄素对紫外线致 NIH3T3 细胞损伤的保护作用[J]. 环境与职业医学, 2009, 26(3): 267-270.
- [5] 王秉贤, 刘扬, 赵萍. 沈阳市紫外线强度与影响因素[J]. 中华预防医学杂志, 1988, 22(5): 274-276.
- [6] 魏文寿, 秦大河, 刘明哲. 中国西北地区季节性积雪的性质与结构[J]. 干旱区地理, 2001, 24(4): 310-313.
- [7] 张海军. 2000—2009 年东北地区积雪时空变化研究[D]. 长春: 吉林大学, 2010.
- [8] 艾军, 程军, 罗明忠. 高原雪地负重行军致雪盲 145 例[J]. 人民军医, 2004, 47(5): 260.
- [9] PARISI AV, KIMLIN MG. Personal solar UV exposure measurements employing modified polysulphone with an extended dynamic range[J]. Photochem Photobiol, 2004, 79(5): 411-415.
- [10] KIMLIN MG, PARISI AV, WONG JC. The facial distribution of erythematous ultraviolet exposure in south-east Queensland[J]. Phys Med Biol, 1998, 43(2): 231-240.
- [11] SAKAMOTO Y, KOJIMA M, EMORI Y, et al. Ultraviolet dosimetry utilizing a mannequin model[J]. Dev Ophthalmol, 1997, 27: 50-55.
- [12] HIROSHI S, YASUO S, CRISTINA S, et al. UV-B exposure to the eye depending on solar altitude[J]. Eye Contact Lens, 2011, 37(4): 191-195.
- [13] AIREY DK, WONG JC, FLEMING RA. A comparison of human and headform-based measurements of solar ultraviolet-B dose[J]. Photodermatol Photoimmunol Photomed, 1995, 11(4): 155-158.
- [14] HU LW, GAO Q, XU WY, et al. Diurnal variations in solar ultraviolet radiation at typical anatomical sites[J]. Biomed Environ Sci, 2010, 23(3): 234-243.
- [15] 胡立文, 高倩, 徐文英, 等. 皮肤紫外线暴露剂量旋转人体模型方法测量[J]. 中国公共卫生, 2012, 28(9): 1207-1209.
- [16] 喻道军, 刘扬, 小野雅司, 等. 沈阳市大学生个体紫外线暴露状况研究[J]. 中国公共卫生, 2004, 20(5): 528-529.
- [17] GODAR DE, WENGRAITIS SP, SHREFFLER J, et al. UV doses of Americans[J]. Photochem Photobiol, 2001, 73(6): 621-629.
- [18] RIGEL DS, RIGEL EG, RIGEL AC. Effects of altitude and latitude on ambient UVB radiation[J]. J Am Acad Dermatol, 1999, 40(1): 114-116.
- [19] GAO Q, HU L, GONG H, et al. Groundbased observations of ultraviolet and total solar radiation in Shenyang, northeast China[J]. Biomed Environ Sci, 2011, 24(5): 499-505.
- [20] 李国平, 陈仲林. 近年来我国地面反射率的若干重要特征[J]. 地理科学, 1996, 16(1): 46-50.
- [21] JOKELA K, LESZCZYNSKI K, VISURI R. Effects of arctic ozone depletion and snow on UV exposure in Finland[J]. Photochem Photobiol, 1993, 58(4): 559-566.
- [22] HOEPPE P, OPPENRIEDER A, ERIANTO C, et al. Visualization of UV exposure of the human body based on data from a scanning UV-measuring system[J]. Int J Biometeorol, 2004, 49(1): 18-25.
- [23] 曹云刚, 杨秀春, 徐斌, 等. MODIS 在青藏高原大范围积雪制图中的应用及存在的问题[J]. 科技导报, 2007, 25(21): 51-54.

(收稿日期: 2012-07-10)

(英文编审: 黄建权; 编辑: 郭薇薇; 校对: 郭薇薇)