JESK J Ergon Soc Korea 2025; 44(3): 313-323
https://dx.doi.org/10.5143/JESK.2025.44.3.313
https://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

Effects of the Active Noise Canceling Function on Cognitive Performance and Subjective Evaluation in Open Public Environments

Nahyeon Hwang, Yihun Jeong

Keimyung University, Department of Industrial Engineering, Daegu, 42601

공공 개방형 환경에서 능동형 소음 제거 기능이 인지수행 및 주관적 평가에 미치는 영향

황나현, 정이훈

계명대학교 산업공학과

Corresponding Author
Yihun Jeong
Keimyung University, Department of Industrial Engineering, Daegu, 42601
Email : yihunjeong@kmu.ac.kr

Received : March 31, 2025
Revised : June 04, 2025
Accepted : June 06, 2025

Copyright@2025 by The Human Factors & Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

Objective: This study aimed to evaluate the effects of active noise canceling (ANC) earphones on cognitive performance and subjective evaluation in a public open-space environment such as a café, and to verify the effectiveness of active noise canceling (ANC) under various sound environmental conditions.

Background: In recent years, an increasing number of people have been working and studying in public open-space environments such as cafés, shared offices, and open libraries. However, the unpredictable background noise in these spaces can hinder concentration and negatively affect cognitive task performance. Consequently, active noise canceling (ANC) function has gained attention as a potential solution to block such noise effectively, and research is needed to examine whether it positively impacts cognitive performance and user satisfaction.

Method: This study analyzed cognitive performance (Digit Span and N-back Tasks) and subjective evaluation (concentration, accuracy, satisfaction, and discomfort) under different sound environment conditions, including active noise canceling (ANC), transparency, and background sound. Six experimental conditions were created, and participants performed tasks and completed subjective evaluations for each condition. A post-experiment survey was also conducted to assess preferences for each condition.

Results: Under ANC-on conditions (SEC 5, SEC 6), participants showed higher cognitive performance scores, shorter reaction times per score, and more favorable subjective evaluations, including higher levels of concentration, accuracy, and satisfaction, along with lower discomfort. Participants most preferred the ANC-on conditions. In contrast, under transparency mode conditions (SEC 2, SEC 4), subjective evaluations showed lower scores for concentration, accuracy, and satisfaction, and higher discomfort.

Conclusion: The active noise canceling (ANC) function had a positive effect on cognitive performance and subjective satisfaction in public open-space environments and can serve as an ergonomic element to support effective learning and work.

Application: This study verified the effectiveness of active noise canceling (ANC) function in public open-space environments and suggests that future research should

include more diverse age groups and environmental conditions to further evaluate its practical value.

Keywords: Active noise canceling, Cognitive performance, Public environment, Transparency, Concentration

1. Introduction

현대의 학습 및 업무 환경은 점점 더 다양해지고 있으며, 많은 사람들은 카페, 공유 오피스, 개방형 도서관과 같은 공공 개방형 환경(Public open-space environment)에서 학습과 업무를 수행하고 있다. 과거 학습과 업무가 주로 도서관이나 사무실 같은 공식적인 환경에서 이루어졌지만, 최근 들어 보다 개방적인 공간에서 수행되는 사례가 증가하고 있다(Kang et al., 2017; Yi and Seok, 2014). 그러나 공공 개방형 환경에서의 소음은 학습 및 업무 수행에 부정적인 영향을 미칠 수 있다(Ajala, 2012; Gheller et al., 2023; Jahncke et al., 2016). 특히, 주변 소음의 노출 정도가 증가할수록 이용자의 주의력과 기억력이 저하되며, 전반적인 인지 과업(Cognitive tasks)의 수행 효율성에 부정적인 영향을 미칠 가능성이 높다(Moon and Nam, 2010). 이러한 소음 문제를 해결하기 위해 능동형 소음 제거(Active Noise Canceling, ANC) 기능이 주목받고 있으며, 이는 소음 수준을 줄이고 집중력을 향상시키기 위한 효과적인 수단으로 제안되고 있다(Mueller et al., 2022). 능동형 소음 제거(ANC) 기능은 외부 소음을 감지하고 반대 위상의 음향 신호를 생성하여 소음을 상쇄 또는 차단하는 기능이며, 이를 통해 이용자의 귀를 보호하고 집중력을 높이며, 인지 과업 수행을 원활하게 하는 데 도움을 줄 수 있다(Kuo et al., 2018; Na et al., 2012; Shen et al., 2024). 또한 항공기 소음을 감소시켜 비즈니스 출장자들이 주로 사용하며, 현재는 카페에서 공부하는 학생 및 직장인, 대중교통을 이용하는 자들에게도 널리 사용되고 있다(Xiao and Kwak, 2023).

최근 연구에 따르면, 많은 사람들이 학습 및 업무 중 능동형 소음 제거(ANC) 이어폰을 사용하여 소음을 차단하고 집중력을 향상시키고 있다(Radun et al., 2024). 또한, 소음이 존재하는 환경에서도 효율적인 인지 과업 수행이 가능하도록 음향 흡수 및 마스킹 소음 활용 등 다양한 기술적 접근을 제안하고 있다(Haapakangas et al., 2014). 그러나 능동형 소음 제거(ANC) 이어폰이 실제 인지 수행에 미치는 영향에 대한 체계적인 연구는 아직 부족하다. Radun et al. (2024)은 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 사무실 환경에서 작업자의 인지 수행과 스트레스에 미치는 영향을 분석하였다. 그 결과, ANC 기능은 인지수행능력에는 큰 영향을 미치지 않았지만, 작업 환경의 소음 방해를 줄여 사무실을 더 쾌적하다고 느끼게 하는 등 주관적인 경험에는 긍정적인 영향을 미친 것으로 나타났다. Kim et al. (2010)은 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 사무실 환경에서 배경 소음을 효과적으로 차단하고 작업자의 집중력을 유지하는 데 긍정적인 역할을 할 수 있다고 하였다. 하지만 기존 연구들은 상대적으로 일정한 소음 환경에서 능동형 소음 제거(ANC)의 효과를 분석하는데 집중하였으며, 카페 환경과 같이 주변 대화, 배경 음악, 불규칙한 음성 간섭이 혼재된 환경에서 능동형 소음 제거(ANC) 기능의 효과에 관한 연구는 여전히 부족한 편이다. 또한 능동형 소음 제거 기능 외에도 소음에 영향을 미칠 수 있는 다른 기능(배경음 재생, 주변음 허용 등)을 종합적으로 고려하지 않았다. 따라서 본 연구에서는 공공 개방형 환경인 카페에서 이어폰의 다양한 기능(능동형 소음 제거, 주변음 허용, 배경음 재생)을 종합적으로 고려한 소리 환경 조건을 설정하여, 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 인지 수행 및 주관적 평가에 미치는 영향을 확인하고자 한다.

2. Methods

2.1 Participants

본 연구는 총 30 명의 연구 참여자(남성: 15명, 여성: 15명)를 대상으로 수행되었다. 연구 참여자의 평균 연령은 만 22.97세(표준편차: 1.56)이며, 신체적 및 정신적으로 건강하고 근골격계 질환, 청각 문제, 심리적 문제가 없으며, 과거 청각 관련 질환(이명, 난청 등)을 경험한 적이 없는 20대 성인 남녀로 한정하였다. 능동형 소음 제거(ANC) 기능의 효과를 평가하는 과정에서 연구 참여자가 해당 기능의 효과를 인지하거나 평가하는 데 어려움을 겪을 가능성을 줄이고 연구 변수 간의 편차를 최소화하기 위해 능동형 소음 제거(ANC) 기능을 6개월 이상 사용해 본 경험이 있는 사람들을 대상으로 모집하였으며, 실험에 사용된 동일한 제품인 무선 이어폰 AirPods Pro 2 (Apple Inc.)를 사용해 본 사람들만 포함시켰다.

2.2 Experimental environment

본 실험은 카페 환경과 유사한 조건을 조성하기 위해 강의실 양쪽에 스피커가 설치된 공간에서 실험을 진행하였으며, 참가자들에게 균등한 음향 환경을 제공할 수 있도록 구성하였다(Figure 1). 음량수준은 평균 70dB 내외로 설정하였으며, 연구 참여자 위치에서 음량을 측정하여, 모든 연구 참여자가 균등한 음량을 느낄 수 있도록 하였다. 70dB 음량수준은 실제 카페 환경에서 사람들이 밀집된 실내 소음 수준을 측정한 결과를 기반으로 도출하였다. 스마트폰 기반 소음 측정 애플리케이션을 활용하여 대구에 위치한 5개의 카페에서 각각 1시간 동안 소음을 측정하였으며, 측정된 소음 데이터의 평균값을 산출한 결과, 평균 약 70dB로 나타났다. 일반적으로 70dB는 도로변 교통 소음, 청소기 소리, 활발한 대화와 유사한 정도이다. 이 수준의 소음은 장기간 작업적으로 노출되더라도 청력에 유해하지 않은 범주에 속한다(Korea disease control and prevention agency, 2025). 본 연구에서는 약 1시간 정도의 실험이 소요됨으로써 청각에 유해하지 않은 수준의 70dB을 사용하여 실험을 진행하였다.

이를 반영하여, 실험은 카페 환경과 유사하게 재현하기 위하여 유튜브에서 사전 녹음된 카페 배경음(essential;, 2021; Terre ASMR, 2017)을 재생하였다. 카페 배경음에는 사람들의 대화 소음과 카페 배경 음악이 포함된 음원을 사용하였으며, 실험 중 일정한 음량(약 70dB)을 유지하도록 설정하였다. 실험 참가자는 실험 전 과정 동안 동일한 무선 이어폰인 AirPods Pro 2 (Apple Inc.)를 착용하였으며, 무선 이어폰의 기능을 조정/통제하기 위해서는 iPhone 14 Pro (Apple Inc.) 스마트폰을 사용하였다.

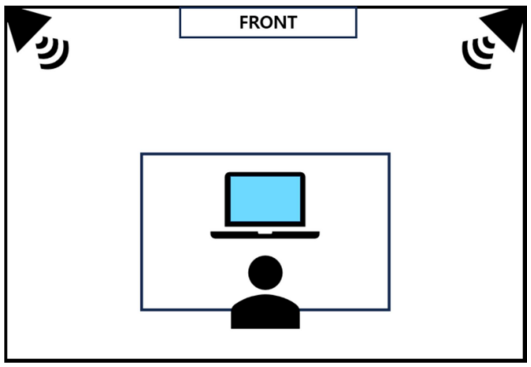


Figure 1. Experimental environment

2.3 Experimental design

본 연구에서는 이어폰의 소리 환경 설정이 인지 수행 및 주관적 평가에 미치는 영향을 분석하기 위해 실험을 설계하였다. 독립변수(Independent variable)는 이어폰의 소리 환경 조건(Sound environmental condition, SEC)이며, 이는 세 가지 요인으로 구성된다. 세부 소리 환경 조건은 Table 1에 제시되어 있다.

- 능동형 소음 제거(Active noise canceling, ANC) 기능 활성: On/Off
- 주변음 허용(Transparency, T): On/Off
  - 외부 소리가 차단되지 않고 자연스럽게 전달되도록 하여, 사용자가 환경적 청각 정보를 인식할 수 있는 기능
- 배경음 재생(Background Sound, BS): On/Off
  - 모든 참가자가 일관된 청각적 환경에서 실험을 수행할 수 있도록 배경음 설정을 통제하였으며, 이어폰 자체 배경음으로는 아이폰(iOS)의 Balanced noise 모드를 사용함. Balanced noise 모드는 배경 소음 기능의 한 종류로 백색 소음(White Noise)과 유사한 음향을 생성하여, 주변 환경의 소음을 상쇄하거나 차단하는 기능을 제공함. 해당 모드의 음량 크기는 최대 100 중 60으로 설정하여 모든 참가자가 동일한 조건에서 실험을 진행하도록 함.

능동형 소음 제거(ANC)와 주변음 허용은 동시에 활성화될 수 없으므로 아래와 같이 총 6가지의 실험 조건이 생성된다(Table 1).

Table 1. Sound Environmental Conditions (SEC)

Variable	Condition	Variable	Condition
SEC 1	ANC: OFF T : OFF BS : OFF	SEC 4	ANC: OFF T : ON BS : ON
SEC 2	ANC: OFF T : ON BS : OFF	SEC 5	ANC: ON T : OFF BS : OFF
SEC 3	ANC: OFF T : OFF BS : ON	SEC 6	ANC: ON T : OFF BS : ON

Note: ANC = Active Noise Canceling, T = Transparency, BS = Background Sound

실험 참가자에게 위 6가지 실험 조건(소리 환경 조건)이 무작위 순서로 배정되었으며, 인지 과업은 Digit span task (DST)와 N-back task (NBT)로 구성되었다. 이 두 가지 과업은 작업 기억(Working memory)을 평가하는 대표적인 인지 과업으로, 다양한 연구에서 인지 수행 능력을 측정하기 위해 사용되었다(Radun et al., 2024; Scharinger et al., 2017). 인지 과업에서 제시되는 문항은 무작위로 선정하여 특정 문항이 실험 결과에 미치는 영향을 최소화하였다.

종속변수(Dependent variable)는 다음과 같이 설정하였다.

- 총 점수(Total score): 참가자가 수행한 각 인지 과업에서 정답으로 맞춘 총 점수
- 점수 대비 반응시간(Reaction time per score, RTPS): 각 인지 과업 수행 완료 시간(Total completion time)을 총 점수(Total score)로 나누어 산출한 값(초 단위)
- 주관적 평가(Subjective evaluation): 집중도(Concentration), 정확성(Accuracy), 만족도(Satisfaction), 불편도(Discomfort)에 대해 7점 Likert 척도를 사용하여 평가

2.4 Experimental procedure

본 연구는 사전 설문, 본 실험(인지 과업 및 주관적 평가), 사후 설문으로 구성되었다. 모든 참가자는 실험 전 연구 목적과 절차를 충분히 안내 받았으며, 실험 과정은 다음과 같이 진행되었다.

실험 시작 전, 참가자의 기본적인 이어폰 사용 경험을 확인하기 위해 인터뷰 형식의 사전 설문을 실시하였으며, 설문 내용은 능동형 소음 제거(ANC) 기능 사용 경험 여부, 능동형 소음 제거(ANC) 기능 사용 목적, 이어폰 사용 시간, 이어폰에서 중요하게 고려하는 요소였다. 사전 설문에 응답이 완료된 후 참가자는 본 실험을 수행하였다.

본 실험은 Digit span task (DST)와 N-back task (NBT)로 구성되었다. 먼저, Digit span task (DST)는 노트북 화면을 통해 랜덤 숫자가 하나씩 차례로 제시되었으며, 참가자는 제시된 숫자를 기억한 후 종이에 작성하도록 하였다. 실험 조건은 6~9개의 숫자가 제시되었으며, 정방향(Forward)과 역방향(Backward) 방식을 각각 수행할 수 있도록 하였다. 정방향 조건에서는 숫자를 제시된 순서로 기입하고, 역방향 기억 조건에서는 숫자를 역순으로 작성하도록 하였다. 해당 과제는 정방향과 역방향 각각 30점으로 총 60점 만점으로 평가되었다.

N-back task (NBT)는 2-back과 3-back 조건에서 진행되었다. 참가자는 화면에 제시되는 랜덤 숫자를 보고, 제시된 숫자가 두 단계(2-back)

또는 세 단계(3-back) 전 숫자와 동일한지를 판단해야 했다. 응답은 O, X 팻말을 사용하여 수행되었으며, 연구자는 응답 내용을 기록하되 실시간 피드백은 제공하지 않았다. 해당 과제는 각 조건별 20점으로 총 40점 만점으로 평가되었다.

본 실험은 이어폰의 소리 환경 조건(SEC)별로 각각 실험을 진행하여 총 6개의 Trial로 구성되었다. 소리 환경 조건은 무작위 순서로 배정되었으며, 각 Trial이 종료 후 참가자는 주관적 평가 설문을 작성하였다. 실험 도중, 각 Trial이 끝날 때마다 참가자들에게 약 1분 정도의 휴식을 제공하여 집중력 저하를 최소화하고 실험의 정확성을 유지할 수 있도록 하였다. 참가자는 실험 중 경험한 음향 환경에 대해 7점 Likert 척도(1점: 전혀 아니다, 2점: 아니다, 3점: 약간 아니다, 4점: 보통, 5점: 약간 그렇다, 6점: 그렇다, 7점: 매우 그렇다)를 사용하여 평가하였으며, 설문 문항은 과업 집중도, 정확성, 만족도, 불편감에 관한 질문으로 구성되었다.

실험 종료 후 참가자는 사후 설문을 작성하였다. 사후 설문지에서는 능동형 소음 제거(ANC), 주변음 허용, 배경음 재생 조건에 대한 선호도를 7점 Likert 척도를 사용하여 평가하였으며, 추가로 6개의 소리 환경 중 가장 선호하는 환경을 선택하도록 하였다.

2.5 Statistical analyses

이번 연구에서 이어폰 소리 환경 조건(ANC, 주변음 허용, 배경음 재생)에 따른 인지 능력의 차이를 분석하기 위해 일원분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였다. ANOVA 결과에서 유의미한 차이가 나타난 경우, 그룹 간 차이를 보다 정확하게 분석하기 위해 사후분석(Post-hoc test)인 다중비교(Multiple comparisons)를 진행하였으며, 다중비교 오류를 보정하기 위해 본페로니 교정(Bonferroni correction)을 적용하였다. 모든 통계 분석은 SPSS Statistics 29 (IBM, USA)를 사용하여 수행하였으며, 유의수준(α)은 0.05로 설정하였다.

3. Results

3.1 Pre-experiment survey

본 실험에 앞서, 이어폰 사용 습관과 능동형 소음 제거(ANC) 기능에 대한 사전 설문을 실시하였다. 모든 응답자들이 능동형 소음 제거(ANC) 기능을 사용한 경험이 있었으며, 사용 목적은 작업 또는 학습(60.0%), 음악(또는 영상), 감상(30.0%), 기타(6.7%), 수면(3.3%), 통화(0%) 순으로 나타났다. 평균적인 이어폰 사용 시간은 3시간 이상 5시간 미만(50.0%), 1시간 이상 3시간 미만(23.3%), 1시간 미만(16.7%), 5시간 이상 7시간 미만(10.0%), 7시간 이상(0%) 순으로 나타났다. 또한, 이어폰 기능에서 가장 중요하게 고려하는 요소는 음질(53.3%), 능동형 소음 제거(ANC), 기능(23.3%), 착용감(23.3%), 디자인(0%), 기타(0%) 순으로 나타났다.

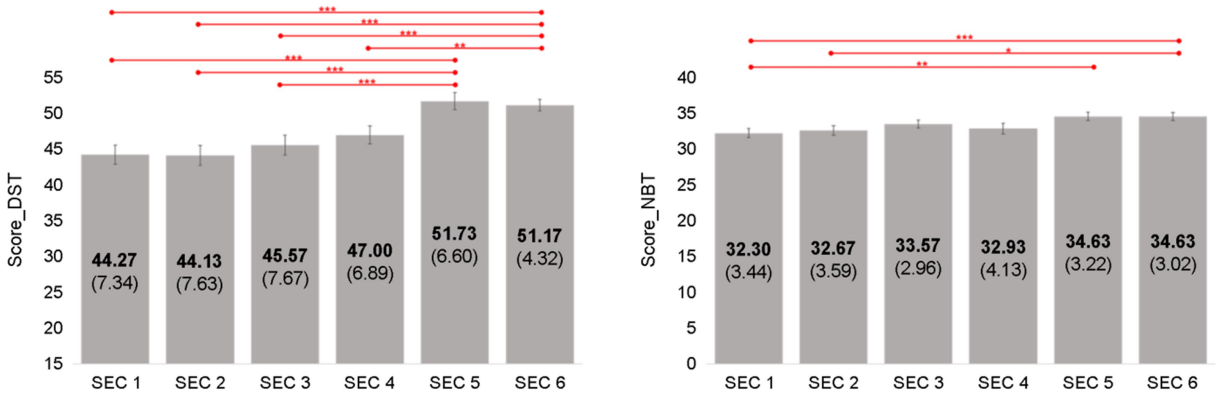
3.2 Main experiment

3.2.1 Scores of digit span and N-back tasks

이어폰의 소리 환경 설정(Sound environmental conditions, SEC)이 인지 과업에 미치는 영향을 분석한 결과, Digit span task (DST)와 N-back task (NBT) 모두에서 인지 과업 점수가 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. Digit span task (DST)에서는 $F(5, 145)=15.877$, $p<0.001$, $\eta^2=0.354$이었으며, N-back task (NBT)에서는 $F(3.55, 102.96)=4.83$, $p=0.002$, $\eta^2=0.143$이었다.

사후분석(Post-hoc test) 결과, Digit span task (DST)에서는 SEC 5는 SEC 1, 2, 3에 비해 통계적으로 유의하게 높은 점수를 보였다. 또한 SEC 6은 SEC 1, 2, 3, 4보다 통계적으로 유의하게 높은 점수를 보였다. 즉, 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 활성화된 조건(SEC 5, SEC 6)에서 수행 점수가 전반적으로 높은 경향을 보였다(Figure 2(a)).

N-back task (NBT)에서는 SEC 5는 SEC 1에 비해 통계적으로 유의하게 높은 점수를 보였으며, SEC 6은 SEC 1과 2보다 통계적으로 유의하게 높은 점수를 보였다. 즉, 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 활성화된 조건(SEC 5, SEC 6)에서 수행 점수가 전반적으로 높은 경향을 보였다(Figure 2(b)). 이와 같이, Digit span task (DST)와 N-back task (NBT) 두 가지 과업 모두에서 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 활성화된 조건(SEC 5, SEC 6)에서 인지 과업 수행 점수가 전반적으로 향상되는 경향을 확인하였다(Figure 2).



(a) (b)

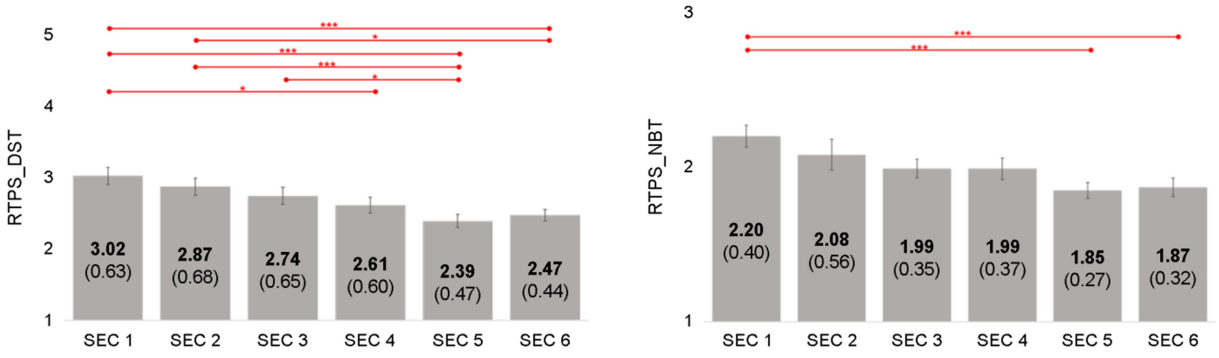
Figure 2. Mean (standard deviation) scores of Digit span and N-back tasks for sound environmental conditions (SEC): (a) Score of Digit span task (Score_DST) and (b) Score of N-back task (Score_NBT). Note: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001. The bar graphs represent the mean scores, and the error bars indicate the standard error of the mean (SEM) for each condition

3.2.2 Reaction Time Per Score (RTPS) of digit span and N-back tasks

이어폰의 소리 환경 설정(SEC)이 인지 과업에 미치는 영향을 분석한 결과, Digit span task (DST)와 N-back task (NST) 모두에서 점수 대비 반응시간(Reaction time per score, RTPS)이 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. Digit span task (DST)에서는 F(5, 145)=10.633, p<0.001, η^2=0.268이었으며, N-Back Task (NBT)에서는 F(3.52, 101.97)=6.98, p<0.001, η^2=0.194이었다.

사후분석(Post-hoc test) 결과, Digit span task (DST)에서는 SEC 5는 SEC 1, 2, 3에 비해 통계적으로 유의하게 점수 대비 반응시간이 단축되었다. 또한, SEC 6은 SEC 1과 2보다, SEC 4는 SEC 1보다 통계적으로 유의하게 점수 대비 반응시간이 단축되었다(Figure 3(a)).

N-back task (NBT)에서는 SEC 5와 SEC 6은 SEC 1에 비해 통계적으로 유의하게 점수 대비 반응시간이 이 단축되었다(Figure 3(b)). 즉,



(a) (b)

Figure 3. Reaction time per score (RTPS) of Digit span and N-back tasks for sound environmental conditions (SEC): (a) Reaction time per score (RTPS) Digit span task (RTPS_DST) and (b) Reaction time per score (RTPS) of N-back task (RTPS_NBT). Note: *p<0.05, **p<0.01, ***p<0.001. The bar graphs represent the mean scores, and the error bars indicate the standard error of the mean (SEM) for each condition

Digit span task (DST)와 N-back task (NBT) 두 가지 과업 모두에서 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 활성화된 조건(SEC 5, SEC 6)에서 점수 대비 반응시간이 단축되는 경향을 보였다(Figure 3).

3.2.3 Subjective evaluation

이어폰의 소리 환경 설정(SEC)이 주관적 평가에 미치는 영향을 분석한 결과, 집중도(Concentration), 정확성(Accuracy), 만족도(Satisfaction), 불편도(Discomfort)의 네 가지 주관적 평가 항목 모두에서 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 집중도에서는 $F(5, 145)=35.581$, $p<0.001$, $\eta^2=0.551$, 정확성에서는 $F(5, 145)=32.358$, $p<0.001$, $\eta^2=0.527$이었으며, 만족도에서는 $F(5, 145)=30.811$, $p<0.001$, $\eta^2=0.515$, 불편도에서는 $F(5, 145)=30.663$, $p<0.001$, $\eta^2=0.514$이었다.

사후분석(Post-hoc test) 결과, 집중도(Concentration), 정확성(Accuracy), 만족도(Satisfaction)에서 SEC 5와 6은 SEC 1, 2, 3, 4에 비해 통계적으로 유의하게 높은 점수를 보였다. 즉, 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 활성화된 조건(SEC 5, SEC 6)에서 집중도, 정확성, 만족도가 증가하는 경향을 보였으며, 특히 SEC 6에서 가장 높은 점수가 나타났다. 반면, 주변음 허용 기능이 활성화된 조건(SEC 2, SEC 4)에서는 집중도, 정확성, 만족도가 상대적으로 낮은 경향을 보였다(Figure 4(a)-(c)).

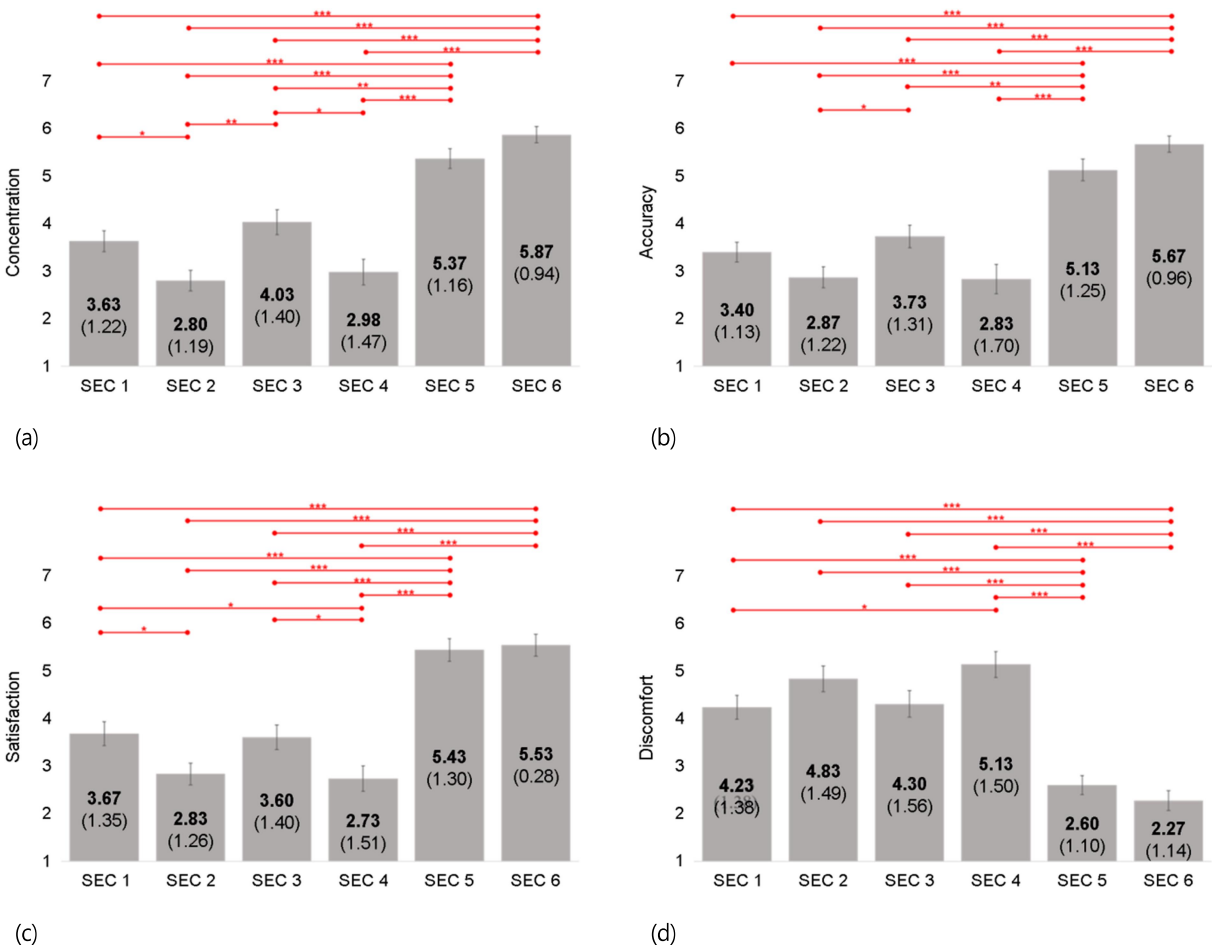


Figure 4. Mean (standard deviation) scores of subjective evaluations for sound environmental conditions (SEC): (a) Concentration, (b) Accuracy, (c) Satisfaction, and (d) Discomfort. Note: *$p<0.05$, **$p<0.01$, ***$p<0.001$. The bar graphs represent the mean scores, and the error bars indicate the standard error of the mean (SEM) for each condition

불편도(Discomfort)에서는 SEC 5와 6이 SEC 1, 2, 3, 4에 비해 통계적으로 유의하게 높은 점수를 보였다. 즉, 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 활성화된 조건(SEC 5, SEC 6)에서 불편도가 감소하는 경향을 보였으며, 특히 SEC 6에서 가장 낮은 불편도 점수가 나타났다. 반면, 주변음 허용 기능이 활성화된 조건(SEC 2, SEC 4)에서는 불편도가 상대적으로 높은 경향을 보였다(Figure 4(d)).

3.3 Post-experiment survey

본 실험 종료 후, 능동형 소음 제거(ANC), 주변음 허용, 배경음 재생 조건에 대한 선호도를 7점 Likert 척도를 사용한 설문을 실시하였다. 능동형 소음 제거(ANC) 기능은 평균 6.27점으로 가장 높은 선호도를 보였으며, 주변음 허용(Transparency) 기능은 평균 2.50점으로 가장 낮은 선호도를 나타냈다. 이어폰 배경음(Background Sound)의 재생 여부에 대한 선호도는 평균 4.57점으로 중간 수준을 보였다.

또한, 참가자들에게 업무 및 학습에 가장 집중할 수 있는 환경을 선택하도록 요청하였으며, SEC 6 (50.0%)과 SEC 5 (40.0%)가 가장 높은 선택 비율을 보였으며, 그 외 SEC 1 (3.3%), SEC 3 (3.3%), SEC 4 (3.3%)는 낮은 선택 비율이 나타났고, SEC 2는 선택되지 않았다(0%). 이는 사용자가 업무 및 학습을 할 때 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 활성화된 조건(SEC 5, SEC 6)을 선호하는 경향을 보여준다.

4. Discussion

본 연구는 공공 개방형 환경에서 이어폰의 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 인지 과업 능력과 주관적 선호도에 미치는 영향을 분석하였다. 연구 결과, 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 활성화된 환경에서 참가자들의 인지 과업 능력과 주관적 만족도가 유의하게 향상된 반면, 주변음 허용(Transparency) 기능이 활성화된 환경에서는 상대적으로 낮은 주관적 평가가 나타났다(Figures 2-4). 구체적으로 살펴보면, 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 활성화된 조건(SEC 5, SEC 6)에서는 Digit span task와 N-back task의 수행 점수가 높았고, 점수 대비 반응시간이 단축되는 경향을 보였다(Figures 2 and 3). 또한 주관적 평가에서도 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 활성화된 조건에서 집중도, 정확성, 만족도가 유의하게 향상되었으며 불편도는 감소하였다(Figure 4). 반면, 주변음 허용 기능이 활성화된 조건(SEC 2, SEC 4)에서는 집중도, 정확성, 만족도는 상대적으로 낮았으며, 불편도는 증가하였다(Figure 4).

능동형 소음 제거(ANC) 기능이 활성화된 조건(SEC 5, SEC 6)에서 Digit Span Task 및 N-Back Task의 인지 과업 점수가 다른 조건보다 높았으며, 점수 대비 반응시간은 단축되는 경향을 보였다(Figures 2 and 3). 이는 능동형 소음 제거 기능이 소음 환경에서도 안정적인 신호 전달을 가능하게 한다는 것을 시사한다(Cheng et al., 2022). 또한, 이러한 기능이 작업 환경을 보다 쾌적하게 만들어 집중도를 향상시키고, 배경 소음을 효과적으로 차단함으로써 인지 과업 수행에 긍정적인 영향을 미쳤다고 해석할 수 있다(Mueller et al., 2022; Shen et al., 2024). 주관적 평가에서도 능동형 소음 제거 기능이 활성화된 조건(SEC 5, SEC 6)에서 집중도, 정확성, 만족도가 높게 평가되었으며, 불편도는 가장 낮게 평가되었다(Figure 4). 또한, 사후 설문 결과에서도 능동형 소음 제거 기능이 가장 높은 평가를 받았다. 따라서, 능동형 소음 제거 기능은 배경 소음을 효과적으로 차단함으로써 인지 수행 능력과 주의 집중력을 향상시키는 데 기여할 수 있다.

주변음 허용 기능이 활성화된 조건(SEC 2, SEC 4)에서는 인지 과업 점수 및 점수 대비 반응시간에서 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 집중도, 정확성, 만족도는 상대적으로 낮았고, 불편도는 높은 수준으로 평가되었다(Figures 2-4). 또한 사후 설문 결과에서도 주변음 허용 기능이 가장 낮은 평가를 받았다. 이러한 결과는 외부 소음을 인식할 수 있는 환경이 인지 수행 및 학습 능력에 부정적인 영향을 미칠 수 있으며, 외부 소음 차단이 집중력 향상에 중요한 역할을 한다는 점을 시사한다(Trimmel et al., 2012). 또한, 주변음 허용 기능이 활성화되면 외부 소리가 지속적으로 유입되어 주의력 통제가 약화되고, 작업 수행 중 비효율적인 정보 처리가 증가할 가능성도 있다(Yang and Wang, 2023).

본 연구는 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 배경 음악이 재생되는 카페와 같이 공공 개방형 환경에서 인지 과업 수행을 향상시킬 수 있음을 확인하였다. 최근 카페, 공유 오피스, 개방형 도서관 등에서 학습 및 업무를 수행하는 이용자가 증가하고 있으며, 본 연구 결과는 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 소음이 많은 환경에서 인지 수행 능력 향상에 기여할 수 있음을 보여주었다. 특히, 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 활성화된 상태에서의 인지 수행 능력, 집중도 및 만족도 등이 유의하게 향상됨을 확인하였으며, 이는 학생 및 직장인들에게 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 유용하게 활용될 가능성이 높음을 시사한다. 또한 ANC 기술은 학습이나 업무 뿐 아니라 다양한 분야에서도 중요한 역할을 할 수 있다. 예를 들어, 공공장소나 대중교통, 장시간 비행을 하는 승객들에게 소음을 차단하고 집중도

를 높이는 데 큰 도움이 될 수 있다. 하지만, 주변음 허용 기능은 외부 소음으로 인해 주의를 분산시키는 역효과를 초래할 수 있다. 이러한 결과는 카페와 같은 환경에서 학습하는 사람들을 고려할 때, 배경 소음이 집중력에 반드시 긍정적인 영향을 미치지는 않을 수 있음을 시사한다. 실제로 주변음 허용 기능을 활성화한 상태에서는 수행 능력이 저하되는 경향이 나타났으며, 이는 불규칙한 소음이 집중을 방해하고 인지적 부담을 증가시킬 수 있음을 보여준다(Trimmel et al., 2012).

본 연구는 몇 가지 한계점을 가진다. 첫째, 본 연구의 참가자는 모두 대학생으로 연구 결과를 다양한 연령대 및 직업군으로 일반화하는데 한계가 있다. 향후 연구에서는 보다 다양한 연령층과 직업군을 포함한 연구가 필요하다. 둘째, 본 연구는 실험실 환경에서 카페 소음을 재현하는 방식으로 진행되었으나, 이는 실제 공공 개방형 환경과 일부 차이가 있을 수 있다. 특히, 실험실에서의 소음 환경은 실제 카페나 도서관에서 발생하는 소리 상황과 다를 수 있으며, 이는 실험 결과에 영향을 미칠 가능성이 있다. 따라서 향후 연구에서는 현장과 더욱 유사한 환경 설정을 하거나 실제 현장에서 연구를 수행하여 보다 실질적인 결과를 도출할 필요가 있다. 셋째, 본 연구에서 인지 과업에 대한 답변은 연구 참여자가 숫자를 종이에 기입하거나 팻말을 드는 방식으로 진행되었다. 그러나 이러한 방식은 연구 참여자에게 motor control 부하를 추가적으로 요구할 수 있다. 따라서 추후 연구에서는 키보드 입력이나 구두 응답 녹음 방식 등으로 motor control 부하를 최소화할 수 있도록 실험 환경을 설계할 필요가 있다. 넷째, 본 연구는 ANC 기능을 사용해 본 경험이 없는 사람들을 연구 대상에서 제외하였다. 그러나 ANC 기능을 처음 접하는 사용자는 초기 사용 시 불편함을 느낄 수 있으며, 이는 학습이나 업무 수행에 방해가 될 수 있다. 따라서 향후 연구에서는 ANC 기능을 처음 사용하는 참가자도 포함시켜, 기능에 대한 초기 적응 과정과 그로 인한 효과를 분석할 필요가 있다. 마지막으로, 본 연구는 능동형 소음 제거, 주변음 허용, 배경음 재생이라는 3가지 주요 변수를 중심으로 실험을 설계하였으나, 소음 유형, 음량 변화 등 다른 소리 환경 변수는 고려하지 않았다. 향후 연구에서는 다양한 소음 환경을 고려하여 능동형 소음 제거 기능의 효과를 보다 정밀하게 분석할 필요가 있다.

5. Conclusion

본 연구는 공공 개방형 환경에서 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 인지 수행 및 주관적 평가에 미치는 영향을 분석하였다. 실험은 다양한 소리 환경 조건(능동형 소음 제거, 주변음 허용, 배경음 재생)에서 참가자들이 인지 과업을 수행하고, 수행 결과 및 주관적 평가를 비교하는 방식으로 진행되었다. 연구 결과, 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 활성화된 조건에서 참가자들의 인지 수행 점수는 유의하게 높았고, 점수 대비 반응시간은 단축되었다. 주관적 평가에서는 집중도, 정확성 및 만족도가 증가하고 불편도는 감소하는 경향을 보였다. 반면, 주변음 허용 기능이 활성화된 조건에서는 주관적 평가에서 집중도, 정확성 및 만족도가 낮게 나타났으며, 불편도가 높게 평가되었다. 이는 예측 불가능한 외부 소음이 인지 과업 수행에 방해가 될 수 있으며, 이러한 소음을 차단해주는 기술이 인지 수행 능력을 향상시킬 수 있음을 의미한다. 또한, 참가자들은 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 활성화된 조건을 가장 선호하였으며, 이는 단순한 성능 차이를 넘어 사용자 경험 측면에서도 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 긍정적으로 작용함을 보여준다. 실제로 능동형 소음 제거(ANC) 기능은 카페, 오피스 환경, 개방형 도서관 등과 같은 현대의 다양한 학습 및 업무 공간에서 사용자의 집중 환경을 조성하는데 중요한 역할을 할 수 있다. 특히 불규칙한 대화 소음 및 카페 배경음과 같은 소음이 혼재된 환경에서도 능동형 소음 제거 기능(ANC)은 안정적인 인지 수행을 가능하게 하며, 이는 인간공학적 설계 요소로서의 가능성을 시사한다.

본 연구는 능동형 소음 제거(ANC) 기능을 지닌 이어폰이 공공 개방형 환경에서 이용자의 인지 수행과 주관적 평가에 영향을 미치는지 파악함으로써, 능동형 소음 제거(ANC) 기능이 단순한 청각 보조 도구를 넘어, 공공 개방형 환경에서의 효율적인 학습과 업무 수행을 위한 인간공학적 설계 요소로 기능할 수 있음을 보여주었다. 향후 연구에서는 다양한 연령대와 환경 조건을 고려한 확장된 실험이 필요하며, 보다 정교한 소음 유형과 실제 환경 기반의 분석을 통해 능동형 소음 제거(ANC) 기능의 실효성을 더욱 정밀하게 검증할 수 있을 것이다.

References

Ajala, E.M., The influence of workplace environment on workers' welfare, performance and productivity, *The African Symposium*, 2012.

Cheng, H.L., Han, J.Y., Zheng, W.Z., Cheng, Y.F., Chu, Y.C., Lin, C.M., Chiang, M.C., Liao, W.H. and Lai, Y.H., Objective signal analysis

for investigating feasibility of active noise cancellation in hearing screening, *Sensors*, 22(19), 7329, 2022.

essential;, Trendy coffee shop playlist, *YouTube*, 2021, https://www.youtube.com/watch?v=VVc7X4lSO4w&t=322s (retrieved November 20, 2024).

Gheller, F., Spicciarelli, G., Scimemi, P. and Arfé, B., The effects of noise on children's cognitive performance: A systematic review, *Environment and Behavior*, 55(8-10), 698-734, 2023.

Haapakangas, A., Hongisto, V., Hyönä, J., Kokko, J. and Keränen, J., Effects of unattended speech on performance and subjective distraction: The role of acoustic design in open-plan offices, *Applied Acoustics*, 86, 1-16, 2014.

Jahncke, H., Björkeholm, P., Marsh, J.E., Odelius, J. and Sörqvist, P., Office noise: Can headphones and masking sound attenuate distraction by background speech?, *Work*, 55(3), 505-513, 2016.

Kang, S., Ou, D. and Mak, C.M., The impact of indoor environmental quality on work productivity in university open-plan research offices. *Building and Environment*, 124, 78-89, 2017.

Kim, S.C., Park, K.S. and Kim, K.W., The study on affecting subject accomplishment by noise, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 29(1), 121-128, 2010.

Korea disease control and prevention agency, Noise in daily life, 2025, https://health.kdca.go.kr/healthinfo/ (retrieved May 25, 2025).

Kuo, S.M., Chen, Y.R., Chang, C.Y. and Lai, C.W., Development and evaluation of light-weight active noise cancellation earphones. *Applied Sciences*, 8(7), 1178, 2018.

Moon, S.K. and Nam, H.D., Active Noise Cancelling Headphone using Adaptive Beam-forming Techniques. *The Transactions of The Korean Institute of Electrical Engineers*, 59(9), 1699-1701, 2010.

Mueller, B.J., Liebl, A., Herget, N., Kohler, D. and Leistner, P., Using active noise-cancelling headphones in open-plan offices: No influence on cognitive performance but improvement of perceived privacy and acoustic environment, *Frontiers in Built Environment*, 8, 962462, 2022.

Na, W.S., Kim, K.W., Jung, S.D., Lee, J.W., Jung, J.Y. and Suh, M.W., Effect of active noise cancelling earphones on preferred listening level when listening to portable music players in noisy environments, *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, 55(7), 415, 2012.

Radun, J., Tervahartiala, I.K., Kontinen, V., Keränen, J. and Hongisto, V., Do active noise-cancelling headphones' influence performance, stress, or experience in office context?, *Building and Environment*, 266, 112102, 2024.

Scharinger, C., Soutschek, A., Schubert, T. and Gerjets, P., Comparison of the working memory load in N-back and working memory span tasks by means of EEG frequency band power and P300 amplitude, *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 6, 2017.

Shen, X., Shi, D., Luo, Z., Ji, J. and Gan, W.S., A survey of integrating wireless technology into active noise control, In *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings* (Vol. 270, No. 10, pp. 1624-1637), Institute of Noise Control Engineering, 2024.

Terre ASMR, Korean Cafe Noise (100min)/white noise/ambient sound, *YouTube*, 2017, https://www.youtube.com/watch?v=GvYr7avbmAo&t=1587s (retrieved November 20, 2024).

Trimmel, M., Atzlsdorfer, J., Tupy, N. and Trimmel, K., Effects of low intensity noise from aircraft or from neighbourhood on cognitive learning and electrophysiological stress responses, *International Journal of Hygiene and Environmental Health*, 215(6), 547-554, 2012.

Xiao, X. and Kwak, D.Y., Suggestions for Improvement of Noise Cancelling Headphones by Comparison of Usability Evaluation, *Journal of the Korean Society Design Culture*, 29(4), 213-227, 2023.

Yang, L. and Wang, Y., The effect of motivational and instructional self-talk on attentional control under noise distraction, *Plos One*, 18(9), e0292321, 2023.

Yi, B.J. and Seok, Y.M., Cafe, Performative Place and Daily Learning of Korean: Discussion about Cultural Cognition, *The Journal of Humanities*, 35, 217-240, 2014.

Author listings

Nahyeon Hwang: nahyeon2283@naver.com
Highest degree: Undergraduate student, Department of Industrial Engineering, Keimyung University
Position title: Student, Department of Industrial Engineering, Keimyung University
Areas of interest: Workplace Design, Usability Evaluation

Yihun Jeong: yihunjeong@kmu.ac.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, Seoul National University
Position title: Assistant Professor, Department of Industrial Engineering, Keimyung University
Areas of interest: Cognitive Ergonomics, Usability Evaluation, Vehicle Ergonomics, Safety