

# 리듬 산출 검사 어플리케이션 Beat Processing Device 개발

정현주<sup>1</sup>, 문주형<sup>2</sup>, 한은영<sup>3</sup>, 최진희<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>이화여자대학교 음악치료학과 교수, <sup>2</sup>보스턴대학교 컴퓨터학과 박사후연구원,  
<sup>3</sup>해운대백병원 신경과 임상연구원, <sup>4</sup>이화뮤직웰니스연구소 센터 선임연구원

## Development of Beat Processing Device for Rhythm Production Assessment

Hyun Ju Chong<sup>1</sup>, Ju Hyoung Mun<sup>2</sup>, Eunyoung Han<sup>3</sup>, Jin Hee Choi<sup>4\*</sup>

<sup>1</sup>Professor, Department of Music Therapy, Ewha Womans University

<sup>2</sup>Postdoctoral associate, Department of Computer Science, Boston University

<sup>3</sup>Clinical Researcher, Department of Neurology, Haeundae Paik Hospital

<sup>4</sup>Senior Researcher, Ewha Music Wellness Research Center

**요약** 본 연구의 목적은 리듬 산출 시 수행 정확도를 정밀하게 수집, 저장하기 위한 모바일 어플리케이션 'Beat Processing Device(이하 BPD)' 개발에 있다. 이를 위하여 총 3단계의 개발 과정을 거쳤다. 1단계에서는 문헌 조사를 통해 기존 노인 인지 기능 훈련을 위해 사용된 리듬꼴들을 수집, 비교, 분석함으로써, 리듬 산출 과제 구성에 필요한 4개의 리듬꼴 문항을 확정하였다. 2단계에서는 확정된 4개의 리듬꼴 문항이 탑재된 iOS 기반 모바일 어플리케이션을 개발하였으며, 예비 테스트를 통해 디바이스 종류, 사용할 악기 음색, 구현할 실험 종류 등을 최적화하였다. 마지막 단계인 3단계에서는 노인 60명을 대상으로 본 기기와 미디(MIDI)로 수집한 리듬 산출 데이터를 비교하여, BPD의 실효성과 타당성, 정밀함을 검증하였다. 본 연구에서 개발된 BPD는 인지기능 강화를 위한 리듬 수행력 증진을 평가할 수 있는 유용한 도구로 다양한 현장에서 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

**주제어** : 리듬 산출, 리듬 인지, 인지 기능, 인지 훈련, 모바일 어플리케이션

**Abstract** The aim of this study was to develop a mobile application 'Beat Processing Device (BPD)' to record and quantify the data for the performance accuracy of rhythm production. BPD has been developed in three phases. First, we reviewed studies that used rhythm as main intervention strategy to improve cognitive functioning of older adults, and derived four basic rhythm idioms. Second, we developed an iOS-based mobile application, optimized the device, the instrument tone, and the measurement variables through preliminary test. Lastly, we tested the mobile application by comparing the performance data obtained from MIDI and BPD from 60 older adults. The device was shown to be reliable and consistent with other mode of measurement and analysis. Conclusively, BPD can be a useful tool for assessing rhythm production ability in the course of cognitive skills training.

**Key Words** : rhythm production, rhythm perception, cognitive function, cognitive training, mobile application

\*This work was supported by the Ministry of Education of the Republic of Korea and the National Research Foundation of Korea(NRF-2017S1A5A2A01025040)

\*Corresponding Author : Jin Hee Choi(genie@ewhain.net)

Received February 18, 2020

Accepted July 20, 2020

Revised June 15, 2020

Published July 28, 2020

## 1. 서론

### 1.1 연구 필요성 및 목적

인간을 둘러싸고 있는 외부 자극의 처리에는 인지 기능이 요구된다. 인간의 삶에 필수적인 인지 기능은 발달 연령 및 훈련 정도에 따라 달라지므로, 일반 아동에서 치매 노인에 이르기까지 인지 기능을 증가 또는 유지시키기 위한 다양한 방법이 제안되고 있다. 음악 활동은 다감각 자극을 제공하므로 인지 훈련에 매우 효과적이며, 감상, 가창, 악기 연주 등 종류를 막론하고 모든 음악 활동의 바탕에는 리듬이 있다[1,2].

음악 요소 중 리듬은 소리(비트)가 일정한 시간적 패턴에 근거하여 나열된 것이다[3]. 리듬의 산출에는 지각, 인지, 운동 등 복합적인 감각 능력이 요구되며[4,5], 구체적으로 다음 3단계의 정보 처리 과정을 거친다. 1단계에서는 제공된 리듬 정보를 귀를 통해 지각하고, 단기 감각 기억의 도움을 받아 이를 저장한다. 2단계에서는 작업 기억과 장기 기억을 활용하여 소리 정보들을 어떻게 처리하고 이에 반응할지 결정하며(response selection), 3단계에서는 선택한 반응을 실제로 실행하기(response execution) 위해 필요한 신체 움직임들을 계획하고 조절한다. 이와 같이 리듬 산출에는 시공간적으로 제시된 정보를 지각하고 조직화(grouping)하며, 근육과 운동 협응을 통하여 저장된 박의 구조를 산출하는 통합적인 과정이 필요하다[6-8]. 따라서 이 중 어느 한 영역이라도 능력이 저하되면 리듬 산출 수행 시 영향을 받을 수 있다.

리듬을 듣고 모방하여 재현하는 능력은 인지 기능과 관련이 있으며, 리듬꼴 구성은 난이도에 영향을 준다고 꾸준히 보고되고 있다[8-13]. 이를 확인하기 위해 연구자들은 특정 조건의 리듬을 들려준 후, 산출된 리듬이 얼마나 정확하게 재현되는지 평가해왔다. 즉, 재현된 리듬 정확도를 이용해 주의력, 집행 기능, 작업 기억, 인지적 유연성 등 다양한 인지 기능과의 관련성을 확인했고[12-14], 어떠한 리듬 조건에서 리듬 산출 수행력이 높아지는지에 대해 살펴보았다[10,11].

이처럼 리듬 인지 및 수행과 관련된 연구는 다양한 리듬 조건과 대상군으로 확장되어 왔으나[15,16], 기존 연구들에서는 리듬이 제시되는 속도와 박자가 일정하지 않거나, 자료 수집 방법이 상이하여 신뢰성과 정확성 확보에 어려움이 있었다. 구체적으로 살펴보면, 초반 연구들에는 리듬 산출 관련 수행 정보를 수집하기 위해 드럼 패드 소리를 녹음하여 분석했으나, 신뢰성과 정확성을 확실하게 보장하지는 못했다. 이후 이를 보완하기 위해 데이

터 수집에 컴퓨터를 활용하는 연구들이 나타났다. 즉 미디(Musical Instrument Digital Interface, MIDI)를 이용하여 건반에 컴퓨터를 연결하고 리듬 데이터 수집을 시도한 것이다. 하지만 이 방법도 전용 소프트웨어가 없기 때문에, 분석을 하기 위해서는 데이터베이스 파일을 열고 컴퓨터 화면을 통해 육안으로 데이터를 하나씩 보면서 필요한 시점의 시간 정보를 일일이 수작업으로 모아야 했다[17,18]. 이처럼 데이터 수집에 많은 시간과 노력을 들여왔으나, 수동 작업을 거치다보니 자료 수집 과정에서 신뢰성과 정확성이 저하될 가능성이 있었다.

이에 본 연구에서는 리듬 산출 수행력을 보다 정밀하고 편리하며 효율적으로 측정하기 위해 아이패드 어플리케이션(App)인 Beat Processing Device(이하 BPD)를 개발하였다. BPD의 기능은 크게 두 가지로, 첫째, 객관적이고 일관되게 리듬 산출 과제를 제시하는 것과, 둘째, 대상자가 제시된 리듬을 듣고 탭핑한 시점, 유지 길이 등 리듬 산출에 관련된 시간 정보를 정밀하게 저장하는 것이다.

### 1.2 연구범위 및 용어 정의

본 연구에서의 리듬 산출은 특별히 선정된 4가지 리듬꼴을 무작위로 1회 듣고 이를 모방하여 우세손 손가락으로 아이패드 화면 위에 탭핑하는 것을 말한다. BPD는 궁극적으로 다양한 대상군의 리듬 산출 정보 수집을 목적으로 하고 있으나, 본 연구에서 개발한 BPD는 개발 첫 단계인 만큼 우선 노인의 리듬 산출 정보만을 수집하기로 하였다.

## 2. 연구 절차 및 내용

BPD 개발은 다음 세 단계의 절차를 거쳤다. 1단계에서는 노인 대상군에 적합한 리듬꼴 문항을 선정했다. 이는 BPD에서 리듬 산출 과제로 제시되는 리듬 구성, 즉 리듬꼴 문항이 대상군의 특성에 따라 달라져야 하기 때문이다. 2단계에서는 어플리케이션을 개발하여 모바일 기기에 구현하였고, 노인 15명을 대상으로 실제 사용 가능성을 확인한 뒤, 이에 근거하여 세부 사항들을 수정 및 보완하였다. 3단계에서는 건강 노인 60명을 대상으로 인지 기능과 리듬 수행력 데이터를 수집 및 분석하였으며, 미디(MIDI)로 수집된 데이터와 비교하여 BPD의 실효성과 신뢰성, 정밀성을 검증하였다.

### 2.1 1단계 : 리듬꼴 문항 선정

본 연구의 1단계에서는, 노인 인지 기능 강화를 위해 사용된 리듬 패턴에 대한 기존 선행연구들을 살펴보고 [8-11], 이를 근거로 어플리케이션에 탑재할 리듬꼴 문항을 규명하였다. 다양한 리듬을 제시하고 이를 재현함으로써 수행력을 측정하는 연구들은 유아에서 노인까지 다양한 연령대에서 시도되었으며, 공통적으로 3박 구조보다 2박 구조의 리듬구성에서 정확도가 높았다. Table 1 참고. 이에 일정한 패턴이 있는 2박 구조의 리듬꼴을 우선 선정하였다.

Table 1. Rhythmic patterns in the Studies

Study List	Participants	Rhythmic patterns	implications
Drake (1993)	adults (musicians, nonmusicians) & children (5 years old, 7 years old)	18 rhythmic patterns (simple or complex binary, simple or complex ternary)	Binary subdivisions are most accurately reproduced
Wolf (2004)	165 kindergarten children	30 rhythmic patterns (duple or triple meter patterns)	Duple meter patterns are easier than triple meter patterns
Wu et al. (2013)	12 adults	Rhythms formed with exclusively binary (1:2:4:8), non-binary integer (1:3:5:6), and non-integer (1:2.3:5.3:6.4) ratios	The (1:2:4:8) rhythm type was most accurately reproduced
Iannarilli et al. (2013)	17 adults	3 rhythmic patterns (irregular or two repeated segmentation)	The two repeated segmentation was most accurately reproduced

또한 노인의 인지수준(단기 기억 용량)에 대한 고려가 필요하므로[21], 모든 리듬 문항의 비트가 7±2로 최대 9개를 넘지 않도록 구성되 제시된 리듬의 총 시간적 길이가 동일하도록 구조화하였다. 이렇게 최종 선정된 리듬꼴은 총 4개로, 박 간의 간격이 일정한 기본 리듬꼴 1개, 기본 박의 하위분할로 구성된 리듬꼴 1개, 박 간의 간격이 1:2인 리듬꼴 2개씩 총 4개이다. Table 2 참고

Table 2. Rhythm Idioms for Rhythm production tasks

Rhythm	Idiom
1	♪ ♪
2	♪♪♪♪
3	♪♪♪
4	♪ ♪♪

### 2.2 2단계 : 어플리케이션 개발 및 구현

BPD 개발 2단계에서는 swift로 iOS기반 모바일 어플리케이션을 개발하고, 1단계에서 선행 연구를 통해 규명한 리듬꼴 문항들을 탑재하였다. 초기 버전 개발 후, 노인 15명을 대상으로 예비 실험을 시행했으며, 이를 통해 디바이스 종류, 사용할 악기 음색, 실험 종류 등 세부 사항을 수정하고 기능을 추가, 보완함으로써 어플리케이션을 최적화하였다. 자세한 과정은 다음과 같다.

#### 2.2.1 BPD 초기 버전 개발

최초 개발 과정에서 사용된 디바이스는 아이패드 미니이다. 피실험자의 리듬 산출을 위해 기기에서 제시되는 리듬꼴은 피아노 소리(Key: C)를 사용했고 60 bpm의 속도로 제시하였다. 제시되는 리듬꼴을 듣고 피실험자가 동일하게 재현하는 리듬은 북 소리를 사용하였다.

BPD는 내재박 측정, 리듬 변별력 측정, 리듬 산출 능력 측정의 총 3가지 기능을 수행하는 것을 목적으로 한다. 이에 위의 세 가지 실험을 수행하기 위한 4개의 화면으로 본 어플리케이션을 구성하였다. (Fig. 1 참고)

첫 번째 화면은 피실험자 정보를 입력하기 위한 것이다. 본 화면에서는 피실험자 식별 코드, 성별, 나이 등을 저장할 수 있으며, 입력받은 피실험자 식별 코드와 실험 시간을 프리픽스로 하여 실험 별 결과를 저장한다.

두 번째 화면은 피실험자의 내재박을 측정하기 위한 실험을 수행하기 위한 것이다. 두 번째 화면에서는 Fig. 1에서 볼 수 있는 것과 같이, 중앙에 원이 위치한 화면이 제시된다. 피실험자가 편한 박자에 맞추어 아이패드 화면을 두드리면, 화면에 손이 닿은 시점과 화면에서 손을 떼 시점, 그리고 손이 닿았던 위치 정보 등을 저장한다. 시간은 피실험자가 최초로 화면에 터치한 순간을 0으로 하여 초 단위로 기록하며, 소수점 15째 자리 수까지 수집하였다. 이는 피실험자의 리듬 재현 능력을 매우 정확하게 측정, 기록하기 위한 것이다.

세 번째 화면은 리듬 변별력을 측정하기 위한 것이다. 피실험자는 연속으로 재생되는 두 가지의 리듬 패턴을 듣고 두 가지 리듬이 동일한지 다른지를 화면에 제시된 O/X 기호를 터치하여 선택하게 된다. 본 화면에서는 총 3가지 문항을 무작위한 순서로 제시하며, 실험 순서와 문항별 피실험자의 응답을 저장한다.

네 번째 화면은 리듬 산출 능력을 측정하기 위한 것이다. 내재박 측정실험과 동일한 Fig. 1과 같은 화면이 제시되며, 피실험자는 제시된 리듬을 듣고 화면을 두드려

본인이 들은 리듬을 재현한다. 본 연구 1단계에서 문헌 고찰을 통해 규명한 4개의 리듬 문항 Table 1 과 같이 무작위 순서로 제시되며, 각 문항은 6번씩 반복된다. 피 실험자에 의해 재현된 리듬 저장방식은 내재박과 동일하다.

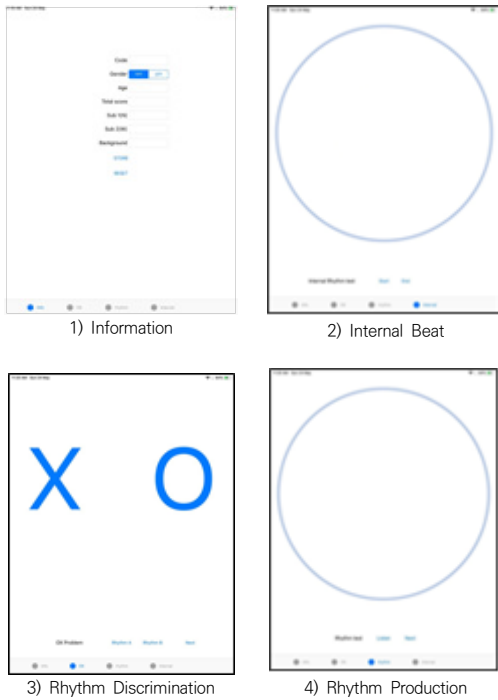


Fig. 1. Rhythm Tapping Task Display (1st version)

### 2.2.2 예비 실험을 통한 BPD 최적화

BPD 초기 버전의 기능을 검증하기 위해, 예비 실험을 수행하면서 디바이스 종류, 사용할 악기 음색, 실험 종류 등을 최적화하였다. 구체적인 수정 사항들은 다음과 같다.

첫째, 실험 중에 작은 크기의 아이패드 미니가 불편하다는 의견을 반영하여 크기가 더 큰 아이패드 에어를 대상으로 기기를 변경하였다.

둘째, 초기 버전에 탑재된 3가지 실험(내재박 측정, 리듬 변별력 측정, 리듬 산출 능력 측정)에 추가로 리듬 동기화 능력 측정을 위한 실험을 탑재하였다. 따라서 최종 버전은 총 4가지 실험을 수행하기 위한 5가지 화면으로 구성되었다. Fig. 2 참고

셋째, 리듬 실험에 사용된 화면은 예비 버전과 유사하지만 Fig. 3과 같이 동심원이 중첩되어 있는 두 개의 원 형태로 구성하였다. 이는 피실험자로 하여금 가능하면 중심에 해당하는 안쪽의 원을 두드리도록 시각적으로 제시

하기 위함이다. 이렇게 하여 피실험자의 운동 능력과 리듬 재현 능력과의 연관성을 평가할 수 있도록 하였다.

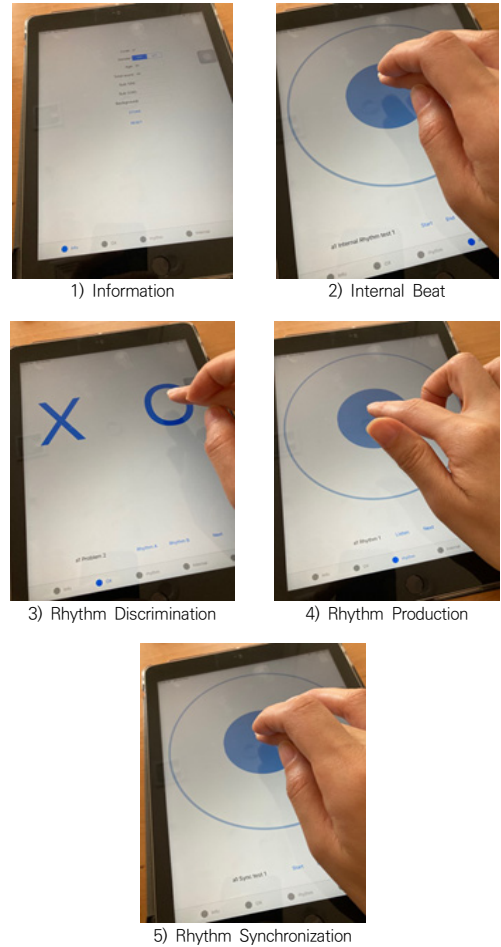


Fig. 2. Rhythm Tapping Task Display (2nd version)

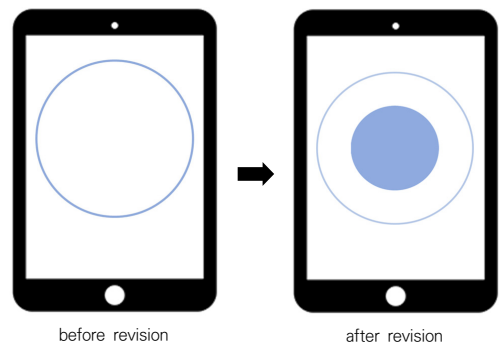


Fig. 3. Revised Rhythm test Display

넷째, 리듬 산출 과정에서 음색의 차이가 방해 요소로 작용할 수 있다는 가능성을 고려하여, 실험에 사용한 리듬 음원을 모두 우드 블록(Wood block) 소리로 통일했다. 즉, BPD 초기 버전에서는 리듬 문항이 피아노 소리로 제시되고, 피실험자가 산출한 리듬은 북 소리로 재현되었는데, 두 가지 소리를 모두 우드 블록으로 통일하였다. 다양한 악기 소리 중 우드 블록을 선택한 이유는, 실험자들에게 비교적 울림이 적고 선명한 소리를 제공하기 위해서이다.

다섯째, 피실험자의 내재박을 측정하기 위한 실험이 세분화되었다. 피실험자가 가장 편안하게 느끼는 박자에 관한 실험만 수행하였던 초기 버전과 달리 BPD 최종 버전에서는 피실험자가 느끼는 가장 빠른 박자와 가장 느린 박자의 실험을 추가하여 총 3가지 경우에 대하여 실험을 수행하고 이를 기록하게 하였다.

여섯째, 리듬 동기화 능력을 측정하기 위한 실험이 새롭게 추가되었다. 이 실험은 피실험자가 변화하는 리듬의 변화를 감지하고 이를 재현할 수 있는지를 측정하기 위한 것으로, 5번째 화면에서 수행한다. 본 화면에서는 Table 3에서 제시된 것처럼 Tempo 변화를 갖는 세 가지 리듬 문항이 무작위한 순서로 제시된다. 리듬 문항이 제시된 후에 변별력이나 산출 능력을 측정하는 다른 실험과 달리 리듬 문항이 제시되는 동안 피실험자는 제시되는 리듬과 동일하게 아이패드를 두드리면서 실험을 수행하는데, 이 때문에 피실험자가 화면을 두드릴 때 나는 효과음은 넣지 않았다. 앱에서는 피실험자가 리듬 재현을 위하여 아이패드 화면을 두드릴 때마다 두드린 시간과 그 위치 등을 기록한다.

Table 3. Tempo changes for Rhythm synchronization ability

	Tempo
1	60 bpm → 66 bpm
2	60 bpm → 100 bpm
3	60 bpm → 200 bpm

마지막으로 여러 피실험자에 대한 실험을 연속적으로 수행하기 쉽도록, 리셋 기능을 탑재하였다. Fig. 4와 같이 리셋 버튼을 누르면, 어플리케이션은 초기 피실험자 입력을 위한 상태로 돌아가며, 새로운 피실험자에 대한 실험을 수행할 수 있다. 또한 본 연구에서 개발한 어플리케이션에서 제공하는 4가지의 실험은 연구자의 연구 목표와 피실험자의 특징에 맞추어 일부 실험만 수행할 수 있도록 하였다.

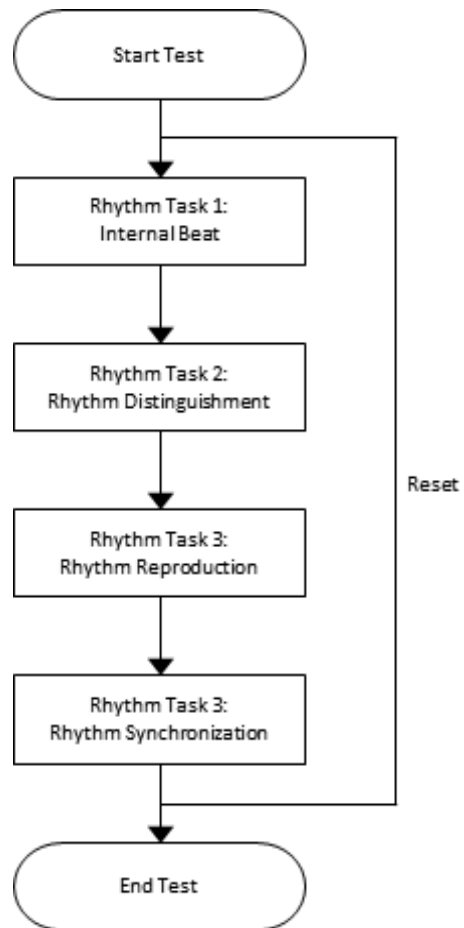


Fig. 4. Rhythm Test Process Flowchart

### 2.3 3단계 : 어플리케이션 사용 검증

본 어플리케이션은 노인의 리듬 산출 검사를 위해 제작되었다. 노인을 주 대상으로 선정한 이유는 노화 또는 치매와 같은 인지 저하가 사회적 이슈로 대두되면서 인지 훈련에 대한 필요성이 특히 증가하고 있기 때문이다. 노인이 리듬 자극에 반응하는 능력은 제시되는 리듬꼴의 수준에 따라 달라질 수 있으며, 제시된 리듬꼴의 빠르기가 느릴수록[19], 그리고 박 간의 간격이 일정하지 않은 복잡한 리듬꼴이 제시될수록 가변성이 증가한다[20]. 본 연구에서는 리듬 산출 수행력을 점수화하기 위해, 선행 연구를 참조하여 리듬별 박 간의 간격 비율 일치도 (Relation interval duration: R) 산출 공식을 사용하였다[8]. R값이 0에 가까울수록 제시된 리듬과 실험자에 의해 실제 산출된 리듬이 일치함을 나타내며, R값이 커질수록 그 반대를 의미한다.

최종 개발된 BPD의 현장 적용 가능성과 유용성을 확인하기 위해, 건강 노인 60명을 대상으로 30명씩 두 그룹으로 나누어, 각각 BPD와 미디(MIDI)를 활용하여 리듬 산출 실험을 진행하고 결과를 비교하였다. 실험에 필요한 대상자 수는 G\*power 3.1.9.4 version을 이용하여 산출하였다. T-test(양측)에서 효과크기 .80, 유의수준 .05, 검정력 .85로 하였을 때, 필요한 최소 표본 크기가 총 60명으로 산출되었으므로 각 집단별로 30명씩 선정하였다.

실험에 참여한 대상은 D시와 K시의 노인 대학과 노인 복지관, 경로당, 노인 요양병원과 같은 노인 관련 기관을 이용하고 있으며, 연구에 자발적으로 참여 의사를 밝힌 건강 노인이다. 만 60세 이상 85세 미만이며, 한국판 간이정신상태 검사(Mini-Mental Status Examination-Korea version: MMSE-K) 점수가 24점 이상으로 정상범위에 해당하고, 연구자의 질문에 자신의 의사를 표현할 수 있으며, 청력에 손상이 없고(단, 보청기나 외부 기기의 도움을 받아

청력이 유지된 자는 포함), 의자에 착석하여 손가락으로 키보드 건반을 지속적으로 탭핑할 수 있는 자를 연구 대상자로 선정하여, MIDI 그룹과 BPD 그룹에 무작위로 배정하였다. 두 그룹의 일반적 특성은 통계적으로 유의미한 차이를 보이지 않았다. Table 4 참조.

미디(MIDI)와 BPD로 수집한 데이터로 산출한 R값을 비교한 결과, 리듬꼴별로 비슷한 양상을 보이는 것을 확인할 수 있었다. Fig. 4 참조. 또한, 난이도가 비슷한 3개 리듬꼴(Rhy1, Rhy2, Rhy3)에서는 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았으나, 가장 난이도가 높은 1개 리듬꼴(Rhy4)에서만 통계적으로 유의한 차이를 보인 것으로 보아, 난이도가 높을수록 BPD로 수집한 데이터가 수치적으로 더 정밀하게 데이터를 측정할 수 있음을 의미한다고 볼 수 있다. Table 5 참조.

위의 결과를 토대로, 본 어플리케이션 사용에 대해 검증한 내용은 다음과 같다. 첫째, 키보드와 미디, 노트북을 활용하던 기존 세팅에 비해 실험에 필요한 시간과 공간,

Table 4. Demographic Information of MIDI and BPD Groups

(N = 60)

Characteristic		MIDI Group (n=30)	BPD Group (n=30)	t	p
Male : Female	[n(%)]	8(36.4) : 22(63.6)	1(3.3) : 29(96.7)	-	-
Age	[M(SD)]	74.0 (7.21)	70.8 (6.80)	-1.750	.085
MMSE-K	[M(SD)]	26.9 (1.36)	27.4 (1.92)	1.085	.283

\*p<.05

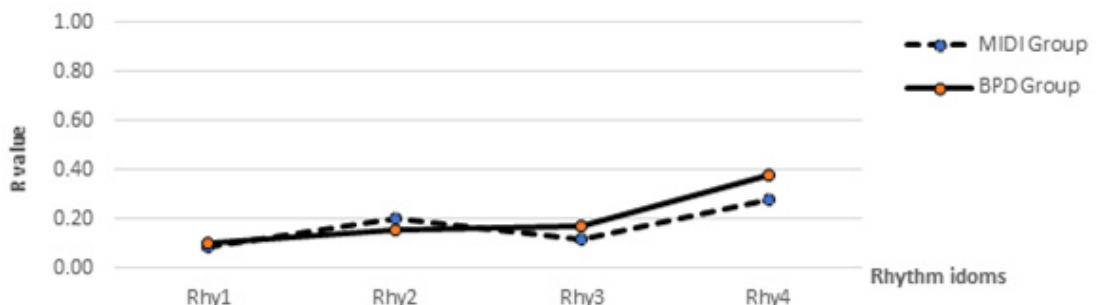


Fig. 4. The R Index of MIDI and BPD Groups

Table 5. The R Index of MIDI and BPD Groups

(N = 60)

Rhythm idiom	MIDI Group (n=30)		BPD Group (n=30)		t	p
	M	(SD)	M	(SD)		
1	0.09	(0.11)	0.10	(0.17)	0.145	.885
2	0.20	(0.24)	0.16	(0.15)	-0.762	.450
3	0.12	(0.13)	0.17	(0.18)	1.223	.226
4	0.28	(0.22)	0.38	(0.15)	2.027	.047*

\*p<.05

도구가 간소화되어 편리성이 증진되었고, 둘째, 일관된 방법으로 리듬을 제시할 수 있었다. 셋째, 대상자가 자가 탭핑한 시점의 시간, 유지 길이 등을 보다 정밀하고 미세한 시간적 정보(소수점 이하 15자리까지)로 저장함으로써, 대상자에 의해 재현된 리듬이 원본과 얼마나 일치하는지 최대한 분석할 수 있었다. 넷째, 키보드와 미디를 이용할 때에는 S/W(Cubase version 5.0)에 저장된 비트를 일일이 수집해서 각 리듬 간의 간격 비율을 계산한 후 이를 시간 데이터로 변환하였으나, BPD를 이용할 때에는 시간 데이터를 곧바로 수집함으로써 분석에 소요되는 시간이 단축되었다.

### 3. 결론 및 제언

본 연구에서는 인지 훈련에 유용한 리듬 산출 수행력을 보다 정확하고 타당하게 측정, 수집하기 위해 아이패드 어플리케이션(App)인 Beat Processing Device를 최초로 개발하였다. 예비 실험을 거쳐 디바이스 종류, 사용 악기 음색, 구현할 실험 종류 등을 최적화하였고, 연구 목표와 피시험자의 특성에 맞추어 일부 기능만 수행할 수 있도록 사용자 조작도 유연화하였다. 또한 개발 후 노인 60명을 대상으로 현장 사용 적합성과 유용성을 테스트한 결과, 리듬 산출 과제를 일관되게 제시한 후, 대상자가 자가 탭핑한 정보를 정밀하게 수집, 저장할 수 있음을 확인함으로써, 본 기기를 활용한 리듬 산출 관련 연구의 가능성을 확인하였다. 지금까지 이러한 종류의 실험을 위한 정밀하고 편리한 측정 툴이 존재하지 않았다는 점, 그리고 본 기기를 활용하여 실험을 진행하였을 때 실험 시간이 단축되면서 실험의 정확도와 신뢰도가 증가하였다는 점에서 볼 때, 본 연구에서 개발된 BPD는 인지능력 강화를 위한 리듬 수행력 증진을 평가할 수 있는 유용한 도구로 꾸준히 활용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 어플리케이션은 다음과 같은 제한점을 가지고 있다. 첫째, 소리의 입력 및 출력 강도 조절에 제한이 있다. 개인마다 청각적 기능 수준이 다를 수 있으므로, 실험 대상자 개인에 특화될 수 있도록 그에 따른 고려가 필요할 것이다. 둘째, 현재는 악기 음색이 우드블럭 한 가지 소리로 구성되어 있다. 악기 음색은 개인마다 선호가 달라 수행에 영향을 미칠 수 있으므로, 이에 대한 고려가 필요할 것이다.

### REFERENCES

- [1] W. T. Fitch & A. J. Rosenfeld. (2007). Perception and production of syncopated rhythms. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 25(1), 43-58.
- [2] R. Ragot, A. M. Fernandez & V. Pouthas. (2002). Time, music, and aging. *Psychomusicology*, 18, 28-45.
- [3] H. J. Chong. (2015). *Music therapy : understanding and application..* Seoul: Ewha Woman University publishing.
- [4] B. R. Bonder & V. Dal Bello-Haas. (2017). *Functional Performance in Older adults*. FA Davis.
- [5] R. E. Radocy & J. D. Boyle. (2012). *Psychological Foundations of Musical Behavior*. Charles C Thomas Publisher.
- [6] G. Duerksen & H. J. Chong. (2013). Preliminary Study on Developing Protocol for Music Therapy Assessment for Cognitive and Emotional-Behavioral Domain using Rhythm (MACED-Rhythm). *Journal of Music and Human Behavior*, 10(1), 67-83.
- [7] C. Persichini & L. Capranica. (2004). Reproduction of rhythmic patterns in young individuals: Toward the construction of a computerized rhythmic test. *International Journal of Sport Psychology*, 35(3), 246-265.
- [8] F. Iannarilli, G. Vannozzi, M. Iosa, C. Pesce & L. Capranica. (2013). Effects of task complexity on rhythmic reproduction performance in adults. *Human Movement Science*, 32(1), 203-213.
- [9] C. Drake. (1993). Reproduction of musical rhythms by children, adult musicians, and adult nonmusicians. *Perception & Psychophysics*, 53(1), 25-33.
- [10] D. L. Wolf (2004). A hierarchy of rhythm performance patterns for kindergarten children. *Visions of Research in Music Education*, 4.
- [11] X. Wu, A. Westanmo, L. Zhou & J. Pan. (2013). Serial binary interval ratios improve rhythm reproduction. *Frontiers in Psychology*, 4(512), 1-13.
- [12] S. Oh & H. J. Chong. (2016). Correlation Between Rhythm Reproduction Task Performance and Cognitive Function in School-Aged Children. *Journal of Music and Human Behavior*, 13(1), 1-18.
- [13] H. J. Chong & E. J. Lee. (2019). Reproducing Rhythmic Idioms: A Comparison Between Healthy Older Adults and Older Adults With Mild Cognitive Impairment. *Journal of Music and Human Behavior*, 16(1), 73-88.
- [14] S. Saito. (2001). The phonological loop and memory for rhythms: An individual differences approach. *Memory*, 9(4), 313-322.
- [15] L. Holm, F. Ullen & G. Madison. (2011). Intelligence and temporal accuracy of behaviour: Unique and shared associations with reaction time and motor timing. *Experimental Brain Research*, 214(2), 175-183.
- [16] F. Ullen, T. Soderlund, L. Kaaria & G. Madison. (2009).

Bottom-up mechanisms are involved in the relation between accuracy in timing tasks and intelligence: Further evidence using manipulations of state motivation. *Intelligence*, 40(2), 100-106.

- [17] H. K. Ryu. (2017). *Reproduction ability of rhythm patterns for the elderly*. (Unpublished master's thesis). Ewha Womans University, Seoul.
- [18] Y. J. Park. (2015). *A study on the correlation between executive function and rhythm performance capabilities of middle school students*. (Unpublished master's thesis). Ewha Womans University, Seoul.
- [19] V. Vanneste, J. Pouthas & S. Wearden. (2001). Temporal control of rhythmic performance: a comparison between young and old adults, *Experimental aging research*, 27(1), 83-102.
- [20] R. T. Krampe, U. Mayr & R. Kliegl. (2005). Timing, sequencing, and executive control in repetitive movement production. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 31(3), 379-397.
- [21] G. A. Miller. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81.

**정 현 주(Hyun Ju Chong) [정회원]**



- 2000년 2월 ~ 현재 : 이화여자대학교 음악치료학과 교수
- 미국 공인 음악치료사(MT-BC)
- (사)전국음악치료사협회 음악중재전문가(KCMT)
- 미국 Association for Music and Imagery, Fellow(FAMI)
- 한국음악치료교육학회 회장
- 관심분야 : 음악정서인지, 음악정서조율, 음악심리치료
- E-Mail : hju@ewha.ac.kr

**문 주 형(Ju Hyoung Mun) [정회원]**



- 2007년 2월 : 이화여자대학교 정보통신학과(석사)
- 2013년 3월 : 삼성전자 DMC 연구소 (책임연구원)
- 2018년 2월 : 이화여자대학교 전자전기공학과(박사)
- 2019년 7월 : 이화여자대학교 전자전기공학과(박사후연구원)
- 2019년 9월 ~ 현재 : Boston University, Computer Science (Postdoctoral associate)
- 관심분야 : 데이터 시스템, 데이터 분석, 차세대 네트워크, 검색 성능 향상
- E-Mail : jmun@bu.edu

**한 은 영(Eunyoung Han) [정회원]**



- 2000년 2월 : 이화여자대학교 음악교육전공(교육학 석사)
- 2015년 8월 : 이화여자대학교 음악치료학과(음악치료학석사)
- 2018년 2월 : 이화여자대학교 음악치료학과(음악치료학 박사수료)
- 2019년 4월 ~ 현재 : 해운대백병원 신경과 임상연구원
- 관심분야 : 음악치료, 퇴행성신경계질환, 음악인지 및 정서, 스마트헬스케어
- E-Mail : heyewha@gmail.com

**최 진 희(Jin Hee Choi) [정회원]**



- 2014년 8월 : 이화여자대학교 음악치료학과(음악치료학석사)
- 2018년 2월 : 한양사이버대학교 상담및임상심리(심리학석사)
- 2020년 2월 : 이화여자대학교 음악치료학과(음악치료학박사 수료)
- 2020년 2월 ~ 현재 : 이화뮤직웰니스 연구센터 선임연구원
- 관심분야 : 음악심리치료, 음악정서조율
- E-Mail : genie@ewhain.net