

목재 실내환경이 인체의 심리생리학적 변화에 미치는 영향과 평가 지표에 대한 고찰

Effect of Wood Indoor Environments on Human Psychophysiological Responses and Evaluation Indicators: A Review

Suyeon LEE¹ · Chang-Dek EOM^{1,*}

¹ Wood Industry Division, National Institute of Forest Science, National Institute of Forest Science, Seoul 02455, Korea

초록 : 목재는 인체의 정서적 안정과 생리적 회복을 촉진하는 특성을 지닌 재료로 인식되며, 바이오필릭 디자인(biophilic design)의 중요한 구성 요소로 주목받고 있다. 이에 본 연구는 목재 환경이 인간의 심리·생리학적 반응에 미치는 효과를 체계적으로 분석하고, 향후 연구 및 설계에 적용 가능한 평가 지표를 제안하고자 하였다. 이를 위해 PRISMA 2020 가이드 라인에 따라 2000년 1월 1일부터 2025년 7월 31일까지 Scopus, PubMed, Google Scholar 데이터베이스를 대상으로 문헌 검색을 수행하였으며, 총 16,148편의 문헌 중 선정 기준을 충족한 24편의 실험연구를 최종 분석에 포함하였다. 분석 결과, 목재 환경 노출은 전반적으로 심리적 안정감과 생리적 이완 반응과 관련된 긍정적인 변화를 유도하는 경향을 보였다. 심리적 반응 평가에는 기분상태 프로파일(profile of mood states, POMS), 긍정·부정 정서 척도(positive and negative affect schedule, PANAS), 의미미분척도(semantic differential, SD), 시각적 아날로그 척도(visual analogue scale, VAS) 등이 주로 사용되었으며, 생리적 반응은 심박변이도(heart rate variability, HRV), 뇌파(electroencephalography, EEG), 코르티솔, 피부 전도(skin conductance level, SCL), 산소헤모글로빈(oxy-Hb) 등의 지표를 통해 평가되었다. 이와 같은 심리·생리학적 지표를 적용한 결과, 부정적 정서 지표, 코르티솔, SCL 및 oxy-Hb의 감소와 더불어 자율신경계 부교감 활성 지표인 HRV-HF의 증가가 주로 확인되었다. 또한 일부 연구에서는 중간 수준의 목재 적용량(약 40%~60%)에서 심리적 및 생리적 이완 효과가 상대적으로 크게 나타났으나, 최적 적용 범위는 연구 설계 및 노출 조건에 따라 차이를 보였다. 본 리뷰를 통해 도출된 심리·생리학적 지표들은 향후 바이오필릭 건축 설계의 과학적 근거를 마련하는 데 기초 자료로 활용될 수 있을 것으로 판단된다.

1. 서론

목재는 인류 역사 전반에 걸쳐 주거, 가구, 악기, 연료 등 다양한 용도로 활용되어 온 필수 자원이며, 최근에는 지속가능한 사회로의 전환을 위한 핵심 재료로 주목받고 있다. 특히 목재는 탄소 저장 기능을 지니고 있으며, 제품 생산 과정에서 탄소 배출량이 다른 건축 재료에 비해 상대적으로 적어 대표적인 친환경 건축자재로 평가되고 있다(Hemström *et al.*, 2010). 이에 따라 캐나다, 핀란드, 스웨덴, 일본, 미국 등 여러 국가에서는 목조건축과 실내 목재 적용을 적극적으로 확대하고 있으며, 국내에서도 공공 부문을 중심으로 목재 사용을 촉진하기 위한 정책이 강화되고 있다.

최근 들어 목재는 환경적 지속가능성을 넘어, 건축 분야에서 바이오필릭 디자인(biophilic design)의 핵심 요소로 인식되고 있다(Grinde and Patil, 2009). 바이오필릭 디자인은 자연 요소의 통합을 통해 거주자의 정서적 안정, 인지 회복 및 스트레스 완화를 촉진하는 것을 목표로 한다(Tekin *et al.*, 2025). 이러한 맥락에서 건축학뿐만 아니라 심리학, 생리학 등 다양한 학문 분야에서 목재 환경의 심리적·신체적 회복 잠재력을 검증하기 위한 융합 연구가 활발히 진행되고 있다.

일본에서는 뇌신경 활성을 평가하기 위한 근적외선 분광법(near-infrared spectroscopy, NIRS)과 뇌파(electroencephalo-

본 문서는 출판된 영문논문의 국문서입니다. 출판된 영문논문은 아래의 DOI를 통해서 확인하실 수 있습니다.
Journal of The Korean Wood Science and Technology 54(2): 216-227. <https://doi.org/10.5658/WOOD.2026.54.2.216>

graphy, EEG), 그리고 심박변이도(heart rate variability, HRV)와 같은 생리적 측정 기법을 활용하여 목재 환경이 인체의 심리·생리적 반응에 미치는 영향을 분석한 연구들이 보고되어 왔다(Ikei *et al.*, 2017; Sakuragawa *et al.*, 2008; Tsunetsugu *et al.*, 2002). 또한 유럽과 북미 지역에서도 의미미분척도(semantic differential, SD), 기분상태 프로파일(profile of mood states, POMS), 긍정·부정 정서 척도(positive and negative affect schedule, PANAS) 등을 활용하여 목재 환경이 정서 및 심리 반응에 미치는 영향을 평가한 바 있다(Burnard and Kutnar, 2015; Fell, 2010; Kotradyova *et al.*, 2019).

한편 국내 연구에서는 인체에 미치는 직접적인 반응을 평가하기보다는, 이러한 반응에 영향을 미칠 수 있는 목재의 물리·화학적 요인을 규명하는 데 초점을 둔 연구가 주로 수행되어 왔다. Yang *et al.*(2020)은 소재별 열전달 특성을 분석한 연구를 통해 실내 쾌적성과 연관될 수 있는 목구조의 단열 성능을 확인하였으며, Han *et al.*(2022)은 목재가 적용된 실내 공간에 대한 사용자 인식 조사 결과, 목재 사용량 증가가 정서적 안정감과 쾌적감 평가의 향상과 관련됨을 보고하였다.

이러한 선행 연구들은 목재 환경이 인간의 심리·생리학적 반응에 영향을 미칠 수 있다는 학문적 관심이 점차 확대되고 있음을 보여준다. 그러나 기존 문헌에서는 연구마다 사용된 지표와 해석 기준이 상이하여, 연구 결과를 종합적으로 이해하고 비교하는 데 한계가 존재한다. 특히, 국내에서는 관련 연구가 상대적으로 제한적이며, 실험 연구에서 활용된 지표 또한 체계적으로 정리 및 비교된 사례가 적다. 이에 본 연구는 PRISMA 2020 가이드라인에 따라 2000년부터 2025년까지 발표된 실험 연구를 체계적으로 고찰하고 종합적으로 분석하고자 한다.

본 리뷰는 다음의 연구 질문을 중심으로 수행되었다. 먼저, 목재 환경에서 인체 반응을 평가하기 위해 사용된 심리·생리학적 지표의 종류와 특성을 파악하고자 하였다. 다음으로, 시각·후각·촉각·다중 감각 자극 유형에 따라 사용된 지표의 결과와 결과 일관성을 비교·분석하여, 향후 실험 설계에 적용 가능한 심리·생리학적 지표를 제안하고자 한다.

2. 자료 및 방법

2.1. 문헌 검색

본 연구는 체계적인 리뷰를 위해 PRISMA 2020 가이드라인을 준수하여 수행하였다(Page *et al.*, 2020). 문헌 검색은 문헌 검색은 Pubmed, Scopus, Google Scholar의 세 가지 주요 학술 데이터베이스를 대상으로 2000년 1월 1일부터 2025년 7월 31일까지 발표된 논문을 포함하도록 설계하였다. 검색어는 “wood”, “wooden interior”, “timber environment”, “psychological effect”, “physiological response”, “psychophysiological effect”, “volatile compounds” 등의 핵심 키워드를 조합하여 사용하였다. 검색된 문헌 중 실제 목재 실내 환경 또는 실내 모사 환경에서 수행된 실험연구를 중심으로 선별하였으며, 심리적 지표 또는 생리적 지표를 최소 1개 이상 보고한 연구를 포함 기준으로 설정하였다. 반면, 인간 참여자가 포함되지 않은 연구, 리뷰 논문, 학술대회 초록, 영어 이외의 언어로 작성된 논문은 분석대상에서 제외하였다. 이러한 선정 기준을 적용한 결과, 최종적으로 총 24편의 연구가 분석에 활용되었다.

2.2. 연구설계 및 방법의 타당성 평가

선정된 24편의 문헌별로 연구설계 및 방법의 타당성을 평가하기 위해, 연구 설계 유형에 따라 서로 다른 평가 도구를 적용하였다. 무작위 대조시험(randomized controlled trials) 또는 교차 설계(crossover design)를 적용한 연구의 경우 Cochrane Risk of Bias 2.0(RoB 2.0) 도구를 사용하여 비뚤림 위험을 평가하였다(Sterne *et al.*, 2019). 본 연구에서 비뚤림 위험 평가(risk of bias assessment)란 연구설계 및 결과 분석과정에서 연구 결과의 해석과 신뢰도에 영향을 미칠 수 있는 오류 가능성을 검토하기 위한 방법론적 평가를 의미한다.

RoB 2.0 도구를 활용하여 각 문헌에 대해 피험자 무작위 배정 과정, 의도된 실험환경 조건이 계획대로 적용되었는지 여부, 결과 데이터의 누락 여부, 결과 측정 과정, 선택적 결과 보고 가능성 등 다섯 개 영역을 중심으로 평가하였다.

각 영역의 평가 결과를 종합하여, 방법론적 결함이 확인되지 않은 경우는 ‘낮음(low risk)’, 일부 항목에서 제한점이 확인되었으나 연구 해석에 중대한 영향을 미치지 않는 경우는 ‘일부 우려(some concerns)’, 소 표본 규모, 노출 통제의 한계, 결과 측정 또는 보고의 불충분성 등 주요 결함이 다수 확인된 경우는 ‘높음(high risk)’으로 분류하였다.

한편, 무작위 배정이 이루어지지 않은 실험연구 및 준실험연구의 경우에는 Joanna Briggs Institute(JBI)의 Critical Appraisal Checklist를 사용하여 연구의 방법론적 질(methodological quality)을 평가하였다(Barker *et al.*, 2023). JBI 평가 결과는 연구 설계의 적절성, 교란 요인 통제 여부, 노출 및 결과 측정의 타당성 등을 종합적으로 고려하여 ‘낮은 방법론적 질(low risk)’, ‘일부 우려(some concerns)’, ‘높은 방법론적 질(high risk)’의 세 수준으로 구분하여 제시하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1. 문헌 선정 결과

초기 검색을 통해 총 16,148편의 문헌이 검색되었으며, 중복 제거(자동 및 수기 포함) 후 2,476편이 제외되었다. 남은 13,672편의 제목 및 초록을 검토한 결과 12,825편이 본 연구의 주제와 관련성이 낮아 제외되었다. 이후 847편의 원문 전체를 분석하여 적합성을 평가하였고, 다음과 같은 이유로 823편을 제외하였다. 실험 연구가 아닌 경우(317편), 심리생리학적 지표 미 보고(224편), 실내 또는 실내 모사환경이 아닌 경우(155편), 비 영문 또는 원문 접근 불가인 경우가 127편이었다. 최종적으로 24편의 연구가 포함기준을 충족하여 분석에 활용하였다. 전체 연구 선정 과정은 Fig. 1(PRISMA 흐름도)에 제시하였다.

3.2. 연구 설계 및 방법의 타당성 평가 결과

선정된 24편의 연구는 연구 설계 유형에 따라 Cochrane Risk of Bias 2.0(RoB 2.0) 도구와 Joanna Briggs Institute(JBI) Critical Appraisal Checklist를 적용하여 연구 설계 및 방법의 타당성을 평가하였다(Table 1). 무작위 배정 또는 교차 설계를 적용한 2편의 연구(Burnard and Kutnar, 2020; Ojala *et al.*, 2023)는 Cochrane Risk of Bias 2.0(RoB 2.0) 도구를 활용하여 평가되었다. 두 연구 모두 조건 간 비교 구조와 무작위 배정 절차가 비교적 명확하게 보고되어 전반적으로 높은 비뚤림 위험으로 분류되지는 않았다. 그러나 실내 환경의 재료 및 감각 자극 특성상 참가자와 연구자에 대한 완전한 블라인딩이 현실적으로 어려웠으며, 일부 생리 지표에서는 결과의 일관성이 충분히 확보되지 않았거나, 또는 자료 누락이 보고되어 두 연구 모두 ‘일부 우려(some concerns)’ 수준으로 평가되었다.

무작위 배정이 이루어지지 않은 22편의 연구는 JBI 도구를 적용하여 평가하였다. 이 중 5편(22.7%)은 노출 조건의 통제와 결과 측정이 전반적으로 적절하여 높은 방법론적 질(low risk)로 분류되었다. 반면 14편(63.6%)은 표본 규모가 제한적이거나 노출 시간이 짧고, 현장 기반 실험에서 환경적 교란 요인을 완전히 통제하기 어려웠다는 점에서 ‘일부 우려(some concerns)’로 평가되었다. 나머지 3편(13.6%)은 매우 소규모 표본을 사용하거나 노출 강도 및 실험 조건의 표준화가 충분하지 않아 결과의 일반화에 제한이 있는 것으로 판단되어 낮은 방법론적 질(high risk)로 분류되었다(Azuma *et al.*, 2016; Kishida *et al.*, 2025; Sakuragawa *et al.*, 2008).

본 리뷰에서는 이러한 방법론적 한계를 고려하되, 목재 환경이 인체의 심리·생리적 반응에 미칠 수 있는 지표 활용 양상과 연구 경향을 종합적으로 고찰하는 데 목적이 있으므로, 모든 연구를 배제하지 않고 해석 시 비뚤림 위험을 함께 고려하여 분석하였다.

3.3. 사용된 심리·생리학적 지표의 유형과 특성

24편의 연구에서는 실내 목재 환경이 피험자의 심리적, 신체적 반응에 미치는 영향을 파악하기 위해 다양한 지표를 활용하였다(Table 2). 특히 대부분의 연구는 심리적 지표와 생리적 지표를 병행하여 평가하였다.

먼저 심리적 반응 변화 관찰을 위해 자기보고식 설문도구 등이 사용되었다. 가장 많이 사용된 지표로는 기분상태를 평가하는 profile of mood states(POMS, POMS2)로, 긴장-불안, 우울-낙담, 분노-적개심, 활력, 피로, 혼란 등의 하위 요인을 포함한다. 일부 연구에서는 이러한 하위 요인을 종합한 total mood disturbance(TMD) 점수를 사용하여 전반적인 정서 상태를 평가하였다. 이 외에도 실내 환경에 대한 주관적 인식과 감각적 평가를 위해 시각상사척도(visual analogue scale, VAS) 및 의미분별척도(semantic differential, SD)가 활용되었으며, 쾌적감, 안정감, 따뜻함, 자연스러움과 같은 정서적 인상이 개별 문항으로 평가되었다. 이러한 심리적 지표들은 환경에 노출된 피험자의 정서적 반응을 파악하기 위해 사용되었을 것으로 보인다.

반면, 생리적 반응은 자율신경계, 중추신경계, 내분비 반응을 반영하는 지표를 활용하여 평가되었다. 자율신경계 반응은 교감 및 부교감 신경활동의 변화를 반영하며, 이를 평가하는 지표로 심박변이도(heart rate variability, HRV), 심박수(heart rate), 혈압(blood pressure), 피부전도(skin conductance level, SCL)가 사용되었다. 중추신경계 반응은 피험자의 인지적 처리 수준과 신경활동 양상에 미치는 영향을 반영하는 지표로 해석될 수 있다(Luck, 2014).

관련된 지표로 전기적 신경 활동을 반영하는 뇌파(electroencephalography, EEG) 및 사건관련전위(event-related potential, ERP), 그리고 뇌혈류 기반의 대사적 변화를 반영하는 근적외선분광법(near-infrared spectroscopy, NIRS)이 활용되었다. 또 한 일부 연구에서는 스트레스 반응을 평가하기 위해 타액 내 코티솔(salivary cortisol) 및 α -아밀레이스(salpa-amylase, SAA)와 같은 내분비 지표가 사용되었다.

3.4. 감각 자극 유형에 따른 지표 반응의 차이와 해석

본 연구에 포함된 문헌들은 목재 환경에서 제공된 감각 자극의 유형에 따라 시각, 후각, 촉각, 그리고 복합적 감각 자극으로 분류되었다. 먼저 시각적 자극을 적용한 연구는 목재 환경 이미지를 제시하거나 가상 또는 실제 공간을 목재 기반 환경으로 조성한 후 피험자를 노출시킨 연구들로 구성되었으며, 총 9편이 이에 해당하였다. Tsunetsugu *et al.*(2002)은 초기 연구에서 부분적인 목재 적용만으로는 자율신경계 이완 반응이 명확하게 나타나지 않을 수 있음을 관찰하였고, 이후 목재 적용 비율을 단계적으로 조절한 연구에서는 중간 수준(약 45%)의 적용 조건에서 심리적 쾌적감이 최대화되고 생리 반응 역시 상대적으로 안정적인 양상을 보였다(Tsunetsugu *et al.*, 2007).

현장 기반 연구에서도 유사한 경향이 보고되었다. Zhang *et al.*(2016)은 사무공간 내 목재 벽면 적용 시 피로 감소와 쾌적감 증가를 관찰하였으며, Lee *et al.*(2025)은 실제 주거 환경에서 중간 수준의 목재 적용 시 피험자의 심박변이도 지표 중 HRV-HF 수치가 상승함을 확인하였으며, 이는 피험자의 부교감 신경 활성 증가에 따른 이완 효과와 관련됨을 보고하였다. 이미지 기반 실험에서 Nakamura *et al.*(2019)은 목재 실내 벽면 이미지를 노출한 결과 스트레스 관련 지표인 전전두엽 산소화 헤모글로빈(oxy-Hb) 감소와 긍정적 정서 증가를 보고하였다. Li *et al.*(2021) 역시 40%-60% 범위의 목재 시각 노출에서 가장 높은 주관적 쾌적감을 보고하였다. 최근 VR 기반 연구에서도 목재 시각 자극이 따뜻한 인식을 증가시키고, 조건에 따라 피부전도(SCL) 또는 HRV 변화를 유발할 수 있음이 제시되었다(Kim *et al.*, 2023, 2024).

시각적 목재 환경 노출은 전반적으로 긍정적인 심리적 반응과 신체 이완과 관련된 생리적 반응 변화를 유도하는 경향을 보였으며, 이는 자연 환경 노출이 인지적 부담을 완화하고 정서적 회복을 촉진한다는 주의회복이론(attention restoration theory) 및 스트레스 회복 이론으로 해석될 수 있다고 판단된다(Kaplan, 1995; Ulrich *et al.*, 1991). 다만 생리적 반응의 크기와 방향은 목재 적용 비율에 따라 차이를 보였으며, 다수의 연구에서 약 40%-60% 수준의 중간 적용 범위에서 상대적으로 큰 이완 반응이 보고되었다.

후각적 자극을 평가한 연구는 총 7편으로, 삼나무, 편백, 소나무, 가문비 등 목재에서 유래한 휘발성 유기화합물(VOCs)에 피험자를 노출한 후 심리·생리적 반응을 관찰하였다. Matsubara and Kawai(2014)는 삼나무 VOCs 노출 시 HRV-HF 증가와 타액 코르티솔 감소를 보고하였고, 후속 연구에서는 α -amylase 및 코르티솔 감소와 함께 일부 성별 차이를 보고하였다(Matsubara and Kawai, 2018). 반면 Azuma *et al.*(2016)은 매우 낮은 농도의 향 노출 조건에서는 HRV 및 내분비 지표에서 유의한 변화가 관찰되지 않았음을 보고하였다. Skulberg *et al.*(2019)은 소나무 및 가문비나무 VOC 노출이 피험자의 부정적 생리 반응을 유발하지 않고 비교적 중립적인 반응을 확인하였다. Sun *et al.*(2020)은 삼나무 향 노출 시 혈압과 α -amylase 감소를 관찰하였으나 개인차의 영향을 함께 언급하였다. 또한 Nakashima *et al.*(2023)은 ERP 진폭 증가를 통해 주의 처리와 관련된 중추신경 반응 변화를 보고하였고, Kishida *et al.*(2025)은 편백 VOC 노출 시 분노 및 혼란 감소와 과제 수행 향상을 보고하였다.

촉각 자극을 평가한 연구는 2편으로, 비교적 일관된 이완 반응이 보고되었다. Sakuragawa *et al.*(2008)은 목재 접촉 시 혈압 상승이 나타나지 않은 반면, 금속 재질 접촉에서는 혈압 상승이 관찰되었다. Ikei *et al.*(2018)은 무도장 편백과의 손 접촉 후 전전두엽 oxy-Hb 감소와 HRV-HF 증가를 보고하여, 촉각 경로를 통한 즉각적인 생리적 이완 반응 가능성을 제시하였다.

총 7편의 연구는 시각, 후각, 촉각 또는 환경적 요인을 결합한 다중감각 노출 효과를 평가하였다. 목재가 적용된 사무 환경에서 Fell(2010) 피부전도(SCL) 감소를 보고하였고, Burnard and Kutnar(2020)는 코르티솔 감소 및 스트레스 인식 감소를 보고하였다. Ojala *et al.*(2023)은 무작위 사무실 실험에서 불안 감소를 관찰하였으나 HRV 변화는 제한적이었으며, Kumpulainen *et al.*(2024)은 교차 설계 연구에서 기분 개선과 HRV-LF 증가를 보고하였다. 가상 환경 기반 연구에서는 Kutvonen *et al.*(2024)이 목재 시각 자극과 소나무 향을 결합한 조건에서 스트레스 감소를 보고하였고, Okamoto *et al.*(2024)은 삼나무 침실 환경에서 수면 깊이 증가를 보고하였다. 한편 Shima *et al.*(2025)은 휴식 상황에서는 이완 반응이, 과제 수행 상황에서는 각성 반응이 증가하는 등 실험 맥락에 따라 상이한 반응 양상이 나타남을 보고하였다.

전반적으로 목재 환경은 심리적 및 생리적 반응에 긍정적인 영향을 미칠 가능성을 시사하였으나, 특히 생리적 지표에서는 연구 간 결과의 이질성(heterogeneity)이 두드러졌다. 자율신경계 지표를 사용한 연구들 간에도 HRV-HF 증가, 혈압 감소와 같은 이완 반응이 보고된 경우(Ikei *et al.*, 2017; Tsunetsugu *et al.*, 2007)가 있는 반면, 향 농도가 낮은 환경에서는 유의한 변화가 없었다(Azuma *et al.*, 2016). 또한 일부 연구에서는 심리적 불안 감소가 관찰되었음에도 불구하고 HRV나 SCL과 같은 생리적 지표에서는 일관된 변화가 나타나지 않았다(Kim *et al.*, 2024; Ojala *et al.*, 2023). 이러한 차이는 피험자에 미친 환경의 노출 시간, 자극 강도, 실험 환경 통제 수준의 차이 등에 기인한 것으로 보인다.

중추신경계 지표에서도 유사한 이질성이 확인되었다. NIRS를 활용한 연구에서는 전전두엽 oxy-Hb 감소가 이완 반응의 지표로 해석된 반면(Ikei *et al.*, 2018; Nakamura *et al.*, 2019), VR 기반 연구에서는 뇌파 중 EEG- θ 파 증가와 피부전도 증가가 동시에 관찰되어 각성 반응이 동반될 가능성이 제시되었다(Kim *et al.*, 2023). ERP 기반 연구에서도 뇌 활성 증가는 보고되었는데 이는 주의 또는 정보처리 과정의 변화로 해석될 수 있어, 동일한 ‘뇌 활성 변화’라도 연구 맥락에 따라 해석이 달라질 수 있음을 보여준다(Nakashima *et al.*, 2023).

심리적 지표는 생리적 지표에 비해 상대적으로 일관된 경향을 보였으나, 이 역시 연구 환경에 따라 변동성을 나타냈다. 실험실 또는 이미지 기반 연구에서는 기분 개선 및 피로 감소가 비교적 명확하게 관찰된 반면(Li *et al.*, 2021; Nakamura *et al.*, 2019), 실제 사무 공간이나 주거 공간을 대상으로 한 현장 연구에서는 개인 간 반응 차이가 크게 나타났다(Fell *et al.*, 2010; Sun *et al.*, 2020; Zhang *et al.*, 2016).

3.5. 향후 적용가능한 심리생리학적 지표 제안

본 리뷰를 통해 목재 실내 환경은 시각, 후각 및 촉각 자극을 통해 피험자의 심리적 인식과 생리적 반응에 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 특히 심리적 지표 중 POMS/POMS2 및 TMD와 같은 기분 상태 지표를 적용한 연구에서는 비목재 환경에 비해 긍정적 정서 반응이 향상되는 경향이 관찰되어, 목재 실내 환경의 심리적 효과를 평가하는 데 유용한 지표로 판단된다. 다만 이러한 자기보고식 심리 지표는 주관적 판단에 기반하므로, 정량적 효과를 명확히 제시하는 데에는 한계가 있을 것으로 보인다. 따라서 정량적 효과를 보다 명확히 도출하기 위해서는 심리적 지표와 함께 생리적 지표를 병행하여 적용할 필요가 있다. 본 리뷰를 통해 자율신경계 반응을 반영하는 심박변이도(HRV), 피부전도, 코티솔 호르몬과 같은 스트레스 관련 생리 지표는 목재 실내 환경의 효과를 정량적으로 평가하는 데 활용 가능성이 높다. 그러나 기존 연구들은 주로 단기 노출 조건이나 통제된 실험 환경을 중심으로 수행되어 왔다는 한계가 있으며, 향후에는 실제 생활 환경을 반영한 현장 기반 연구나 장기간 노출 조건을 고려한 연구가 요구된다. 중추신경계 지표(NIRS, EEG, ERP)는 자극에 대한 즉각적인 신경 반응을 포착하는 데 유용하나, 측정 조건과 분석 방법의 표준화가 요구된다. 이에 따라 향후 연구에서는 심리적 지표와 생리적 지표를 상호 보완적으로 선택하고, 자극 유형과 노출 조건에 적합한 핵심 지표를 단계적으로 적용하는 접근이 필요하다.

4. 결론

본 리뷰는 2000년부터 2025년까지 발표된 24편의 실험연구를 종합적으로 검토하여, 목재 실내 환경이 인간의 심리적·생리적 반응에 미치는 효과를 분석하고 이에 사용된 평가 지표를 고찰하였다. 그 결과, 시각·후각·촉각 자극을 통해 목재 환경에 노출된 피험자는 다수의 연구에서 심리적 안정감 증가와 생리적 이완 반응을 보이는 경향을 나타냈다. 이러한 반응은 목재 환경이 인간의 정서적 회복과 생리적 안정에 긍정적인 영향을 미칠 수 있음을 시사한다. 지표 측면에서는 자율신경계 변화와 스트레스 반응을 반영하는 심박변이도(HRV), 코르티솔, 피부전도(SCL)와 같은 생리적 지표와, 기분 상태 변화를 평가하는 POMS와 같은 심리적 지표가 향후 연구 설계에서 활용 가능한 핵심 지표로 확인되었다. 특히 단일 지표보다는 심리적 지표와 생리적 지표를 병행하여 적용하는 것이 목재 환경 효과를 보다 정량적이고 객관적으로 평가하는 데 유리할 것으로 판단된다. 다만, 생리적 지표는 심리적 지표에 비해 노출 환경, 노출 기간, 개인차 등 실험 조건에 민감하게 영향을 받을 수 있다는 한계가 있다. 이에 따라 향후 연구에서는 표본 수 확대, 무작위 실험 설계 적용, 장기간 및 현장 기반 노출 조건을 고려한 연구가 필요하다. 결론적으로, 지표 기반의 목재 환경 효과 연구는 목재가 인간의 심리적·생리적 회복에 미치는 영향을 보다 과학적이고 체계적으로 평가할 수 있는 기반을 제공하며, 건강 중심 및 바이오필릭 건축 설계를 위한 실증적 근거를 제시할 수 있을 것으로 기대된다.