

일상 스트레스가 심박변이도에 미치는 영향

유주원, 박소연, 동서연
숙명여자대학교 공과대학 ICT 융합공학부 IT 공학전공
e-mail: sydong@sookmyung.ac.kr

Effect of Daily Stress on Heart Rate Variability

Juwon Yu, Soyeon Park, Suh-Yeon Dong,
Dept of IT Engineering, Sookmyung Women's University

요 약

최근 20 대 청년 세대는 학업과 취업 등의 다양한 일상적 스트레스를 경험하고 있다. 스트레스 유발 프로토콜을 사용하는 기존 스트레스 연구와는 달리, 일상 스트레스가 우리 몸에 미치는 영향에 대해서는 연구된 바가 많지 않다. 따라서 본 연구에서는 일상 스트레스 정도를 자가 설문 응답을 통해 모니터링하여 높은 날과 낮은 날에 대해 심전도 측정 후 심박변이도(HRV)를 비교 관찰하였다. 또한, 일상 스트레스 정도에 따라 인지 능력에 차이가 있는 지도 관찰함으로써 일상 스트레스가 미치는 생리적, 인지적 영향을 확인하였다.

1. 서론

스트레스가 정신적, 신체적 건강에 영향을 미친다는 것은 널리 알려져 있는 사실이다. 우리 몸의 많은 영역이 스트레스에 대한 반응과 연관되어 있으며, 그중 심박변이도를 통해 스트레스에 따른 자율신경계 변화를 측정할 수 있다.

본 논문에서는 심박변이도를 활용하여 스트레스와의 상관관계를 연구한다. 일반적으로 심박변이도(heart rate variability, HRV)는 심박이 주기적으로 변화하는 정도를 나타낸다. 이는 외적, 내적 환경요인에 따라 심혈관계 기능을 조정하는 교감신경과 부교감신경의 상호작용을 반영하는 것으로 알려져 있다. 본 연구에서는 일상생활 속에서 스스로 스트레스를 모니터링할 수 있는 자가 스트레스 진단 지표 개발을 개발하고자 한다.

2. 관련연구

최근 Electrocardiogram(ECG) 신호로부터 Heart Rate Variability 를 분석한 선행 연구는 많이 진행되어져 왔다. 그 중 본 논문에서는 스트레스와 Heart Rate Variability 와의 관계를 분석한 선행연구를 참고하였다 [1, 6].

Variable	Unit	Description
Time Domain Parameters		
Mean RR	ms	Average RR interval
SDNN	ms	Standard deviation of all NN interval
RMSSD	ms	The square root of the mean squared difference between adjacent N-N intervals, reflects mainly vagally influence
pNN50	%	Percentage of normal normal intervals greater than 50 milliseconds
Frequency Domain Parameters		
VLF	ms ²	Power spectrum band between 0.003-0.04 Hz
LF	ms ²	Power spectrum band between 0.04-0.15 Hz, reflects sympathetic activity
HF	ms ²	Power spectrum band between 0.15-0.4 Hz, reflects parasympathetic activity
LF/HF	n.u.	Reflects sympathovagal balance

[표 1. 시간 영역과 주파수 영역 HRV 분석에 사용되는 파라미터]

시간 영역과 주파수 영역 HRV 분석에 있어 주로 사용되는 파라미터들은 [표 1]과 같다 [5].

Taelman et al. 의 연구에 따르면 Mental task 를 통해 실험자에게 스트레스를 주어 rest 상태일 때와 task 상태일 때의 HRV 를 비교하였다 [4]. 위 논문에서 시간 영역(Time domain)과 주파수 영역(Frequency Domain)에서 분석한 결과 Mean RR, Mean SD, Mean pNN50 는 rest 상태일 때 더 높게 나왔으며, Mean LF/HF 는 Mental task 일 때 더 높게 나왔다는 것을 밝혀냈다. 그러나, 해당 연구에서는

일상 스트레스의 영향을 고려하지 않고 있기 때문에, 일상 스트레스가 높은 피험자의 경우 rest 상태의 HRV가 온전한 rest라고 보기 어려울 가능성이 있다.

이러한 한계점을 극복하기 위해, Sin et al.의 연구에서는 8 일간의 전화 인터뷰를 통해 스트레스가 높은 피실험자와 스트레스가 낮은 피실험자들을 대상으로 rest 상태일 때의 HRV를 비교하였다 [3]. 위 논문에서는 SDRR, RMSSD, HF-HRV 3 가지 파라미터를 비교하였는데, 결과적으로 스트레스가 높은 날에 비해 스트레스가 낮은 날 3 가지 파라미터 모두 상대적으로 높은 수치를 나타냈다. 하지만, 일상 스트레스 정도가 rest 뿐만 아니라 인지 활동에 어떠한 영향을 미치는지에 대해서는 아직 밝혀진 바가 없다. 따라서, 본 연구에서는 피험자들의 일상 스트레스 정도를 자가 설문 응답으로 모니터링하여 스트레스가 높은 날과 높지 않은 날을 선별하였고, 각각의 날에 3 가지 인지 task를 수행하는 동안 ECG를 측정하였다. 이를 통해 일상 스트레스가 심박변이도에 미치는 영향을 관찰하고자 하였다.

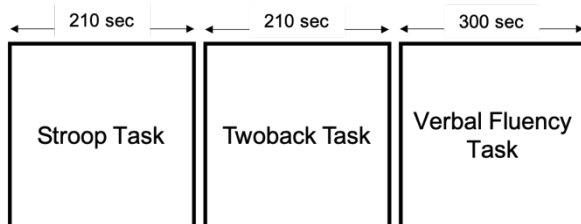
3. 연구 방법

3.1 연구 대상

본 연구에서는 평균 연령(\pm 표준 편차) 24.0(\pm 0.5)세의 3 명의 여성을 대상으로 실험을 진행하였다. 과거 심장질환 및 신경 정신 질환과 관련된 과거 병력이 있거나, 현재 복용 중인 약물이 있는 자, 혹은 임부 혹은 임신 예정자의 경우 본 실험에서 제외하였다.

3.2 실험 과정

피실험자들은 일상 스트레스가 높은 날과 낮은 날을 선별하기 위하여 적어도 2 회 이상의 자가 스트레스 설문에 참여하였다. 스트레스 설문조사는 [2]에서 제공하는 복수의 심리 검사 문항으로부터 중복되지 않는 15 개의 문항으로 구성하였다. 응답 방식은 5 point scale로 이루어졌다. 설문조사 결과, 3 명의 피실험자의 스트레스가 높은 날의 평균 스트레스 지수는 31.0(\pm 3)이었으며, 스트레스가 낮은 날의 평균 스트레스 지수는 9.0(\pm 4.6)로 큰 차이를 나타냈다.



[그림 1. Cognitive Tasks 총 프로세스]

피실험자는 높은 날과 낮은 날로 선별된 날에 각각 연구실을 방문하여 무선 ECG 센서(TaeWoong, 한국)와 패치형 전극(TaeWoong, 한국)을 가슴에 부착하고

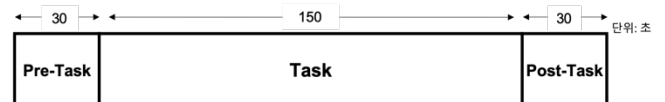
실험에 참여 하였다. ECG를 측정하면서 피실험자가 진행하는 cognitive task는 Stroop task, Two-back Task, Verbal Fluency Task이며 총 프로세스는 [그림 1]과 같다.

3.2.1 Stroop Task



[그림 2. Stroop Task 예시]

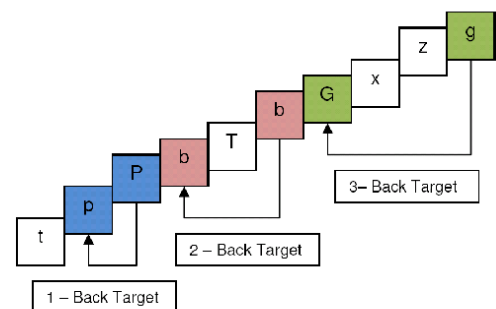
Stroop Task란 화면에 색깔이 있는 단어가 주어지면 단어를 맞추는 것이 아닌 단어의 색깔을 맞추는 인지 실험을 의미한다.



[그림 3. Stroop Task 과정]

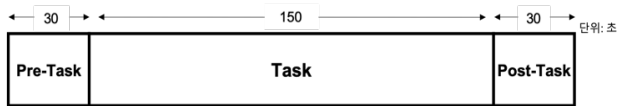
본 실험에서 Stroop Task는 총 210 초간 진행이 된다. 처음 30 초 동안 편안한 자세로 Pre-task로 rest한 후 150 초 동안 stroop test와 rest를 번갈아 가며 진행한다. 마지막 30 초에 Post-task로 rest를 진행한다.

3.2.2 Two back Task



[그림 4. Two-back Task 예시]

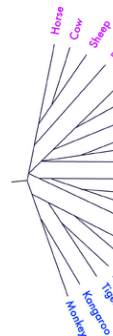
N-back Task에서는 화면에 문자를 하나씩 차례로 보여주게 되며, N 개의 슬라이드 이전의 문자와 현재 슬라이드가 일치할 때 반응을 하는 task이다. 본 연구에서는 N = 2를 사용하였다.



[그림 5. Two-back Task 과정]

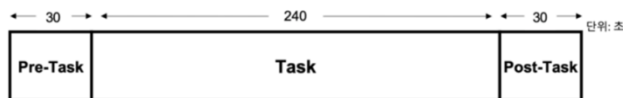
본 실험에서 Two-back Task 는 총 210 초간 진행이 되며 과정은 Stroop task 와 동일하게 진행된다.

3.2.3 Verbal Fluency Task



[그림 6. Verbal Fluency Task 예시]

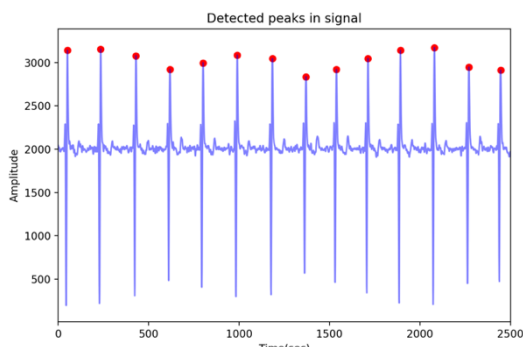
Verbal Fluency Task 는 주어진 철자로 시작하는 명사를 최대한 많이 말하는 인지 실험이다. 본 연구에서는 Baseline 30 초 동안 ‘ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ’ 를 반복하여 말하게 하였으며, Stimulus 30 초 동안 한글 자음을 화면에 제시하였다.



[그림 7. Verbal Fluency Task 과정]

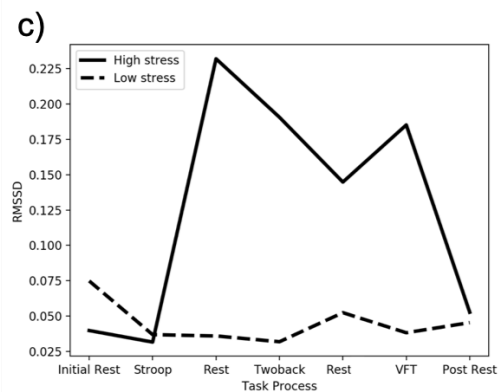
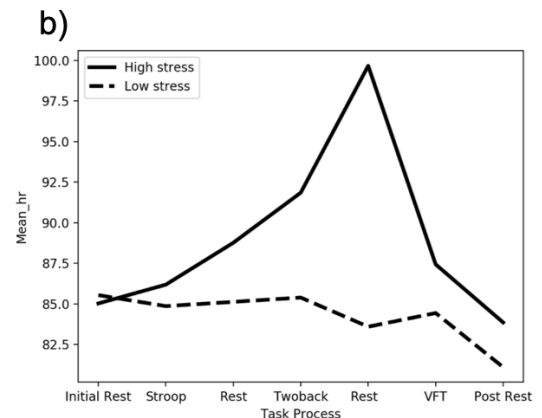
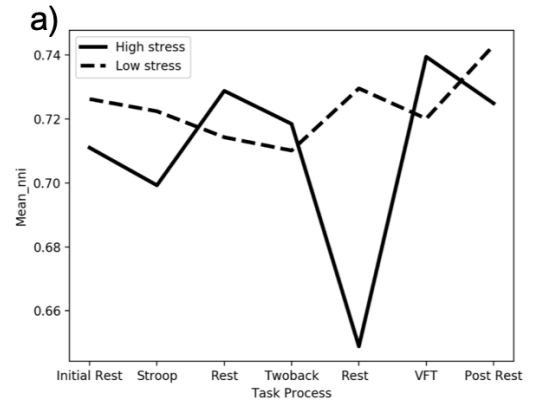
본 연구에서 Verbal Fluency Tasks 는 총 300 초 동안 진행한다. Pre-task 와 Post-task 과정은 위와 동일하다. Task 로는 baseline, stimulus, rest 를 240 초 동안 반복한다.

3.3 데이터 추출



[그림 8. R-Peak 계산 결과]

ECG 로 측정된 데이터로 R-R Interval 을 구하기 위해 Moving average filtering 을 통해 [그림 8]과 같이 R-peak 를 계산하였다. 해당 R-R Interval 을 시간 영역(Time domain)과 주파수 영역(Frequency domain)으로 나누어 HRV 파라미터를 추출하였다. HRV 를 추출하는 알고리즘은 Python HRV library (hrvanalysis) 를 활용하였다.



[그림 9. 스트레스가 높을 때와 낮을 때 Stroop, Twoback, Verbal Fluency Task 과정에서의 파라미터 변화. a) Mean_nni, b) Mean_hr, c) Rmssd($p < 0.05$)]

4. 실험 결과

4.1 HRV 분석

본 연구에서는 총 3 명의 피실험자를 대상으로 스트레스 높낮이에 따른 3 가지의 인지 실험 동안의

HRV 파라미터를 분석하였다. Stroop Task 의 30 초 Pre-Task 구간은 baseline 으로 설정되었고, baseline 에서 각 Stroop test 구간, Twoback test 구간, Verbal Fluency test 구간의 차이를 비교하였다. Baseline 과 각 test 를 비교함으로써 스트레스가 높은 날과 낮은 날의 변화량을 분석하였다.

본 연구에서는 스트레스와 심박변이도의 관계를 분석할 때 주로 사용되는 Mean_nni, Mean_hr, Rmssd 파라미터를 분석하였다. 위 파라미터에서 Stroop task, Twoback task, Verbal Fluency task 를 수행할 때, 스트레스가 높은 날의 변화가 스트레스가 낮은 날보다 더 크다는 것을 [그림 9]를 통해 확인할 수 있다. 이 외에도 sdnm, sdsd, nni_50, pnni_50, cvsd, cvnni, max_hr, min_hr 에서도 위와 비슷한 결과가 나타났다($p < 0.05$). 이를 통해 스트레스가 높은 날 같은 인지 활동을 수행하더라도 HRV 가 더 크게 변화함을 알 수 있다. 또한 Rmssd 파라미터에서 Initial Rest 일 때 스트레스가 높은 날이 낮은 날보다 값이 낮은 것을 확인할 수 있으며, 이는 [3]의 연구 결과와 일치하는 결과였다.

4.2 행동 실험 결과

Stroop task 와 Two-back task 의 정확도는 전체 stimulus 개수 중 맞은 횟수를 계산하였다. 또한 Verbal Fluency task 의 정확도는 각 30 초의 stimulus 동안 말한 단어의 개수를 계산하였다. 그 결과, 스트레스가 높은 날 Stroop 의 정확도는 91.86%, Two-back 의 정확도는 84.58%, Verbal Fluency 의 정확도는 30 개의 단어였다. 스트레스가 낮은 날 Stroop 의 정확도는 93.92%, Two-back 의 정확도는 86.58%, Verbal Fluency 의 정확도는 28 개의 단어였다. Stroop 과 Two-back task 에서는 스트레스가 낮은 날에 정확도가 더 높았다. 반면, Verbal Fluency task 에서는 스트레스가 낮은 날에 응답한 단어의 개수가 더 적게 나타났으나, Verbal Fluency task 는 다른 두 task 와는 달리, 학습의 영향이 크게 미치지 때문에 반복 실험을 수행하는 본 연구에서는 단순히 응답한 단어의 개수로 인지 능력을 평가하기는 어렵다고 판단했다.

5. 고찰

기존 스트레스 유발 프로토콜을 사용한 연구는 rest 상태가 스트레스가 없는 상태로 가정하고 실험을 진행해왔으나, 일상 스트레스의 영향이 있을 것이라 가정하고 본 연구에서는 그 영향을 심박 변이도와 인지 실험 결과로부터 관찰하였다. 그 결과, 일상 스트레스가 높은 날 측정된 심박 변이도와 낮은 날 측정된 심박 변이도의 경향성이 다르게 나타났는데, 실험에 사용한 프로토콜이 스트레스를 유발하는 프로토콜이 아님에도 불구하고 일상 스트레스가 높은 날의 심박 변이도의 변화량이 크게

나타났다. 또한, 그 차이가 크지는 않았지만 인지 능력에 있어서도 일상 스트레스가 낮은 날에 Stroop 과 Twoback test 에서 정확도가 높게 나타났다.

결론적으로, 본 연구에서는 일상 스트레스가 심박 변이도를 비롯하여 인지 능력에도 영향을 미친다는 것을 확인하였다. 그러나, 본 실험 결과는 작은 규모의 모집단을 대상으로 연구를 진행하였기 때문에 이러한 차이가 통계적으로 유의미한 지를 검증하기 위해 향후 더 많은 피실험자를 대상으로 한 후속 연구를 진행할 예정이다.

참고문헌

- [1] D. McDuff, S. Gontarek, R. Picard, "Remote measurement of cognitive stress via heart rate variability" 36th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society, pp. 2957-2960, 2014.
- [2] Shin, Ho Cheol. "Measuring Stress with Questionnaires." Journal of the Korean Medical Association, vol. 56, no. 6, 2013, p. 485., doi:10.5124/jkma.2013.56.6.485.
- [3] Sin, Nancy L., et al. "Linking Daily Stress Processes and Laboratory-Based Heart Rate Variability in a National Sample of Midlife and Older Adults." Psychosomatic Medicine, vol. 78, no. 5, 2016, pp. 573- 582., doi:10.1097/psy.0000000000000306.
- [4] Taelman, Joachim, et al. "Influence of Mental Stress on Heart Rate and Heart Rate Variability." IFMBE Proceedings 4th European Conference of the International Federation for Medical and Biological Engineering, 2009, pp. 1366- 1369., doi:10.1007/978-3-540-89208-3_324.
- [5] Uysal, Fatma, et al. "Evaluation of Stress Parameters Based on Heart Rate Variability Measurements." Medical Technologies National Congress, 2017.
- [6] Z. Visnovcova, M. Mestanik, M. Javorka, D. Mokra, M. Gala, A. Jurko, I. Tonhajzerova, "Complexity and time asymmetry of heart rate variability are altered in acute mental stress", Physiological measurement, vol. 35, no 7, pp. 1319, 2014.