

PLANT&FOREST

Analysis of optimal activities according to thermal comfort in the forest: focusing on a program for the elderly at the National Forest Therapy Center

Tae-Gyu Khil¹, Ah-Young Jung¹, Kun-Woo Park², Yang-Soon Oh², Beom Lee³, Dawou Joung⁴, Hyelim Lee⁵, Bum-Jin Park^{5*}

¹Department of Forest Therapy, Graduate School of Chungbuk National University, Cheongju 28644, Korea

²College of Medicine, Korea University, Seoul 02841, Korea

³Forest Welfare Research Center, Korea Forest Welfare Institute, Yeongju 36043, Korea

⁴Institute of Agricultural Science, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

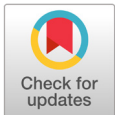
⁵Department of Environment and Forest Resources, Chungnam National University, Daejeon 34134, Korea

*Corresponding author: bjpark@cnu.ac.kr

Abstract

The purpose of this study was to scientifically activate the forest healing program activities for the elderly. The predicted mean vote (PMV) and predicted percentage of dissatisfied (PPD), which are indices of thermal comfort in the thermal environment, and degree of canopy closure were compared and analyzed. Based on this information, the study objective was to present the appropriate conditions for maintaining the best comfort for the elderly. Six deck road shelters, which are the most active locations in forest healing programs among the National Center for Forest Therapy, were selected as the study sites. The results indicated that in the case of the conditions of 1 clo (clothing insulation value) and 1 met (metabolic rate) at an air temperature of 19 to 21 degrees in September on the measurement date, the PMV values ranged between -1.85 and -0.98 at all sites, and PPD values ranged between 25.60% and 68.68%. On the other hand, in the case of 1.3 clo and 1.6 met conditions, the PMV values ranged between -0.08 and 0.23 for all sites and PPD values ranged between 5.40 and 6.18. As shown above, the difference in thermal environment comfort and satisfaction according to the condition of the amount of metabolism and the amount of clothing could be confirmed. In addition, an analysis of the relation between PPD and canopy closure suggested a significantly positive correlation between them, and it was found that canopy closure was a factor affecting thermal comfort. Studies on effects of forest thermal environmental comfort and canopy closure on forest healing program areas should be conducted extensively according to seasonal conditions to provide information that can be used for more effective forest healing programs.

Keywords: canopy closure, forest healing program, PMV (predicted mean vote), PPD (predicted percentage of dissatisfied)



OPEN ACCESS

Citation: Khil TG, Jung AY, Park KW, Oh YS, Lee B, Joung D, Lee H, Park BJ. Analysis of optimal activities according to thermal comfort in the forest: Focusing on a program for the elderly at the National Forest Therapy Center. Korean Journal of Agricultural Science 50:663-673. <https://doi.org/10.7744/kjoas.500407>

Received: July 27, 2023

Revised: September 14, 2023

Accepted: September 25, 2023

Copyright: © 2023 Korean Journal of Agricultural Science



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Introduction

2020년 시작된 COVID-19의 확산으로 우리나라를 비롯한 전세계 각국에서는 감염 및 확산 방지를 위해 사회적 거리두기 정책이 시행되었다. 노년층의 경우 사회적 거리두기의 기간이 길어지면서 가족 및 이웃과의 만남이 어려워지고, 지역사회 외부자원의 차단으로 인해 사회적 고립과 건강문제 같은 위기 상황에 노출되었다(Armitage and Nellums, 2020). 사회적 거리두기 정책은 COVID-19의 감염률과 사망률 증가세를 낮추어 주었으나(Lee, 2023), 노인은 이로 인해 신체활동 부족과 사회적 교류 감소 등의 문제점이 나타났다. 이는 치매 위험을 높일 수 있는 원인으로 지목되고 있으며, 대한치매학회는 치매를 예방하거나 지연시키기 위해서 신체활동 및 사회적 상호작용을 포함한 치매예방관리지침을 준수하는 것을 권장하고 있다(Livingston et al., 2020).

노인인구의 급속한 증가로 인해 고령 사회로 접어들면서 산림치유활동은 노년층의 건강증진과 치매예방 관리 방법으로 주목받고 있다. 산림치유활동은 지역사회 산림자원을 기반한 야외활동으로 실내활동에 비해 COVID-19와 같은 감염병의 전파위험성이 낮으며, 프로그램의 구성에 따라 다양한 신체활동과 사회적 상호작용을 증가시킬 수 있어 치매예방 프로그램으로 활용가능성이 높다. 최근 들어 노인 건강과 인지장애를 위한 산림치유연구가 활발히 진행되고 있으며, 산림치유활동은 노인의 인지기능 및 우울 개선과 삶의 질을 향상시킨다는 연구가 지속적으로 발표되고 있다(Kim and Koo, 2019; Lee et al., 2021; 2023). 이를 반영하여 국립중앙의료원 중앙치매센터는 각 지역 치매센터의 치매 예방 및 치매관리 사업을 산림치유와 연계하여 운영하도록 추진중이며, 여러 지자체 보건소에서도 치매예방을 위한 산림치유프로그램이 시행되고 있다.

다만 노인은 젊은 성인과는 다르게 생체기능의 노화로 인해 체온조절능력이 저하되는 경향이 있고(Lee and Cho, 2003), 환경 온도의 극단적인 변화에 취약할 수 있어 야외활동시 온도변화에 대한 대비가 필요하다(Kim, 2009). 산림치유프로그램이 운영되는 산림은 복잡 지형으로 이루어져 평지주변에서 나타나는 기상현상과 다르며, 생활권 중심의 기상청 기상정보만으로는 산림의 온열환경을 예상하는 것에 어려움이 발생할 수 있다(Yoon et al., 2016). 미국냉공조학회(American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineer, ASHRAE)는 온열환경의 쾌적성을 주위의 환경에 대하여 춥지도 덥지도 않은 중립적인 만족감을 주는 마음의 상태라고 하였으며(ASHRAE, 2017), 쾌적성은 유쾌성이나 매력성으로 특정한 장소나 기후의 매력성이나 바람직한 상황을 지칭하는 것으로 어메니티(amenity)라고도 한다.

노인대상 산림치유프로그램의 효과를 높이기 위해서는 대상지의 온열환경 쾌적성을 과학적인 방법으로 평가하여 노인의 생체기능 저하를 고려한 프로그램을 구성하는 것이 필요하다. 대상지의 온열환경 측정 및 분석을 통해 대상지의 열적 쾌적성을 예측할 수 있으며, 이를 반영하여 쾌적한 야외활동이 가능하도록 프로그램의 신체활동량을 구성하고 참가자에게 적절한 의복 착용에 대한 안내를 할 수 있다(Lee et al., 2022; Song et al., 2022). 이러한 방법은 산림치유효과를 극대화할 수 있으며, 갑작스러운 날씨의 변화에도 의복 착의량과 활동량을 조절하는 것을 통해 탄력적인 프로그램 운영이 가능할 것으로 예측할 수 있다.

한편, Park 등(2021)은 가을철 도시숲의 온열환경 쾌적성에 관한 연구를 통해 도시숲 환경이 실내환경보다 쾌적하다는 것을 보고하였으며, Kim 등(2019)은 휴양림이 도심 잔디광장과 비교하여 우수한 열 쾌적성을 갖는다는 것을 확인하였다. 또한, Park 등(2015)은 상대적으로 임목 밀도가 높은 잣나무숲에서 열적으로 쾌적함을 더 느낀다고 보고하였다. 최근 An 등(2022)은 열쾌적성을 증진시키기 위하여 숲의 열 환경 요소 측정을 통하여 열쾌적성을 예측하려는 연구를 수행하였고, Song 등(2022)은 겨울철 제주지역의 산림온열환경을 측정하여 한반도와 달리 겨울철에도 야외활동이 적합한 것을 밝히는 등 산림의 열 쾌적성을 규명하기 위한 연구들이 지속적으로 보고되고 있다. 그러나 실제 산림치유프로그램이 운영되는 대상지의 열쾌적성을 분석하여 산림치유프로그램에 적용 가능한 활동을 제시하는 연구는 미비하다. 따라서 본 연구에서는 온도변화에 대한 대비가 필요한 경도인지장애를 가진

노인을 대상으로 운영된 산림치유프로그램의 대상지의 열쾌적성과 수관율폐도를 측정·분석하여 산림 온열환경의 기초자료를 제공하려고 한다. 또한, 이를 기반으로 쾌적한 야외활동의 조건을 비교 및 분석하여 노인대상 산림치유프로그램의 효과를 극대화할 수 있는 방안을 제시하려고 한다.

Materials and Methods

연구대상지

본 연구의 대상지는 국립산림치유원으로 경상북도 영주와 예천 일대에 위치하고 있으며, 주요 수종은 상수리나무, 소나무, 굴참나무이다. 국립산림치유원은 건강 취약계층인 장애인, 노약자를 위한 무장애 데크로드를 포함한 약 45 km의 숲길이 조성되어 있다. 이중 노인 치매예방 산림치유프로그램을 진행한 장소 중 마실 치유의 숲길 데크로드의 해든솔 쉼터, 숲바람 쉼터, 푸르뫼 쉼터, 한숲 쉼터, 하늘나래 쉼터, 산마루 쉼터의 6개소를 선정하여 열쾌적성과 수관율폐도를 측정하여 분석하였다(Table 1; Fig. 1).

Table 1. Measurement site location (continued).






Site no .	Name	GPS	Measurement sites
1	Hadensol shelter	Latitude N36°50'59.7336" Longitude E128°28'21.4176" Altitude 567 m a.s.l	
2	Forest wind shelter	Latitude N36°50'57.72228" Longitude E128°28'20.3628" Altitude 567 m a.s.l	
3	Purmo shelter	Latitude N36°50'50.31024" Longitude E128°28'19.62696" Altitude 625 m a.s.l	

Table 1. Measurement site location.

Site no.	Name	GPS	Measurement sites
4	Hansup shelter	Latitude N36°50'50.1036" Longitude E128°28'23.1978" Altitude 647 m a.s.l	
5	Haneulnae shelter	Latitude N36°50'49.53588" Longitude E128°28'21.77112" Altitude 625 m a.s.l	
6	Sanmaru shelter	Latitude N36°50'47.34384" Longitude E128°28'17.07204" Altitude 625 m a.s.l	

a.s.l., above sea level.

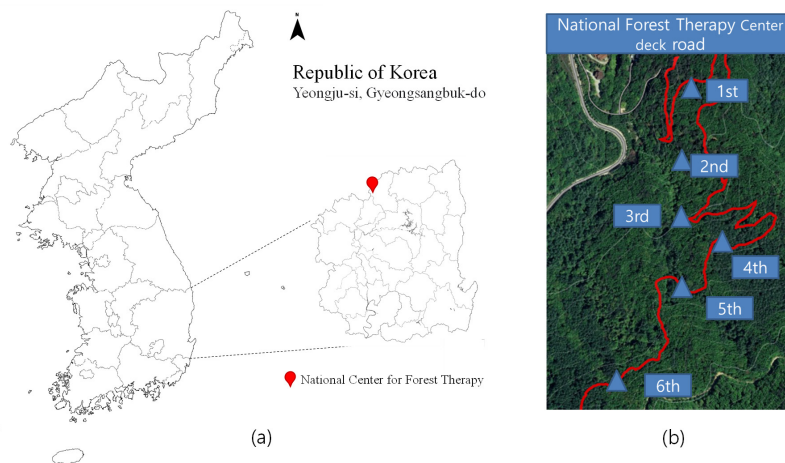


Fig. 1. Measurement location (a) National Center for Forest Therapy location (b) National Center for Forest Therapy Measurement Site.

측정인자 및 측정방법

열쾌적성

열쾌적성을 측정하는 지표는 예상 평균 한서감 지수(predicted mean vote, PMV)와 예상 불만족도(predicted percentage of dissatisfied, PPD)를 사용하였다. PMV와 PPD는 열 환경에 노출된 사람의 일반 한서감각과 불쾌감의 정도를 예상할 수 있으며(KS, 2021), 온열환경 평가지표의 국제기준인 ASHRAE 55 및 ISO 7730:2005 (ISO, 2015)와 한국국가표준인 KS A ISO 7730:2005 로 제정되어 활용되고 있다. PMV 지수는 인체의 열 균형에 근거한 7점 척도로 대규모 집단의 사람들이 표현하는 평균값을 예측하는 지수로 온열환경요소인 기온, 복사열, 상대습도, 풍속과 인체요소인 대사율(Table 2)과 착의량(Table 3)을 조합하여 계산할 수 있다. PMV 값은 3 (더운)에서 -3 (추운)사이의 숫자로 표현되며, 0 (출지도 덥지도 않은)에 가까울수록 열적으로 쾌적한 상태를 의미한다(Table 4). PPD 지수는 너무 서늘하거나 너무 따뜻하게 느끼는 열적으로 불만스러운 사람들의 비율을 정량적으로 예측하는 것이다.

Table 2. Metabolic rates of different activities.

Activity	Metabolic rate	
	W/m ²	met
Lying down	46	0.8
Sit back and relax	58	1.0
Sedentary activity (offices, residences schools laboratories)	70	1.2
Normal standing activity (department store laboratory light industry)	93	1.6
Normal standing activity (gardening, housework mechanical work)	116	2.0
Walking		
2 km/h	110	1.9
3 km/h	140	2.4
2 km/h	165	2.8
3 km/h	200	3.4

met, metabolic rate.

Table 3. Amount of clothing.

Working clothes	I_{cl}		Everyday clothes	I_{cl}	
	clo	m ² K/W		clo	m ² K/W
Underpants, work clothes, socks, shoes	0.7	0.110	Panties, T-shirts, shorts, thin socks, sandals	0.3	0.500
Underpants, work clothes, shirts, socks, shoes	0.8	0.125	Undergarments, short-sleeved shirts, thin pants, thin socks, shoes	0.5	0.080
Underpants, pants, work clothes, shirts, socks, shoes	0.9	0.140	Panties, skirt, stockings, dress, shoes	0.7	0.105
Short sleeves, shorts, shirts, pants, jackets, socks, shoes	1.0	0.155	Undergarments, shirts, pants, socks, shoes	0.7	0.110
Long sleeves, long pants, thermal jacket, socks, shoes	1.2	0.185	Briefs, shirts, pants, jackets, socks, shoes	1.0	0.155
Short-sleeved shorts, shirts, pants, jackets, over pants, socks, shoes, hats, gloves	1.4	0.220	Panties, stockings, blouse, long skirt, jacket, shoes	1.1	0.170
Short-sleeved shorts, shirts, pants, jackets, thick over pants, socks, shoes, hats,	2.0	0.310	Long sleeves, long pants, shirt, pants, V-neck sweater, jacket, socks, shoes	1.3	0.200
Short-sleeved shorts, shirts, pants, jackets, thick over pants, socks, shoes, hats, gloves	2.6	0.395	Short-sleeved shorts, shirts, pants, vests, jackets, coats, socks, shoes	1.5	0.230

I_{cl} , clothing insulation; clo, clothing.

Table 4. PMV scale.

+3	+2	+1	0	-1	-2	-3
Hot	Warm	Slightly warm	Normal	Slightly cool	Cool	Cold

PMV, predicted mean vote.

본 연구에서 열쾌적성 측정을 위한 온열환경요소 측정은 다음과 같다. 열스트레스 추적계(Kestrel 5400, Kestrel, USA)를 사용하여 기온(air temperature, °C), 흑구온도(black globe temperature, °C), 습도(relative humidity, %), 풍속(wind speed, m/s)을 지면에서 1.2 m의 높이에서 분단위로 측정하였다. 이중 흑구온도, 기온, 풍속을 이용하여 평균복사온도(mean radiant temperature, MRT)를 환산하였으며(ISO, 2012), PMV와 PPD은 CBE (Center for the Built Environment) Thermal Comfort Tool (version 2.5.4, Berkeley University of California, USA)을 사용하여 분석하였다 (Tartarini et al., 2020). 본 실험을 위한 측정은 2022년 9월 3일에 진행되었으며, 오후 1시부터 3시까지 6개소의 각 측정 지점에서 동시에 측정하였다. 측정당일 평균기온은 20.7°C로 최고기온은 25.1°C이며 최저기온은 16.9°C이다. PMV와 PPD의 분석을 위한 착의량(clothing, clo)은 KS A ISO 7730:2010에 제시되어 있는 조합된 의복의 보온력 추정치로 계산했으며, 9월 산행시 착용하는 복장인 착의량 1.0 clo (팬티, 셔츠, 바지, 재킷, 양말, 신발)과 1.3 clo (긴소매, 긴바지 내의, 셔츠, 바지, 목이 V형 스웨터, 재킷, 양말, 신발)을 사용하여 분석하였다. 다양한 신체활동으로 인한 열쾌적성의 확인을 위해서 대사량(metabolic rate, met)을 조절하여 분석하였다. 노인의 경우 활동량이 크지 않아 대사량 1.0 met (앉아서 휴식)과 1.6 met (보통의 서서 하는 활동)을 사용하여 분석하였다.

수관 율폐도

율폐도는 어떠한 임분 내에서 입목들의 수관이 그 임분을 덮고 있는 정도를 말한다. 각 지점의 수관율폐도를 측정하기 위해 전천사진(hemispherical photographs) 촬영방법을 이용하였다. 촬영 높이는 1.2 m이며, 삼각대에 수평으로 고정하여 흔들림을 최소화하여 수관이 렌즈안에 완전하게 나오도록 촬영하였다. 구름상태를 나타내는 운량은 10이 하늘 전체가 구름으로 덮인 상태이며 0은 구름이 전혀 없는 상태로 측정일의 운량은 평균 6.0으로 구름이 균일하게 끼어 있어 수관촬영에 적합한 기상상태를 나타냈다. 촬영된 수관사진은 임관 분석 프로그램인 Gap Light Analyzer를 사용하여 분석하였으며(Frazer et al., 1999), 율폐도 평가 기준은 Table 5와 같다. 또한 수관 율폐도와 PPD의 상관성을 파악하기 위하여 상관분석을 실시하였다.

Table 5. Forest enclosure evaluation criteria.

Category	Standard
Density – small	Stands with tree crown occupancy 50% or less
Density – medium	Stands with tree crown occupancy of 51% to 70% or less
Density – high	Stands with tree crown occupancy of 71% or more

Results and Discussion

착의량과 활동 별 대사량에 따른 열쾌적성 변화

국립산림치유원 테크로드 중 6개소 쉼터의PMV와 PPD에 대하여 일반적인 실내기준인 대사량 1.0 met (앉아서 휴식)과 착의량 1.0 clo (팬티, 셔츠, 바지, 재킷, 양말, 신발)의 수준과 대사량 1.6 met (보통의 가벼운 서서 활동)과 착의량 1.3 clo (긴소매, 긴바지 내의, 셔츠, 바지, 목이 V형 스웨터, 재킷, 양말, 신발)을 사용하였을 때를 비교하

였다(Table 6). 측정일시가 9월의 대기 온도가 18 - 19°C에서 1.0 clo와 1.0 met 조건의 경우 PMV의 값은 모든 6개소 측정 장소에서 $-1.85 < PMV < -0.98$ 을 나타내어 약간 서늘하거나 서늘함을 느끼는 정도의 수치였으며, PPD의 경우 $25.60\% < PPD < 68.68\%$ 로 나타났다. 반면, 1.3 clo와 1.6 met 조건의 경우 PMV의 값은 모든 6개소 측정 장소에서 $-0.08 < PMV < 0.23$ 으로 ISO에서 권장하는 쾌적한 조건($-0.50 < \text{권장 쾌적도} < 0.50$)에 합당한 수치로써 산림에서 프로그램을 진행하는데 있어 쾌적한 온열환경 조건에 해당하는 것으로 나타났다. PPD의 경우는 $5.40 < PPD < 6.18$ 사이의 값으로 100명 중 5명에서 6명 정도의 사람이 불쾌감을 느끼는 정도로써 ISO에서 권장하는 10명 이하의 불만족 수치를 나타내어 PMV와 PPD 모두 열적으로 쾌적한 환경이라고 판단할 수 있다. 그러나 노인의 경우 젊은 사람들 보다 더 높은 온도를 선호하는 것으로 확인되었으며(Ohnaka et al., 1993), Tsuzuki와 Iwata (2002)의 연구에서 역시 노인들은 가벼운 활동을 할 때 PMV의 쾌적 영역보다 다소 따뜻한 조건을 선호하는 것으로 확인하였다. 국내 노인을 대상으로 하절기 열쾌적 범위에 대하여 조사결과 또한 젊은 사람 보다 다소 따뜻한 환경을 선호한다는 결과를 확인할 수 있었다(Kim and Chung, 2013). 이러한 결과에 근거하여 노인을 대상으로 하는 산림치유프로그램의 경우 일반성인을 대상으로 운영하는 프로그램과 달리 다양한 활동량을 가진 단위프로그램으로 구성하는 것을 고려할 필요가 있다. 명상 또는 호흡 프로그램이나 해먹을 이용한 휴식 프로그램의 경우 가벼운 담요 등을 준비하여 따뜻함을 유지하는 것이 도움이 될 수 있겠다. 노인이 선호하는 열쾌적성의 조건에 맞추어 활동에 따른 대사량과 착의량을 조절하는 것은 산림치유프로그램의 만족도와 효과를 높일 수 있는 운영방안이 될 수 있다.

Table 6. Result of PMV, PPD.

Site	Temp. (°C)	Rel. Hum. (%)	Wind speed (m/s)	MRT (°C)	1.0 clo				1.3 clo			
					1.0 met		1.6 met		1.0 met		1.6 met	
					PMV	PPD	PMV	PPD	PMV	PPD	PMV	PPD
1st	19.29	82.22	0.35	20.03	-1.26	38.90	-0.27	6.86	-0.61	13.60	0.14	5.52
2nd	19.72	76.35	0.64	22.82	-1.27	38.94	-0.23	6.36	-0.58	12.58	0.20	6.00
3th	19.45	78.06	0.54	21.06	-1.41	46.56	-0.33	7.60	-0.71	16.32	0.11	5.48
4th	19.44	79.18	0.17	20.18	-0.98	25.60	-0.15	5.60	-0.42	8.86	0.23	6.18
5th	19.27	76.95	1.22	23.73	-1.65	58.72	-0.45	9.88	-0.85	21.30	0.03	5.40
6th	18.92	79.30	1.02	20.93	-1.85	68.68	-0.59	12.78	-1.03	28.06	-0.08	5.44

Temp., temperature; Rel. Hum., relative humidity; MRT, mean radiant temperature; PMV, predicted mean vote; PPD, predicted percentage of dissatisfied; clo, clothing; met, metabolic rate.

한편, 총 6개의 측정 지점의 수관올폐도를 조사한 결과, 4번 측정 지점인 데크로드 한숲 쉽터가 59.79%로 수관이 가장 개방되어 있는 것으로 조사되었으며, 6번 측정 지점인 데크로드 산마루 쉽터가 76.28%로 수관이 가장 울폐한 것으로 나타나 측정지점 모두 중간 이상의 울폐도로 조사되었다(Table 7). 이러한 결과는 산림에서 수목이 일사차폐 및 증발산 효과로 열쾌적성을 가진다는 선행연구(Kwon, 2018)와 비교해 볼 때 국립산림치유원의 조사지는 중간 이상의 울폐도를 나타내어 열스트레스 저감에 효과적인 지역으로 판단할 수 있다. 수관올폐도와 PPD의 상관관계를 분석한 결과, 수관올폐도와 PPD는 유의미한 정적 상관관계가 있는 것으로 나타났다($r = 0.845, p < 0.05$) (Table 8). 이는 수관올폐도와 열쾌적성의 상관관계는 기존에 수행되어진 녹음의 형성정도, 녹지용적계수, 수관차폐율이 높을수록 열쾌적성을 가진다는 연구결과와 일치하는 경향을 보였다(Ahn et al., 2013; Lee and Ryu, 2014; Kim et al., 2015).

Table 7. Results of canopy closure.

Item	1st site	2nd site	3rd site	4th site	5th site	6th site
Sky area	99.88	99.91	99.90	99.89	99.90	99.89
Mask area	0.12	0.09	0.10	0.11	0.10	0.11
Canopy openness	30.45	26.92	31.19	40.21	27.37	23.72
Canopy closure	69.55	73.08	68.81	59.79	72.63	76.28
Site openness	30.43	26.91	31.18	40.18	27.34	23.69

Table 8. Correlation between canopy closure and PPD.

Item		PPD	Canopy closure
PPD	Pearson correlation	1	0.845
	Sig. (2-tailed)	-	0.034
	N	6	6
Canopy closure	Pearson correlation	0.845	1
	Sig. (2-tailed)	0.034	-
	N	6	6

PPD, predicted percentage of dissatisfied.

Conclusion

본 연구는 치매예방 산림치유 프로그램 활동의 과학적 활성화를 위하여 국립산림치유원의 주요 산림치유 프로그램 진행지역 6개소를 중심으로 온열환경 열쾌적성 지표인 PMV, PPD와 수관울폐도를 분석하고, 산림에서 프로그램을 실행 시 열적으로 쾌적한 환경을 유지하기 위한 방안을 제시하는데 목적이 있다. 본 연구의 결과를 통해 PMV와 PPD는 대사량과 착의량에 따라 열적 쾌적성에 차이를 나타낸다는 것을 확인할 수 있었다. 이러한 결과는 계절별 프로그램 진행 장소의 기상환경을 조사하고, 대사량과 착의량의 조절을 통해 가장 효과적인 산림의 열적 쾌적도의 조건을 도출해야 한다는 것이다. 한편, 본 연구 결과를 통해 국립산림치유원의 9월의 약 19°C 내외의 온도에서는 적당한 움직임이 있는 프로그램과 긴팔 상하의를 포함하는 가벼운 외투의 복장이 산림에서 최적의 온열 쾌적도의 조건이라는 것을 도출할 수 있으며, 휴식을 위한 프로그램시 보온을 위한 담요 등이 필요하다는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 수관울폐도와 PPD는 유의미한 정적 상관관계가 있는 것으로 나타났으며, 수관울폐도가 열적쾌적성에 영향을 미치는 요소라는 것을 알 수 있었다.

국립치유원의 산림치유프로그램 주 진행장소인 마실길 데크로드는 산림환경조건에 대사량과 의복 착의량을 조절하는 것으로 높은 산림 온열환경 쾌적성을 유지할 수 있으며, 수관울폐도가 우수한 지역으로 판단되었다.

결론적으로 치매 예방산림치유프로그램 연구의 대상자는 65세 이상의 노인이기 때문에 치유 온열환경에 대한 분석과 이에 맞는 프로그램을 적절하게 구성하는 것이 필요하며 산림 온열환경 조건을 최적화할 수 있는 운동량과 의복량 등을 계절적 조건에 적합하게 제시하여 주는 방법이 필요하다고 생각한다.

본 연구에서는 장소와 계절을 한정하여 결과를 도출하였지만 본 연구를 기반으로 산림치유프로그램 진행지역에 대한 산림 온열환경 쾌적도와 울폐도 연구가 계절별 조건과 대상자에 맞춰 광범위하게 조사되어 보다 효과적인 산림치유프로그램의 장소로 활용할 수 있는 정보를 축적할 필요가 있겠다. 이를 활용하여 치매노인 뿐만 아니라 다양한 대상자의 산림 열쾌적성을 가지는 효율적인 산림치유프로그램 구성을 위한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

Conflict of Interests

No potential conflict of interest relevant to this article was reported.

Acknowledgements

본 연구는 미래창조과학부 한국연구재단(National Research Foundation of Korea)의 기초연구사업지원(NRF-2015M3B6A5022473)으로 수행되었습니다.

Authors Information

Tae-Gyu Khil, <https://orcid.org/0009-0003-1263-6225>

Ah-Young Jung, <https://orcid.org/0009-0009-0969-2350>

Kun-Woo Park, <https://orcid.org/0000-0001-6526-614X>

Yang-Soon Oh, <https://orcid.org/0009-0002-6442-8252>

Beom Lee, <https://orcid.org/0009-0008-5065-1692>

Dawou Joung, <https://orcid.org/0000-0001-6984-9297>

Hyelim Lee, <https://orcid.org/0000-0001-6155-0725>

Bum-Jin Park, <https://orcid.org/0000-0002-5214-5688>

References

- Ahn TM, Lee JW, Kim BR, Yoon HS, Son SW, Choi Y, Lee NR, Lee JY, Kim HR. 2013. An analysis of thermal comforts for pedestrians by WBGT measurement on the urban street greens. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 41:22-30. [in Korean]
- An S, Song D, Song C, Park BJ. 2022. Energy budget modeling for prediction of thermal comfort of healing forest visitors in spring. *The Journal of Korean Institute of Forest Recreation* 26:1-14. [in Korean]
- Armitage R, Nellums LB. 2020. COVID-19 and the consequences of isolating the elderly. *The Lancet Public Health* 5:E256. DOI:10.1016/S2468-2667(20)30061-X.
- ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-conditioning Engineer). 2017. Thermal environmental conditions for human occupancy. In ANSI/ASHRAE Standard 55. ASHRAE, Peachtree Corners, GA, USA.
- Frazer GW, Canham CD, Lertzman KP. 1999. Gap light analyzer (GLA), version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, user's manual and program documentation. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, Canada and the Institute of Ecosystem Studies, Millbrook, New York, USA.
- ISO (International Organization for Standardization). 2012. Ergonomics of the thermal environment-Instruments for measuring physical quantities. ISO 7726:1998. ISO, Geneva, Switzerland.
- ISO (International Organization for Standardization). 2015. Ergonomics of the thermal environment-Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. ISO 7730:2005. ISO, Geneva, Switzerland.
- Kim DG, Chung YH. 2013. Cooling control for thermal comfort environment of woman senior for creating eco-residence space. *Journal of Korean Living Environment System* 20:613-621. [in Korean]

- Kim ID, Koo CD. 2019. A study of walking, viewing and fragrance-based forest therapy programs effect on living alone adults' dementia prevention. *Korean Journal of Environment and Ecology* 33:107-115. [in Korean]
- Kim JH, Kwon KU, Yoon YH. 2015. A comparative analysis thermal comfort index according to the maximum temperature school outdoor space green characteristics. *Journal of People, Plants, and Environment* 18:363-370. [in Korean]
- Kim SJ, Lee YS, Park HI, Joung D, Park BJ. 2019. The study on the thermal comfort in urban parks and forests. *The Journal of Korean Institute of Forest Recreation* 23:41-52. [in Korean]
- Kim Y. 2009. A study on clothing weight and Cornell medical index in elderly women. *Korean Journal of Human Ecology* 18:1087-1092. [in Korean]
- KS. 2021. Ergonomics of the thermal environment-Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. KS A ISO 7730:2005. [in Korean]
- Kwon KU. 2018. A study on the convergence of renovation measures for urban ecological park considering the thermal environment in summer-With a case of Gildong ecological park. *The Korean Society of Science & Art* 36:11-22. [in Korean]
- Lee CI, Cho JY. 2003. Body temperature regulation in the elderly. *Korean Journal of Clinical Geriatrics* 4:47-56. [in Korean]
- Lee CS, Ryu NH. 2014. The comparison of the solar radiation and the mean radiant temperature (MRT) under the shade of landscaping trees in summertime. *Journal of the Korean Institute of Landscape Architecture* 42:22-30. [in Korean]
- Lee E. 2023. Impact of social distancing policy on COVID-19 pandemic in South Korea. *Korean Health Economic Review* 29:1-26. [in Korean]
- Lee H, Joung D, An S, Song D, Park BJ, Koo S. 2022. Analysis of a forest healing environment based on the thermal comfort and NVOC characteristics of Chungnam National University Experimental Forests. *Korean Journal of Agricultural Science* 49:983-993. [in Korean]
- Lee M, Choi J, Kim S. 2023. Systematic review on the effect of forest healing activities on the elderly. *Journal of Korean Society of Forest Science* 112:93-104. DOI:10.14578/jkfs.2023.112.1.93. [in Korean]
- Lee MJ, Kim SY, Choi JK. 2021. The effect of forest therapy program on the cognitive function of the elderly. *The Journal of Korean Institute of Forest Recreation* 25:25-34. [in Korean]
- Livingston G, Huntley J, Sommerlad A, Ames D, Ballard C, Banerjee S, Brayne C, Burns A, Cohen-Mansfield J, Cooper C, et al. 2020. Dementia prevention, intervention, and care: 2020 report of the Lancet Commission. *The Lancet Commissions* 396:413-446. DOI:10.1016/S0140-6736(20)30367-6.
- Ohnaka T, Tochiyama Y, Tsuzuki K, Nagai Y, Tokuda T, Kawashima Y. 1993. Preferred temperature of the elderly after cold and heat exposures determined by individual self-selection of air temperature. *Journal of Thermal Biology* 18:349-353.
- Park BJ, Kyeon C, Choi Y, Yeom DG, Kim G, Joung D. 2015. The effect of tree density of *Pinus koraiensis* forest on the thermal comfort and the physiological response of human body in summer season. *Journal of Korean Forest Society* 104:261-266. [in Korean]
- Park KJ, Kim JG, Kim WJ, An S, Song D, Shin CS, Park BJ. 2021. A study on the evaluation of thermal environment comfort of urban forests in autumn for forest welfare service areas management. *The Journal of Korean Institute of Forest Recreation* 25:45-56. [in Korean]
- Song D, An S, Joung D, Park BJ. 2022. Study on the selection of optimal activity time for winter Seogwipo healing forest according to thermal comfort and NVOCs emissions. *The Journal of Korean Institute of Forest Recreation* 26:15-25. [in Korean]
- Tartarini F, Schiavon S, Cheung T, Hoyt T. 2020. CBE thermal comfort tool: Online tool for thermal comfort calculations and visualizations. *SoftwareX* 12:100563. DOI:10.1016/j.softx.2020.100563.
- Tsuzuki K, Iwata T. 2002. Thermal comfort and thermoregulation for elderly people taking light exercise. pp. 647-652. In *Proceeding of Indoor Air 2002-9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*.

Yoon S, Won M, Jang K. 2016. A study on optimal site selection for automatic mountain meteorology observation system (AMOS): The case of Honam and Jeju areas. *Korean Journal of Agricultural and Forest Meteorology* 18:208-220. DOI:10.5532/KJAFM.2016.18.4.208. [in Korean]