

# 교대근무에 따른 소방공무원의 생체신호 변화 분석

이 범 주\*, 이 선 경\*, 조 동 욱°, 정 연 만\*\*

## Analysis of the Change of the Bio-Signal of Fire Officers According to Shift Work

Beom Ju Lee\*, Sun Kyoung Lee\*, Dong Uk Cho°, Yeon Man Jeong\*\*

### 요 약

교대 근무는 작업자에게 신체 건강에 좋지 않은 영향을 끼치는 것으로 알려져 있고 특히 긴장감을 풀 수 없는 극한 재난현장에서 현장 활동을 하는 교대근무 소방공무원은 과중한 스트레스를 받게 되는 환경에 놓여있다. 이에 본 논문에서는 주간, 야간, 당번 형태로 근무하는 소방관들의 교대 근무 시작 전과 근무 종료 후 건강과 관련된 음성에서 어떤 변화가 있었는지를 정량적으로 규명해보고자 한다. 이를 위해 실제 소방서에서 근무 중인 소방관 16명(지휘조사팀 3명, 화재 진압 팀 5명, 구조팀 4명, 구급 팀 4명)을 실험집단으로 구성하고 외근 소방공무원들의 전체적인 특징과 각 팀의 교대 근무에 따른 생체신호 변화를 분석하고자 한다. 실험 결과, 주간 근무자보다 야간 근무자와 당번 근무자의 경우 건강과 연계된 생체신호수치가 보다 저하됨을 알 수 있었다.

**Key Words** : voice analysis, firefighter, shift work, bio-signal change, kidney

### ABSTRACT

Shift work is known to have an adverse effect on physical health, and especially in the field of extreme disasters that can not relieve tension, fire officers are suffering from heavy stress. In this paper, we quantitatively investigate how the voice of fire officers changed by day work, night work and full-time work. To do this, we composed experimental groups of 16 fire officers(3 command and investigation team members, 5 firefighting members, 4 rescue team members, 4 paramedics) and we quantitatively furnish bio-signal variation by overall characteristic and shift work. The result of experiment shows that in case of night work and full-time work rather than day work, they have been damaged by work condition.

### 1. 서 론

이상기후로 인한 자연재해의 발생, 안전 불감 등으로 인한 재난 발생, 소방에 대한 신뢰성의 향상으로 소방안전 서비스에 대한 수요가 지속적으로 증가하고 있다. 실제 소방청 통계를 살펴보면 그림 1과 같이 화재의 경우 적극적인 화재 예방행정의 결과로 화재 발

생이 안정적으로 관리되고 있으나 그림 2와 그림 3에 나타났듯이 구조, 구급 출동건수가 지속적으로 증가하고 있다.

소방공무원은 지속적으로 증가하는 다양한 재난 발생(화재, 구급, 벌집제거, 동물구조, 교통사고, 산악사고, 항공기사고, 수난사고, 화학사고, 태풍, 폭우, 폭설, 고드름 제거, 장금 장치 개방, 승강기, 위치 추적, 자살

\* First Author : Dongbu Firestation, stegnography@korea.kr, 종신회원

° Corresponding Author : Chungbuk Provincial University, ducho@cpu.ac.kr, 종신회원

\* Chungbuk Provincial University, Itjsrud1@naver.com, 학생회원

\*\* Gangneungwonju National University, ymjeong@gwnu.ac.kr, 종신회원

논문번호 : 201904-043-C-RN, Received April 9, 2019; Revised May 28, 2019; Accepted May 28, 2019

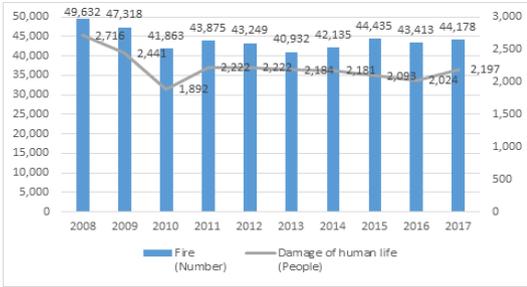


그림 1. 연도별 화재 발생현황(2008~2017)  
Fig. 1. Fire occurrence statistics by year(2008-2017)

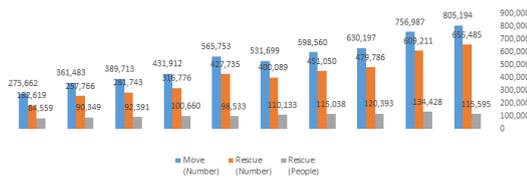


그림 2. 연도별 119구조 활동 현황(2008~2017)  
Fig. 2. Statistics of 119 rescue activities by year(2008-2017)

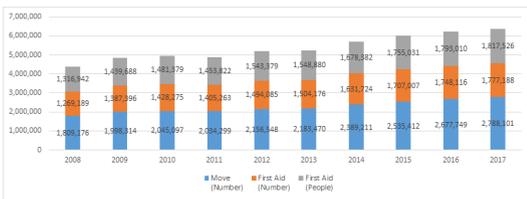


그림 3. 연도별 119구급 발생현황(2008~2017)  
Fig. 3. Statistics of 119 first Aid activities by year(2008-2017)

추정, 인명 갇힘, 동물 포획, 각종 안전조치)에 따른 소방안전 서비스를 제공하고 있다. 2015년 국가인권위원회 소방공무원 인권상황 실태 조사에 따르면 소방관의 37.9%가 언어적 폭력을 경험하였으며, 구급구조대원들의 경우 81.2%가 잠정노동을 경험한 것으로 나타났다<sup>1)</sup>. 국제 암 연구기구(IARC)는 2007년 교대 근무를 발암물질 등급 중 두 번째로 높은 2A로 평가했다<sup>2)</sup>. 그중에서도 소방관들은 교대 근무를 하면서 극한의 재난현장에 출동하여 각종 유해 물질과 사망자, 부상자를 목격함으로써 극도의 스트레스를 받는 것으로 알려져 있다. 본 논문은 이러한 외근 소방공무원이 근무환경에 따라 건강과 연계된 생체신호가 어떻게 변하는지에 대한 규명 작업을 행하고자 한다.

## II. 실험에 사용한 생체신호 음성

동의보감에서는 목소리가 목에서 나오지 않고 몸 안 깊이 위치한 장기와 관련이 있다고 본다. 다시 말해 목소리는 신장에서 근원하며, 폐는 목소리가 나오는 문이며, 심장이 그것을 전체 관장하는 것으로 보고 있다. 즉, 목소리의 장애가 단지 목 부위의 손상 때문에 생기는 것이 아니라 몸 안 장기의 잘못이 생겨서 발생할 수 있다고 본다<sup>3)</sup>. 따라서 목소리(음성)의 특징을 신체의 상태를 나타내는 지표가 되며, 이는 작업자의 신체상태가 주어진 작업 임무를 충분히 안전하게 수행할 수 있는가의 지표로써 활용가능하다. 본 논문에서는 이를 기반으로 교대 근무에 따른 소방공무원들의 생체 신호에 어떠한 변화가 있는가에 대한 분석을 행하고자 한다. 실험에 사용하는 음성에 대해 아래 표 1 및 표 2에 나타내었다. 표 1은 심장, 신장, 폐에 해당되는 모음의 특성을 정리한 것이다.

이를 기반으로 실험에 사용할 음성 문장은 아래 표 2와 같다. 표 2를 살펴보면 'Naktangnulkang'은 헛소리에 관계된 문장이고, 폐와 연계된 문장은 'Siso, 'Jajangga', 'Chukchukhada'로서 강한 호흡을 요구하는 문장이며, 신장의 'Meokpang pulbang'은 입술소리를 내는 문장이다.

본 논문에서 음성분석을 위해 말소리의 음성과학 전문분석 프로그램인 프라트(Praat)<sup>5)</sup>를 활용하였다. 주요 음성 분석요소로는 음 높이와 연계된 것과 주파

표 1. 장기와 이와 관련된 음[4]  
Table 1. Short vowels related to human organs

Relevant organ	Related voice
Heart	'E-' Sound Sound from the tongue, does it vibrate a lot? When they make high pitch, do they lose power at the end or pitch down?
Lung	'Ah-' sound Sound from the teeth
Kidneys	'Uh-'sound. Sound from lips Does sound sink from lip sound?

표 2. 실험에 사용할 문장[4]  
Table 2. Sounds related to human organs

Relevant organ	The sentence that will be used
Heart	'Naktangnulkang'
Lung	'Siso, 'Jajangga', 'Chukchukhada'
Kidneys	'Meokpang pulbang'

수 변동률<sup>[6]</sup>, 진폭 변동율<sup>[6]</sup>, 소음 대 배음비(NHR: Noise-to-Harmonics Ratio)<sup>[6]</sup>, 음성의 지속시간을 나타내는 지속시간(Duration Time), 음성에 실린 힘의 강도를 나타내는 음성에너지(Intensity)<sup>[6]</sup>를 중심으로 분석을 행하였다. 실험은 표 1, 표 2에 각 장기에 해당되는 모음과 문장을 읽고 이를 녹음하여 수치를 분석함으로써 각 장기의 생체신호 변화를 측정할 수 있다. 신체 장기에 해당되는 음을 교대 근무전과 교대 근무 후 녹음하여 생체장기의 기능이 저하될(스트레스의 누적)경우 음색(Jitter, Shimmer, NHR)의 수치가 나빠지며, 지속시간의 경우 감소, 음성에너지의 수치가 감소하며 음성주파수 변동율의 값이 증가한다. 이러한 수치를 전체적으로 분석하면 각 신체장기의 기능이 좋아졌는지 혹은 좋아지지 않았는지 혹은 변화가 없었는지에 대한 상태의 가능성을 규명 할 수 있다.

### III. 실험 음원의 선정

실험 음원은 청주 동부 소방서에서 실제로 근무 중

표 3. 실험참여자의 연령과 남녀 분포  
Table 3. Ages of participants

Age	Number of Unit(Persons)
20'	4
30'	7
40'	4
50'	1
Total	16

표 4. 성별 분포  
Table 4. Gender of participants

Gender	Number of Unit(Persons)
Male	14
Female	2
Total	16

표 5. 실험 참여 팀 구분  
Table 5. Team Category of participants

Team identification	Number of Unit(Persons)
Command and Investigation Team	3
Firefighting Team	5
Rescue Team	4
Paramedics Team	4
Total	16

표 6. 실험참여자의 직책구분  
Table 6. Work Positions of participants

Position	Number of Unit(Persons)
Command Team Leader	1
Fire Investigator	1
Command Car Driver	1
Fire engine Drivers	2
Firefighters	3
Ambulance Driver	1
Paramedics	3
Rescue Team Leader	1
Rescue Crew	3
Total	16

인 소방공무원 16명(지휘조사팀, 화재진압, 구조대원, 구급 대원)을 선정하여 주간, 야간, 당번근무에 따른 표 1 및 표 2 문장을 녹음하여 실험을 진행하였다. 실험에 참여자에 대한 연령, 남녀 분포, 팀 구분, 직책은 아래 표 3, 표 4, 표 5, 그리고 표 6과 같다.

### IV. 실험 및 고찰

#### 4.1 실험대상 및 음성녹음방법

청주동부소방서는 충북 최초로 생긴 소방서이고 화재, 구조, 구급출동이 충북에서 가장 많은 관서이다. 따라서 청주동부소방서에서 교대 근무 중 소방관들이 생체신호변화를 분석하기에 유효적절한 대상으로 판단 선정하여 실험을 진행하였다. 참고로 외근 소방공무원의 근무시간은 주간(09:00AM - 18:00 PM), 야간(18:00 - 익 일 09:00 AM), 당번(AM 09:00 - 익 일 AM 09:00)이다. 외근 소방공무원은 근무중 화재, 구조, 구급 출동이 있을 경우, 첫 번째 출동 알람음이 울리고 두 번째로 출동방송(내용)이 소방서 전체 건물에 크게 울리게 되고 이를 듣고 현장에 출동하여 현장근무에 임하게 된다. 따라서 녹음 중 언제 출동방송이 울릴지 알 수 없었다. 녹음기간은 2018년 10월 28일부터 2019년 2월 4일까지 진행하였으며, 별도로 구획된 무소음장소인 사무실, 지하창고, 휴게실로 이동해서 주간, 야간, 당번 근무시작 때 심장, 신장, 폐에 해당되는 모음 및 문장을 읽게 하여 스마트 폰으로 30cm 거리를 두고 녹음 하였으며 주간, 야간, 당번 근무 종료 때 다시 동일하게 녹음하였다. 녹음 중 출동방송이 울리거나 다른 동료가 녹음장소로 들어와 소음이 발생하여 어려움을 겪었고 이런 경우 녹음을 처음부터 다시 행하였다.

## 4.2 실험 결과

### 4.2.1 전체 실험참여자 외근 소방공무원의 평균값

표 6에 실험에 참여한 소방공무원 전체의 생체신호 변화에 대한 전체 값을 나타내었다. 유효 데이터로 심장 기능의 경우 지속시간의 값이 주, 야간, 당번근무 종료 시 모두 감소함을 알 수 있다. 소음대 배음비 값이 주간에는 감소하며 야간 및 당번의 경우 증가함을 알 수 있다. 폐 기능의 경우 음성 진폭 변동율값이 주간에는 감소하고 야간 및 당번의 경우 증가하고 있다. 신장의 경우 지속시간의 값이 주간엔 감소, 당번엔 감소하며 음성주파수 변동율은 모두 증가함을 알 수 있다. 즉, 주간 근무 때의 생체신호 수치 저하 값이 야간 및 당번 근무 때 보다 적음을 의미한다. 이는 주간근무의 경우 정상근무 패턴으로 생체신호의 저하가 적다는 가능성을 의미한다. 그러나 야간과 당번근무(주간부터 야간까지 24시간 근무)의 경우 오랜 근무시

간과 야간의 경우 제대로 휴식을 취하지 못하고 피로도가 누적되어 신체장기가 주간 근무에 비해 많은 스트레스를 받고 있다는 가능성을 의미한다.

### 4.2.2 팀별 평균 수치

청주동부소방서의 교대근무중인 소방공무원은 4개의 팀으로 이루어져 있다. 팀의 구성은 지휘조사팀, 구조팀, 구급 팀, 화재진압 팀이다. 각 팀 별 평균 수치를 표 8, 표 9, 표 10, 표 11에 나타내었다. 우선 아래 표 8에 지휘조사팀의 평균 수치를 나타내었다. 지휘조사팀은 관내 화재현장 및 사회에 이슈가 될 만한 구조, 구급 현장에 출동하여 현장지휘, 화재조사 및 재난조사 역할을 수행한다. 관내 모든 화재현장을 출동하여 지휘함에 따라 화재로 인해 발생하는 유해 물질에 노출의 빈도가 높아지게 된다. 따라서 현장 활동 간 총괄 지휘 및 현장 안전에 대한 책임과 유해 물질 노출에 관한 스트레스를 느끼게 된다. 유의미한 데이

표 7. 전체 실험참여 외근 소방공무원의 평균값

Table 7. Average value of fire-fighting officers who participated in the experiment

Heart												
E-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice Frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	2367	123.676	172.887	49211	0.434	166.861	164.164	65.261	0.501	0.367	0.064	0
Day work end	2162	134.664	177.549	43.084	0.331	171.491	169.651	66.319	0.535	0.333	0.053	0
Day work variation	-0.405	10.788	4.662	-6.127	-0.103	4.83	5.487	1.058	0.034	-0.054	-0.011	0
Night work start	2.693	132.428	183.832	51.404	0.425	170.471	168.133	63.163	0.648	0.401	0.085	0
Night work end	2.618	128.322	176.919	47.866	0.382	170.614	168.654	64.885	0.628	0.4	0.091	0
Night work variation	-0.075	-4.106	-7.842	-3.536	-0.043	0.143	0.522	1.722	-0.02	-0.001	0.005	0
Full-time work start	3.342	129.536	191.981	62.045	0.556	170.338	172.956	65.176	0.473	0.36	0.062	0.007
Full-time work end	2.699	114.636	189.472	74.836	0.802	166.031	163.625	63.675	0.542	0.372	0.079	0.028
Full-time variation	-0.643	-15.3	-2.508	12.791	0.246	-4.306	-9.371	-1.501	0.069	0.012	0.017	0.021

Lung												
Ah-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice Frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	2.837	122.2	164.259	42.058	0.398	159.927	157.295	68.985	0.49	0.449	0.053	0.146
Day work end	2.111	133.458	168.472	35.013	0.264	162.702	161.112	69.56	0.453	0.434	0.066	0.038
Day work variation	-0.526	11.258	4.213	-7.045	-0.134	2.775	3.817	0.573	-0.037	-0.015	0.013	-0.108
Night work start	2.479	129.292	166.827	38.535	0.311	162.803	160.455	70.329	0.522	0.418	0.108	0.047
Night work end	2.639	127.875	192.773	64.896	0.476	161.405	159.522	70.303	0.548	0.424	0.06	0
Night work variation	0.16	-0.417	25.946	26.363	0.165	-1.398	-0.913	-0.027	0.026	0.006	-0.048	-0.047
Full-time work start	2.816	125.469	172.813	47.314	0.422	167.791	160.809	72.743	0.526	0.416	0.057	0.074
Full-time work end	2.726	122.102	161.218	39.115	0.338	156.716	154.561	69.892	0.451	0.431	0.055	0.168
Full-time variation	-0.089	-3.396	-11.595	-8.199	-0.084	-11.075	-6.247	-2.851	-0.075	0.015	-0.002	0.094

Kidneys												
Uh-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice Frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	2.675	120.551	171.185	50.634	0.485	168.919	164.827	66.416	0.453	0.293	0.023	0.219
Day work end	1.615	135.266	177.956	42.709	0.319	172.862	170.534	67.519	0.579	0.353	0.028	0
Day work variation	-1.06	14.715	6.791	-7.925	-0.146	5.942	5.906	1.100	0.126	0.06	0.005	-0.219
Night work start	2.51	133.353	177.073	43.72	0.395	171.961	168.432	65.308	0.472	0.301	0.025	0
Night work end	2.712	120.548	174.474	53.925	0.532	167.311	164.633	65.947	0.494	0.313	0.023	0.15
Night work variation	0.202	-12.805	-2.999	10.205	0.177	-3.769	-3.798	0.638	0.022	0.012	-0.002	0.15
Full-time work start	3.048	134.461	179.274	44.813	0.355	174.41	172.45	66.909	0.497	0.3	0.022	0
Full-time work end	2.534	127.714	172.719	45.004	0.387	166.339	164.049	65.443	0.523	0.32	0.027	0.155
Full-time variation	-0.514	-6.747	-6.555	0.19	0.032	-8.02	-8.359	-1.465	0.036	0.02	0.005	0.155

Heart												
Naldang Nalkang-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice Frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	1.855	89.978	180.408	90.731	1.038	141.571	144.399	63.074	1.673	0.955	0.21	37
Day work end	1.812	98.199	217.596	119.396	1.265	146.065	149.141	64.617	1.682	1.454	0.176	35.37
Day work variation	-0.042	8.223	37.188	28.665	0.227	4.494	4.761	1.543	-0.191	0.499	-0.034	-1.63
Night work start	1.86	97.887	178.244	80.357	0.84	145.562	145.673	62.497	1.699	0.956	0.192	37.297
Night work end	1.757	91.237	195.18	103.942	1.111	141.197	143.993	63.048	1.773	0.896	0.202	34.055
Night work variation	-0.103	-6.65	16.936	23.589	0.271	-4.384	-2.28	0.551	0.073	-0.059	0.01	-3.242
Full-time work start	1.917	95.156	191.75	86.594	0.941	144.04	145.589	64.209	1.711	0.961	0.204	36.956
Full-time work end	1.852	92.695	185.393	92.698	1.028	140.199	142.185	61.95	1.842	0.95	0.198	36.662
Full-time variation	-0.064	-2.461	3.643	6.104	0.087	-3.84	-3.404	-2.259	0.131	-0.011	-0.005	-0.003

Lung												
Slo, Jukjuge Chukchukhas	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice Frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	3.227	96.991	218.126	121.135	1.26	149.09	151.983	62.908	1.888	0.951	0.21	39.447
Day work end	3.25	97.309	246.583	149.274	1.495	161.769	159.309	64.199	1.682	0.923	0.212	41.457
Day work variation	0.023	0.317	28.457	28.139	0.235	12.679	7.325	1.29	-0.006	-0.027	0.002	2.01
Night work start	3.264	97.961	222.702	124.741	1.27	152.848	155.449	62.225	1.735	0.927	0.21	40.731
Night work end	3.284	97.327	222.735	125.407	1.267	152.001	155.648	62.901	1.956	0.961	0.238	39.255
Night work variation	0.02	-0.634	0.033	0.665	-0.003	-0.847	0.198	0.676	0.221	0.033	0.028	-1.496
Full-time work start	3.479	98.294	218.774	120.48	1.397	157.427	157.726	64.046	1.517	0.898	0.19	38.563
Full-time work end	3.416	99.83	216.385	116.554	1.184	151.025	151.788	62.079	1.618	0.969	0.192	42.899
Full-time variation	-0.063	1.536	-2.389	-3.926	-0.213	-6.401	-5.937	-1.969	0.101	0.073	0.002	4.336

Kidneys												
Wakgangsau bang-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice Frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	1.819	98.371	188.69	90.319	0.969	153.631	150.102	63.322	1.973	1.044	0.221	42.358
Day work end	1.589	100.644	223.82	123.175	1.257	160.773	159.372	65.678	2.055	1	0.221	37.54
Day work variation	-0.23	2.273	35.13	32.856	0.348	7.142	9.27	2.355	0.082	-0.044	0	-4.818
Night work start	1.813	89.067	207.783	108.716	1.122	162.606	158.193	63.051	1.919	1.005	0.206	44.165
Night work end	1.78	91.724	187.408	89.351	1.05	154.364	149.442	62.728	1.999	1.02	0.23	41.621
Night work variation	-0.032	-7.342	-20.375	-19.365	-0.072	-8.244	-8.751	-0.323	0.08	0.015	0.024	-2.344
Full-time work start	1.952	99.097	188.871	89.773	0.931	162.266	157.509	64.316	1.702	1.57	0.27	43.475
Full-time work end	1.849	95.409	198.889	103.479	1.086	153.4	154.084	63.647	1.795	1.042	0.218	43.192
Full-time variation	-0.103	-3.687	10.018	13.706	0.155	-0.865	-3.424	-0.669	0.093	-0.528	-0.052	-0.283

표 8. 지휘조사팀의 평균수치  
Table 8. Average value of C&I Team

Heart												
E-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	2.662	129.377	199.768	70.411	0.572	185.387	182.866	64.544	0.45	0.389	0.046	0
Day work end	2.383	138.679	196.298	57.619	0.445	191.304	187.616	67.182	0.615	0.372	0.068	0
Day work variation	-0.279	9.301	-3.49	-12.792	-0.127	5.917	5.25	2.638	0.165	-0.017	0.022	0
Night work start	2.228	130.11	183.703	53.593	0.449	179.983	176.931	59.837	0.515	0.441	0.065	0
Night work end	2.295	130.691	193.87	63.179	0.523	189.352	186.258	64.298	0.955	0.472	0.129	0
Night work variation	0.066	0.58	10.167	9.586	0.074	9.369	9.327	4.461	0.44	0.031	0.064	0
Full-time work start	3.084	127.315	218.325	91.01	0.72	202.455	199.253	65.463	0.4	0.313	0.048	0
Full-time work end	2.745	108.116	224.793	116.677	1.263	191.604	188.603	65.608	0.485	0.346	0.062	0.152
Full-time variation	-0.339	-19.199	6.468	25.667	0.543	-10.851	-10.65	0.145	0.085	0.033	0.014	0.152

Lung												
Ah-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	2.461	104.479	182.023	47.544	0.385	177.585	175.372	68.317	0.483	0.508	0.055	0
Day work end	2.155	148.608	191.846	43.237	0.323	187.043	184.77	72.147	0.298	0.397	0.03	0
Day work variation	-0.306	44.129	9.823	-4.307	-0.062	9.478	9.398	3.83	-0.185	-0.111	-0.025	0
Night work start	2.222	139.028	178.684	39.656	0.302	174.347	171.87	67.96	0.427	0.4	0.042	0
Night work end	2.3	129.271	182.69	53.418	0.444	178.083	174.138	70.027	0.53	0.535	0.073	0
Night work variation	0.077	-9.757	4.066	13.762	0.142	3.735	2.268	2.067	0.103	0.138	0.031	0
Full-time work start	1.972	109.393	202.856	93.463	0.908	193.292	188.904	74.426	0.432	0.377	0.044	0.399
Full-time work end	2.478	144.32	190.441	46.12	0.342	184.625	182.286	70.51	0.41	0.444	0.068	0
Full-time variation	0.506	34.927	-12.415	-47.343	-0.566	-8.667	-6.617	-3.916	-0.022	0.067	0.024	-0.399

Kidneys												
Uh-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	2.427	138.475	196.842	58.366	0.457	193.468	189.722	65.903	0.463	0.329	0.021	1.168
Day work end	1.959	151.19	201.76	50.57	0.302	197.333	195.204	69.194	0.458	0.331	0.016	0
Day work variation	-0.468	12.715	4.917	-7.796	-0.155	4.047	5.301	3.291	-0.005	0.002	-0.003	-1.168
Night work start	2.239	141.251	192.267	51.016	0.399	180.985	181.608	64.194	0.442	0.316	0.021	0
Night work end	2.534	120.741	195.402	74.661	0.857	189.171	182.427	66.591	0.586	0.328	0.03	0.801
Night work variation	0.285	-20.51	3.134	23.645	0.458	8.185	0.818	-2.396	0.144	0.012	0.009	0.801
Full-time work start	2.854	147.042	206.158	61.116	0.425	203.882	200.198	67.582	0.426	0.332	0.013	0
Full-time work end	2.645	146.987	206.543	59.556	0.435	198.454	195.524	65.833	0.592	0.217	0.022	0
Full-time variation	-0.209	-0.055	-1.614	-1.56	0.01	-5.227	-4.674	-1.759	0.166	0.085	0.009	0

Heart												
Nakdang Nalkang-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	1.979	90.855	204.645	113.789	1.341	143.56	152.806	62.791	1.558	0.975	0.163	32.314
Day work end	1.915	97.865	278.045	180.18	1.919	150.306	159.238	66.348	1.748	0.994	0.17	25.409
Day work variation	-0.064	7.009	73.4	66.391	0.578	6.746	6.431	3.557	0.19	0.019	-0.013	-6.905
Night work start	1.865	96.746	188.375	91.629	0.982	146.255	148.493	60.124	1.403	0.978	0.165	38.376
Night work end	1.777	91.029	222.265	131.236	1.476	144.88	149.685	60.813	2.001	0.961	0.216	36.077
Night work variation	-0.088	-5.717	33.89	39.607	0.494	-1.375	0.592	0.689	0.598	-0.017	0.051	-2.299
Full-time work start	2.029	98.345	203.249	104.903	1.145	152.081	156.192	65.051	1.586	0.935	0.15	38.322
Full-time work end	1.844	92.46	187.195	94.734	1.057	145.29	147.262	62.949	1.825	1.125	0.172	36.799
Full-time variation	-0.185	-5.885	-16.054	-10.169	-0.088	-6.791	-8.93	-2.102	0.239	0.19	0.022	-1.523

Lung												
Slo. Jilangga. Dichekchek-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	3.855	95.722	215.585	119.843	1.255	147.613	153.174	61.003	1.799	0.892	0.21	38.147
Day work end	3.658	95.523	311.663	216.14	2.249	167.999	170.994	66.166	1.856	0.94	0.239	38.625
Day work variation	-0.197	-0.198	96.098	96.297	0.994	20.388	16.92	5.165	0.057	-0.052	0.029	0.478
Night work start	3.563	99.697	213.224	113.526	1.154	147.832	153.187	58.682	1.486	0.891	0.169	43.603
Night work end	3.497	91.806	202.039	110.233	1.215	148.37	151.23	61.218	2.149	1.061	0.259	39.789
Night work variation	-0.066	-7.891	-11.185	-3.292	0.061	0.538	-1.957	2.536	0.663	0.17	0.07	-3.814
Full-time work start	3.925	95.449	289.973	194.524	2.786	163.328	166.726	64.064	1.742	0.958	0.195	41.459
Full-time work end	3.682	106.854	264.655	157.801	1.402	153.54	160.745	61.962	1.647	1.063	0.192	41.325
Full-time variation	-0.243	11.405	-25.318	-36.723	-1.384	-9.788	-5.98	-2.101	-0.095	0.105	-0.003	-0.134

Kidneys												
Aekpangpang-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	2.049	94.342	203.714	109.371	1.145	143.278	148.381	61.413	1.759	0.887	0.209	40.03
Day work end	1.867	98.058	327.677	229.619	2.403	168.674	176.958	66.751	1.815	1.053	0.171	35.953
Day work variation	-0.182	3.716	123.963	120.248	1.258	25.396	28.577	5.338	0.056	0.065	-0.038	-4.077
Night work start	1.955	87.518	200.563	113.044	1.303	154.454	154.808	59.757	1.77	1.01	0.16	42.652
Night work end	2.004	86.588	189.671	69.309	1.183	152.131	148.72	61.025	2.01	1.139	0.227	30.515
Night work variation	0.048	-0.93	-10.892	-43.735	-0.12	-2.323	-6.087	1.268	0.24	0.129	0.067	-12.137
Full-time work start	2.16	95.884	211.309	115.625	1.235	167.639	161.59	63.942	1.606	0.873	0.148	45.935
Full-time work end	1.918	102.904	227.577	124.673	1.211	187.005	184.426	62.991	1.461	1.248	0.153	33.213
Full-time variation	-0.242	7.22	16.268	9.048	-0.024	-19.368	-22.836	-1.351	-0.145	-2.625	0.005	-12.722

터로는 심장기능의 경우 지속시간이 주야간 모두 감소하며, 음성 진폭 변동율 값은 주간, 야간, 당번 모두 증가하였다. 소음대비 배음비율 값은 야간 및 당번 근무 때 증가함을 나타내었다. 주간, 야간, 당번 모든 근무에서 심장기능과 연계된 생체신호 값이 저하됨을 알 수 있었다. 폐 기능과 연계된 생체신호의 경우 음성 진폭을 수치가 야간과 당번근무의 경우 증가하였다. 신장과 연계된 생체신호의 경우 주간 및 당번 근무 때 증가하는 것으로 나타났다. 이는 지휘조사팀의 현장지휘 책임과 관내 모든 화재현장에 출동함에 따라 유해화학물질에 노출되게 되고 이로 인해 심장, 신장, 폐 기능과 연계된 생체신호 값의 저하가 주간, 야간, 당번 모든 근무에서 나타나는 것으로 여겨진다. 아래 표 9에 화재진압 팀에 대한 평균 수치를 나타내었다. 화재 진압 팀의 경우 관내 화재현장에 출동하여 화재진압 업무를 전문으로 수행한다. 운전원의 경

우 신속 정확한 화재현장 도착과 지속적인 소화 수 공급에 대한 스트레스를 화재진압요원의 경우 30Kg에 가까운 화재진압 장비를 착용하고 화재현장에 진입하여 인명검색 및 화재진압을 실시해야 한다. 특히 심야 시간 지하실 화재현장 같은 극한의 화재현장 출동 시에는 극도의 스트레스가 발생하게 된다. 유의미한 데이터로 폐 기능과 연계된 생체신호의 경우 음성 주파수 변동율이 주간에는 감소, 야간-당번 시 증가하였으며, 소음대 배음비의 경우 주간에는 감소하고 야간에는 증가하였다. 신장과 연계된 생체신호의 경우 지속시간이 주간-당번근무 시 감소하였고, 강도가 주간 근무 시 증가, 당번근무 시 감소하였다. 음성 진폭 변동율 값의 경우 주간, 야간, 당번 근무 모두 증가하였다.

표 9. 화재 진압 팀 평균수치  
Table 9. Average value of firefighting team

Heart												
E-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	3919	124.341	164.681	40.339	0.346	161.146	159.911	65.557	0.396	0.33	0.035	0
Day work end	2.981	134.066	179.05	44.984	0.366	171.666	170.961	67.887	0.353	0.27	0.032	0
Day work variation	-0.938	9.725	14.389	4.645	0.02	10.52	11.051	2.33	-0.033	-0.06	-0.003	0
Night work start	4.386	132.204	204.075	71.871	0.598	172.169	170.948	65.276	0.345	0.369	0.111	0
Night work end	2.719	127.439	178.189	50.75	0.389	169.442	168.862	66.069	0.323	0.286	0.043	0
Night work variation	-1.667	-4.765	-25.886	-21.121	-0.209	-2.727	-2.086	0.793	-0.022	-0.083	-0.068	0
Full-time work start	5.429	125.289	183.683	38.394	0.315	159.527	156.733	65.764	0.331	0.359	0.047	0.022
Full-time work end	4.576	116.163	209.102	92.938	0.958	160.625	159.566	63.931	0.37	0.342	0.074	0
Full-time variation	-0.853	-9.126	45.419	54.544	0.643	1.098	0.832	-1.833	0.039	-0.017	0.027	-0.022

Lung												
Ah-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	4.39	118.292	157.832	41.599	0.459	153.483	151.118	68.877	0.452	0.388	0.042	0.058
Day work end	2.924	134.073	166.5	32.427	0.233	160.854	159.715	70.311	0.372	0.38	0.034	0.124
Day work variation	-1.466	17.841	8.668	-9.172	-0.226	7.371	8.597	1.434	-0.08	0.014	-0.008	0.066
Night work start	3.955	128.802	165.002	36.199	0.291	161.914	160.586	72.458	0.273	0.349	0.026	0.15
Night work end	2.256	142.498	256.649	114.151	0.728	163.976	164.151	70.562	0.353	0.311	0.031	0
Night work variation	-1.699	13.696	91.647	77.952	0.437	2.062	3.565	-1.896	0.08	-0.038	0.005	-0.15
Full-time work start	4.765	126.138	159.676	33.537	0.296	154.654	154.076	72.387	0.26	0.341	0.041	0
Full-time work end	4.943	113.21	154.907	41.696	0.409	150.159	148.592	70.536	0.312	0.294	0.038	0.168
Full-time variation	0.178	-12.928	-4.768	8.150	0.113	-4.495	-5.483	-1.851	0.052	-0.047	-0.003	0.168

Kidneys												
Uh-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	4.382	125.428	161.264	35.836	0.31	155.995	155.197	66.031	0.267	0.238	0.013	0
Day work end	2.393	130.761	174.707	43.945	0.34	169.685	168.051	67.818	0.428	0.315	0.016	0
Day work variation	-1.989	5.333	13.443	8.109	0.03	13.69	12.854	1.786	0.161	0.077	0.003	0
Night work start	4.149	126.633	188.88	42.247	0.385	164.628	163.448	66.552	0.26	0.249	0.03	0
Night work end	4.772	122.893	177.623	54.729	0.458	167.506	166.495	66.733	0.296	0.279	0.016	0
Night work variation	0.623	-3.739	8.742	12.482	0.093	2.878	3.047	-0.18	0.036	0.03	-0.014	0
Full-time work start	5.213	126.222	165.479	39.259	0.359	162.72	162.537	67.638	0.273	0.291	0.017	0
Full-time work end	4.362	115.446	163.466	48.019	0.472	158.091	156.664	64.987	0.35	0.294	0.022	0
Full-time variation	-0.851	-10.776	-2.013	8.763	0.133	-4.628	-5.873	-2.651	0.077	0.013	0.005	0

Heart												
Nakdang Nulgang-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	2.293	81.113	166.151	85.037	1.104	135.505	136.289	61.3	1.857	1.015	0.221	49.043
Day work end	2.197	104.516	181.627	77.111	0.724	151.094	149.758	64.995	1.769	0.919	0.194	46.735
Day work variation	-0.096	23.403	15.476	-7.926	-0.38	15.589	13.469	3.295	-0.088	-0.095	-0.027	-2.308
Night work start	2.212	101.038	174.359	73.32	0.742	142.242	142.897	63.554	1.892	1.086	0.244	43.709
Night work end	1.836	92.989	218.965	125.975	1.257	142.475	145.778	62.777	1.791	0.921	0.201	38.915
Night work variation	-0.376	-8.048	44.606	52.655	0.515	0.233	2.881	-0.777	-0.101	-0.165	-0.043	-4.794
Full-time work start	2.063	91.466	169.003	77.538	0.854	132.968	135.273	63.747	1.9	1.048	0.224	41.644
Full-time work end	2.064	94.897	205.418	110.521	1.233	136.016	140.982	62.563	1.942	0.982	0.243	38.725
Full-time variation	0	3.431	36.415	32.985	0.379	3.048	5.709	-1.184	0.042	-0.066	0.019	-2.919

Lung												
Sob. Jeolgangs Dicheolbang-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	3.228	90.927	253.295	162.367	1.789	144.798	146.089	61.71	1.742	1.009	0.239	40.643
Day work end	3.573	100.358	277.642	177.283	1.758	167.614	163.29	64.346	1.676	0.882	0.213	41.574
Day work variation	0.345	9.431	24.347	14.916	-0.03	22.816	17.201	2.636	-0.066	-0.127	-0.026	0.93
Night work start	3.479	99.385	258.753	159.367	1.618	151.664	154.09	63.115	1.862	1.03	0.244	44.228
Night work end	3.763	100.84	286.705	185.864	1.8	161.488	168.496	62.648	2.053	1.135	0.258	42.596
Night work variation	0.284	1.455	27.322	26.497	0.182	9.824	14.406	-0.466	0.191	0.085	0.014	-1.63
Full-time work start	3.562	95.552	207.604	112.051	1.178	150.77	149.876	64.729	1.441	0.924	0.205	40.424
Full-time work end	3.588	96.002	225.539	129.536	1.42	144.948	145.037	61.716	1.716	0.992	0.239	48.163
Full-time variation	0.026	0.449	17.935	17.485	0.242	-5.822	-4.839	-3.013	0.275	0.067	0.034	7.739

Kidneys												
Wookgang bang-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	2.221	104.591	182.704	78.113	0.758	148.956	146.228	62.195	1.534	1.009	0.231	48.795
Day work end	1.802	96.987	197.946	100.958	1.078	158.2	152.665	67.359	2.299	0.979	0.202	43.397
Day work variation	-0.419	-7.604	15.242	22.845	0.32	9.244	6.436	5.163	0.765	-0.029	0.031	-5.398
Night work start	2.205	106.325	199.322	92.997	0.916	156.206	153.974	64.59	1.615	0.975	0.2	49.715
Night work end	2.01	91.945	191.532	99.586	1.11	157.52	151.839	62.39	1.659	0.93	0.205	47.119
Night work variation	-0.195	-14.38	-7.789	6.589	0.194	1.314	-2.134	-2.2	0.044	-0.044	0.004	-2.596
Full-time work start	3.351	98.85	151.204	52.353	0.533	154.555	149.93	64.303	1.361	0.947	0.183	49.076
Full-time work end	2.142	100.282	197.744	97.462	0.974	152.611	150.444	63.764	1.616	1.074	0.249	48.374
Full-time variation	-0.209	1.432	46.54	45.109	0.441	-1.944	0.513	-0.538	0.275	0.127	0.056	-0.701

아래 표 10에 구조대원의 평균값을 나타내었다. 구조대원은 교통사고, 수난사고, 산악사고, 화재현장, 벌집제거 등 각종 재난현장에 출동하여 인명 구조 및 각종 생활 안전 업무를 수행한다. 이에 따라 소방구조대원 채용 시 특수전 부대 근무경력이 2년 이상 있는 경력자만이 시험에 응시할 수 있도록 그 자격을 엄격히 제한하고 있다<sup>7)</sup>. 구조대원의 유의미한 데이터를 살펴보면 심장 및 폐 기능과 연계된 생체신호에 있어 특별한 저하 수치가 발견되지 않고 있다. 다만 신장과 연계된 생체신호 중 음성 주파수 변동율만이 증가하였다. 정리하면 구조대원은 다른 팀에 비해 체력(신체능력)이 강인하고 특수부대 출신으로 스트레스의 적응성이 뛰어난에 따라 생체신호의 유의미한 저하가 다른 팀에 비해 적다는 것을 확인할 수 있었다.

표 11에 구급 대원의 평균값을 나타내었다. 구급 대원은 각종 재난현장에 출동하여 국민들에게 응급의

료 서비스를 제공함을 주 임무로 한다. 구급 팀은 요구구조자에게 응급의료 서비스를 제공하는 임무를 수행하는 데서 스트레스를 받게 된다. 구급 대원은 화재에 직접적으로 투입되는 경우가 적어서 상대적으로 화재로 인한 유해 물질 노출이 적은 편이다. 유의미한 데이터로 심장과 연계된 생체신호의 경우 지속시간이 주간, 야간 당번 모두 감소하였다. 폐와 연계된 생체신호의 경우, 지속시간이 주간 및 당번근무에서 감소하였고, 음성 주파수 변동율은 주간은 감소, 당번 증가하였고, 소음대 배음비의 경우는 주간 감소, 야간 감소하였다. 이는 주간보다는 야간 및 당번의 경우 폐 기능과 연계된 생체신호 값의 저하가 있었음을 의미한다.

표 10. 구조대원의 평균값  
Table 10. Average value of rescue crew

Heart												
E-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	1.613	96.657	116.758	22.101	0.23	115.556	113.941	61.017	0.691	0.477	0.094	0
Day work end	1.576	104.295	123.726	19.43	0.186	118.73	117.354	61.845	0.746	0.399	0.071	0
Day work variation	-0.036	7.638	4.968	-2.671	-0.044	3.174	3.513	0.827	0.055	-0.078	-0.013	0
Night work start	1.554	100.73	133.095	32.365	0.33	126.703	123.257	61.981	1.133	0.47	0.079	0
Night work end	1.785	100.359	125.304	24.944	0.251	121.649	119.905	62.649	0.755	0.428	0.089	0
Night work variation	0.231	-0.371	-7.791	-7.421	-0.079	-5.054	-3.852	0.667	-0.378	-0.043	0.01	0
Full-time work start	1.159	102.77	192.578	89.807	0.992	147.421	143.585	64.854	0.778	0.42	0.084	0
Full-time work end	1.5	90.722	118.484	27.762	0.324	115.753	113.563	59.224	0.763	0.464	0.084	0
Full-time variation	0.341	-12.048	-74.094	-62.045	-0.668	-31.668	-30.022	-5.63	-0.015	0.044	0	0

Lung												
Ah-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	1.640	91.628	113.779	22.151	0.242	110.85	109.051	64.217	0.598	0.448	0.054	0
Day work end	1.739	94.245	113.375	19.129	0.207	107.281	106.283	62.706	0.716	0.622	0.153	0
Day work variation	0.09	2.617	-0.403	-3.022	-0.035	-3.369	-2.768	-1.511	0.208	0.173	0.099	0
Night work start	1.59	95.104	125.742	30.639	0.318	120.925	118.294	65.758	0.932	0.563	0.306	0
Night work end	1.578	89.953	114.194	24.24	0.277	111.111	109.81	67.419	0.799	0.428	0.073	0
Night work variation	-0.012	-5.151	-11.548	-6.398	-0.041	-9.813	-8.483	-1.663	-0.133	-0.135	-0.233	0
Full-time work start	1.056	107.354	142.652	35.298	0.327	139.44	135.754	71.478	1.023	0.535	0.1	0
Full-time work end	1.569	90.857	111.434	20.576	0.225	106.167	105.207	65.68	0.584	0.525	0.055	0
Full-time variation	0.513	-16.497	-31.218	-14.722	-0.102	-33.273	-30.547	-5.797	-0.439	-0.01	-0.045	0

Kidneys												
Uh-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	1.603	96.548	122.106	25.556	0.282	117.148	115.026	60.559	0.736	0.385	0.039	0
Day work end	0.578	95.434	122.264	26.83	0.304	115.901	113.954	61.398	1.034	0.502	0.06	0
Day work variation	-1.025	-1.114	0.158	1.272	0.022	-1.247	-1.072	0.839	0.298	0.117	0.021	0
Night work start	1.536	104.242	142.306	38.064	0.37	135.527	131.759	62.058	0.739	0.337	0.037	0
Night work end	1.483	100.265	121.407	21.142	0.213	117.734	116.161	60.889	0.679	0.372	0.03	0
Night work variation	-0.052	-3.977	-20.899	-16.922	-0.157	-17.793	-15.598	-1.169	-0.059	0.035	-0.007	0
Full-time work start	0.98	106.829	149.257	42.459	0.414	142.873	139.832	64.201	0.75	0.41	0.036	0
Full-time work end	1.401	94.509	123.888	29.359	0.317	118.251	115.673	60.002	0.666	0.371	0.039	0
Full-time variation	0.421	-12.319	-25.429	-13.109	-0.097	-24.622	-24.159	-2.198	-0.124	-0.039	0.003	0

Heart												
Nakdang Nulkang-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	1.14	80.855	136.378	55.517	0.684	106.661	110.951	60.043	2.149	0.974	0.228	29.704
Day work end	1.226	77.449	134.201	56.752	0.734	109.335	111.359	60.651	1.916	3.106	0.192	32.484
Day work variation	0.086	-3.406	-2.172	1.235	0.049	2.673	0.408	0.608	-0.233	2.132	-0.034	2.78
Night work start	1.27	83.322	146.018	62.696	0.751	119.55	119.456	59.923	1.945	0.859	0.185	34.901
Night work end	1.163	78.112	127.585	49.473	0.632	106.882	107.754	61.828	1.956	0.834	0.203	30.373
Night work variation	-0.107	-5.21	-18.433	-13.223	-0.119	-12.668	-11.702	1.905	0.01	-0.025	0.18	-4.528
Full-time work start	1.435	82.269	157.973	75.704	0.954	126.694	127.747	64.162	1.814	0.926	0.208	27.121
Full-time work end	1.544	74.837	131.957	57.12	0.778	107.735	107.709	57.672	1.998	0.899	0.187	36.251
Full-time variation	0.109	-7.432	-26.016	-18.584	-0.176	-20.959	-20.038	-6.49	0.184	-0.027	-0.021	9.13

Lung												
Sob. Jilangga. Dohchuldas-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	1.997	79.255	148.731	69.476	0.875	118.694	118.813	60.047	2.044	1	0.224	38.262
Day work end	1.992	79.745	148.955	69.21	0.876	118.676	118.157	59.936	2.022	1.095	0.25	40.346
Day work variation	-0.005	0.49	0.224	-0.266	0.001	-1.018	-0.656	-0.11	-0.022	0.095	0.026	2.084
Night work start	2.013	79.767	167.082	87.315	1.096	131.334	130.25	60.554	2.236	0.938	0.233	37.041
Night work end	2.071	79.676	149.549	69.872	0.882	119.816	119.013	61.865	2.416	0.891	0.246	33.967
Night work variation	0.058	-0.09	-17.533	-17.443	-0.214	-11.518	-11.237	1.311	0.18	-0.045	0.013	-3.074
Full-time work start	2.031	81.495	173.34	91.845	1.149	143.866	139.88	63.874	1.565	0.919	0.212	31.878
Full-time work end	2.372	76.672	153.772	77.1	1.007	116.448	116.658	59.944	1.991	1.048	0.192	42.041
Full-time variation	0.341	-4.823	-19.568	-14.745	-0.142	-27.418	-23.222	-3.93	0.036	0.129	-0.02	10.163

Kidneys												
Wokgangbang-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	1.098	79.568	142.335	62.767	0.791	120.525	117.286	60.378	2.981	1.205	0.283	34.269
Day work end	0.889	93.056	154.135	61.079	0.691	126.673	124.003	60.769	2.418	1.105	0.312	31.233
Day work variation	-0.209	13.488	11.8	-1.688	-0.1	6.148	6.717	0.39	-0.563	-0.1	0.029	-3.036
Night work start	1.163	86.536	177.059	90.523	1.034	142.523	134.634	60.722	2.863	1.071	0.288	42.377
Night work end	1.023	78.849	141.487	62.647	0.796	119.95	115.434	61.642	2.9	1.156	0.295	42.393
Night work variation	-0.14	-7.687	-35.562	-27.876	-0.238	-22.573	-19.2	0.92	0.036	0.085	0.001	0.015
Full-time work start	1.069	94.213	183.654	89.441	1.069	141.715	140.427	64.466	2.469	1.065	0.51	35.194
Full-time work end	1.293	78.405	154.178	75.773	0.971	125.954	119.718	61.668	2.316	1.097	0.236	42.982
Full-time variation	0.204	-15.808	-29.476	-13.868	-0.097	-15.781	-20.709	-2.8	-0.189	0.012	-0.274	7.788

표 12에 전체 교대 근무에 따른 소방관들의 전체 평균 수치 비교를 나타냈다. 수치를 비교하는 방법은 각 신체장기에 해당되는 모음과 문장의 음성 분석 값의 요소들 비교하여 두 요소 모두 증가 하였으면 'inc'로, 감소하였으면 'dec'로, 증가나 감소가 일치하지 않으면 'no match'로 표기하였다. 예를 들어 주간근무중인 소방공무원의 경우 근무시작전과 근무시작후의 심장에 해당되는 모음인 'E'음과 심장기능에 해당되는 문장인 'Nakdangulkang'의 지속시간이 모두 감소하였을 경우 dec로 표시하였다. 유효 데이터로 심장 기능과 연계된 생체신호의 경우 지속시간의 값이 주, 야간, 당번근무 종료 시 모두 감소함을 알 수 있다. 소음대 배음비 값이 주간에는 감소하며, 야간 및 당번의 경우 증가함을 알 수 있다. 폐 기능과 연계된 생체신호의 경우 음성 진폭 변동률 값이 주간에 감소하고, 야간 및 당번의 경우 증가하고 있다. 신장과 관련

된 생체신호의 경우 지속시간이 주간에는 감소하고 당번에는 감소하였으며, 음성 주파수 변동율은 모두 증가함을 알 수 있다. 이는 주간 근무가 다른 근무형태보다 생체신호와 연계된 수치의 저하 값이 적다는 것을 의미한다. 결론적으로 주간에 근무하는 경우는 정상 근무 패턴으로 근무 시작 시 긴장하였다가 근무가 종료되면서 안도감이 들어 심장 및 폐 기능과 연계된 생체신호 값이 회복됨을 의미한다. 이에 비해 야간 및 당번 근무의 경우 오랜 근무시간으로 지속적인 스트레스의 누적으로 근무가 종료로 인한 안도감에도 심장, 신장, 폐 기능과 연계된 생체신호 값이 회복되지 않음을 알 수 있다. 아울러 신장과 연계된 생체신호의 경우 주간, 야간, 당번 근무 시 모두가 수치가 저하되는 것으로 나타났다.

표 11. 구급대원의 평균값  
Table 11. Average value of paramedics

Heart												
E-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	1.758	145.572	217.101	7.513	0.845	210.616	206.153	69.673	0.495	0.368	0.096	0
Day work end	1.557	161.972	215.434	53.462	0.348	209.174	206.837	68.184	0.492	0.319	0.049	0
Day work variation	-0.201	16.399	-1.667	-18.051	-0.297	-1.442	0.683	-1.489	-0.003	-0.049	-0.047	0
Night work start	2.066	166.146	209.364	43.217	0.286	204.984	202.894	64.201	0.642	0.341	0.075	0
Night work end	1.652	155.611	211.32	55.708	0.398	206.99	203.942	66.08	0.637	0.463	0.125	0
Night work variation	-0.414	-10.535	1.955	12.491	0.112	2.006	1.048	-1.879	-0.005	0.122	0.05	0
Full-time work start	3.11	164.875	206.998	42.122	0.298	182.679	200.545	64.548	0.4	0.337	0.071	0
Full-time work end	1.516	141.53	209.432	67.902	0.74	203.887	200.029	66.357	0.581	0.338	0.092	0
Full-time variation	-1.594	-23.345	2.434	25.78	0.442	21.208	-0.515	-1.809	0.181	0.001	0.021	0

Lung												
Ah-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	1.567	151.022	209.449	58.426	0.486	204.931	199.704	74.392	0.526	0.508	0.064	0.514
Day work end	1.435	160.539	208.503	47.964	0.316	202.178	199.946	75.135	0.41	0.341	0.045	0
Day work variation	-0.132	9.517	-0.946	-10.462	-0.172	-1.853	0.241	0.743	-0.116	-0.168	-0.019	-0.514
Night work start	1.716	152.791	201.301	48.51	0.334	197.134	195.814	74.018	0.494	0.372	0.063	0
Night work end	1.451	146.472	199.071	52.599	0.385	195.978	192.487	73.062	0.554	0.477	0.073	0
Night work variation	-0.265	-6.318	-2.229	4.089	0.051	-1.155	-1.327	-0.956	0.06	-0.108	0.01	0
Full-time work start	2.774	154.921	196.863	41.941	0.308	193.436	173.209	73.189	0.431	0.421	0.044	0
Full-time work end	1.298	147.798	196.973	49.175	0.358	194.531	190.582	72.834	0.522	0.499	0.065	0.465
Full-time variation	-1.476	-7.122	0.11	7.233	0.05	1.095	17.373	-0.354	0.091	0.078	0.021	0.465

Kidneys												
Uh-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	1.798	125.014	213.426	88.411	0.85	210.418	207.196	73.139	0.396	0.244	0.021	0
Day work end	1.422	168.785	219.935	51.15	0.305	215.292	211.852	72.01	0.403	0.269	0.018	0
Day work variation	-0.376	43.771	6.509	-37.261	-0.545	4.874	4.656	-1.128	0.007	0.025	-0.003	0
Night work start	1.64	164.94	210.886	45.746	0.294	207.275	201.453	67.839	0.492	0.321	0.028	0
Night work end	1.508	137.755	207.908	70.152	0.701	200.247	197.434	69.539	0.487	0.285	0.019	0
Night work variation	-0.132	-27.185	-2.778	24.406	0.407	-7.027	-4.019	1.7	-0.005	-0.036	-0.009	0
Full-time work start	2.556	162.965	204.833	41.878	0.284	196.607	176.646	69.212	0.457	0.295	0.022	0
Full-time work end	1.298	161.799	207.768	45.968	0.313	200.856	198.213	69.161	0.544	0.305	0.026	0.621
Full-time variation	-1.258	-1.156	2.935	4.09	0.049	2.249	1.563	0.948	0.047	0.04	0.004	0.621

Heart												
Nakdang Nalkung-	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	1.931	108.317	224.086	115.768	1.084	192.572	181.686	68.535	1.856	0.845	0.201	32.759
Day work end	1.841	111.306	300.615	189.309	1.981	173.33	178.579	67.314	1.289	0.815	0.144	31.519
Day work variation	-0.09	2.989	78.529	73.54	0.897	-9.241	-3.101	-1.221	-0.567	-0.03	-0.057	-1.24
Night work start	2.007	109.369	207.73	98.361	0.943	175.284	173.245	65.528	1.436	0.874	0.155	30.871
Night work end	1.987	102.329	212.73	110.4	1.135	171.155	171.78	66.282	1.397	0.88	0.139	30.145
Night work variation	-0.02	-7.04	5	12.039	0.192	-4.128	-1.465	0.753	-0.038	0.006	0.039	-0.725
Full-time work start	2.135	110.262	205.338	95.076	0.885	167.195	168.376	64.203	1.465	0.907	0.218	38.867
Full-time work end	1.901	107.977	212.447	104.47	1.002	174.073	174.356	64.716	1.575	0.828	0.173	34.511
Full-time variation	-0.234	-2.285	7.109	9.394	0.117	6.878	5.979	0.512	0.11	-0.079	-0.045	-4.355

Lung												
Sio. Jajangga, chukchukhada	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	3.984	123.258	245.481	122.222	0.986	194.957	191.827	66.699	1.183	0.799	0.182	40.112
Day work end	3.797	112.401	256.58	144.179	1.22	192.883	187.398	66.803	1.218	0.789	0.153	44.548
Day work variation	-0.187	-10.857	11.099	21.957	0.234	7.926	-4.229	-1.896	0.034	-0.01	-0.009	4.436
Night work start	4.022	118.073	240.368	127.294	1.096	179.602	184.045	65.441	1.262	0.816	0.161	37.897
Night work end	4.319	114.726	231.479	116.753	1.027	175.049	179.538	65.517	1.231	0.764	0.188	39.885
Night work variation	0.297	-1.653	-8.888	-10.541	-0.069	-4.553	-4.506	0.075	-0.03	-0.051	0.027	1.988
Full-time work start	4.491	120.655	224.773	104.117	0.88	174.884	176.633	63.36	1.006	0.791	0.147	40.75
Full-time work end	4.045	122.506	231.354	108.848	0.9	191.314	188.64	64.756	1.104	0.793	0.132	38.358
Full-time variation	-0.446	1.851	6.581	4.73	0.02	16.43	10.005	1.396	0.098	0.002	-0.015	-2.392

Kidneys												
Meokpangou-bang	Duration Time	Min Pitch	Max Pitch	Pitch variation	Rate of Voice frequency	Median Pitch	Mean Pitch	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR	DoVB
Day work start	1.866	112.421	231.261	118.839	1.04	200.345	189.051	68.107	1.673	0.971	0.185	44.147
Day work end	1.816	114.742	247.954	133.212	1.186	192.165	189.935	67.681	1.569	0.882	0.153	37.717
Day work variation	-0.05	2.321	16.693	14.373	0.146	-8.18	0.884	-1.426	-0.104	-0.089	-0.042	-6.43
Night work start	1.867	111.187	254.499	143.311	1.332	196.812	189.567	65.928	1.489	0.973	0.167	40.151
Night work end	2.012	108.177	226.648	118.291	1.129	186.509	180.995	65.513	1.516	0.907	0.199	43.108
Night work variation	0.145	-3.009	-28.031	-25.02	-0.203	-10.303	-8.572	-0.414	0.046	-0.065	0.032	2.956
Full-time work start	2.162	106.851	224.345	117.493	1.122	198.426	181.006	64.461	1.428	0.954	0.219	42.913
Full-time work end	1.967	108.882	233.208	124.326	1.125	194.52	188.23	66.188	1.493	0.906	0.184	35.868
Full-time variation	-0.195	2.031	8.883	6.833	0.002	6.094	7.223	1.727	0.065	-0.078	-0.025	-7.044

표 12. 전체 평균 수치 비교표  
Table 12. comparison chart of overall average

Heart						
Comparison value of 'E' with 'Nakdaongnulkang'	Duration Time	Rate of Voice frequency	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR
Day work variation	dec	no match	inc	no match	dec	dec
Night work variation	dec	dec	inc	no match	dec	inc
Day-end variation	dec	inc	dec	inc	no match	inc
Lung						
Comparison value of 'Ah' with 'Sio, Jajangga, chukchukhada'	Duration Time	Rate of Voice frequency	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR
Day work variation	no match	no match	inc	inc	dec	no match
Night work variation	inc	inc	no match	inc	inc	no match
Day-end variation	dec	dec	dec	no match	inc	no match
Kidneys						
Comparison value of 'Uh' with 'Meokpangou-bang'	Duration Time	Rate of Voice frequency	Intensity	Jitter	Shimmer	NHR
Day work variation	dec	no match	inc	inc	no match	no match
Night work variation	no match	no match	no match	inc	inc	no match
Day-end variation	dec	inc	dec	dec	inc	no match

V. 결론

실험 결과 주간 근무의 경우 심장, 폐 기능과 연계된 생체 신호 값의 저하가 발생하지 않았다. 하지만 심장 기능과 연계된 수치는 저하가 발생하였다. 야간 및 당번 근무의 경우 심장, 폐, 신장 기능과 연계된 생체신호 값이 주간 근무와 달리 모두 저하가 발생하는 것으로 분석되었다. 특히 신장 기능은 주간, 야간, 당번 모든 근무에서 그 기능이 저하되는 것으로 나타났다. 소방공무원들은 평상시 각종 재난현장에서 유효 적절한 현장 활동 능력을 발휘하기 위하여 평소 장비 조작 및 전술훈련과 체력단련을 지속적으로 실시하고 있다. 따라서 일반인들에 비해 체력과 운동능력이 있어 더 강인함을 가지게 된다. 이러한 강인함을 가지고 있음에도 교대 근무에 따라 생체 장기 기능이 저하될 수 있다는 가능성을 알 수 있었다. 따라서 이러한 교

대 근무를 수행하는 소방공무원들의 건강 상태를 유지, 관리, 회복을 위한 연구가 진행되어야 할 것으로 사료된다.

### References

- [1] 2015 year Survey on human rights situation of Firefighters(source : National Personnel Committee)
- [2] [http://health.chosun.com/site/data/html\\_dir/2017/10/26/2017102602743.html](http://health.chosun.com/site/data/html_dir/2017/10/26/2017102602743.html)
- [3] W. G. Kim, et al., *Reading Donguibogam in a book*, Published by Deul-lyeok, Mar. 1999.
- [4] D. U. Cho, et al., "Proposal of dry foot-simulating instrument for verifying the efficiency using voice analysis," in *Proc. KICS Winter Conf. 2017*, Jeongseon-gun, Gangwon-do, Korea, Jan. 2017.
- [5] <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>
- [6] B. G. Yang, *Theory and Practice of Voice Analysis Using Praat*, Published by Mansu, 2003.
- [7] *Announcement of the Seoul Fire Service's New Employment Test Plan in 2019.*

### 이 범 주 (Bum Joo Lee)



2006년 8월 : 충북대학교 컴퓨터공학 학사  
 2016년 2월~현재 : 충북대학교 컴퓨터과학과 석박사 통합과정  
 2009년~2017년 : 영동소방서 화재조사관

2018년~현재 : 청주동부소방서 화재조사관  
 1996년~현재 : 화재감식평가기사 외 17개 자격증 취득  
 <관심분야> 음성분석, 빅데이터, 국가재난 시스템구축

### 이 선 경 (Sun Kyoung Lee)



2019년 2월 : 충북도립대학교 의료전자기기과 졸업  
 2019년 3월~현재 : 충북도립대학교 의료전자기기과 조교  
 <관심분야> 음성 분석, 생체신호분석

### 조 동 욱 (Dong Uk Cho)



1983년 2월 : 한양대학교 전자공학 학사  
 1985년 8월 : 한양대학교 전자공학 석사  
 1989년 2월 : 한양대학교 전자통신공학 박사  
 1989년 3월~1990년 2월 : 한양대학교 Post Doc. 연구원  
 1989년 9월~1991년 2월 : 동양미래대학교 통신공학과 교수  
 1991년 3월~2000년 2월 : 서원대학교 정보통신공학과 교수  
 1999년 : 미국 Oregon State University 교환교수  
 2000년 3월~현재 : 충북도립대학교 교수  
 2000년~2002년 : 한국전자통신연구원 초빙연구원  
 2001년 4월 : 충북도지사 표창  
 2002년 12월 : 한국콘텐츠학회 학술대상  
 2007년 9월 : 대통령 표창  
 2008년 12월 : 한국정보처리학회 학술대상  
 2009년 11월 : 한국산학기술학회 학술대상  
 2010년 7월 : 충북도지사 표창  
 2010년 2월~2012년 1월 : 충북도립대학교 기획협력처장  
 2011년 11월 : 교육과학기술부 장관 표창  
 2012년 11월 : 한국통신학회 LG학술상  
 2016년 6월 : 한국통신학회 우수논문상  
 2016년 1월~2017년 11월 : 충북도립대학교 산학협력단장  
 2017년 9월 : 사회부총리 겸 교육부장관 표창  
 2017년 11월 : 한국통신학회 LG학술상  
 2018년 11월 : 한국통신학회 우수논문상  
 2019년 5월 : 국무총리 표창  
 2009년 1월~2016년 12월 : 한국정보처리학회 부회장  
 2016년 1월~2018년 12월 : 한국통신학회 부회장  
 <관심분야> 음성 분석, 생체신호분석, 신호처리

정 연 만 (Yeon Man Jeong)



1983년 2월 : 숭실대학교 전자  
공학

1985년 2월 : 숭실대학교 전자  
공학 석사

1991년 8월 : 숭실대학교 전자  
공학 박사

1993년~현재 : 강릉원주대학교  
정교수

<관심분야> 음성신호처리, 통신신호처리, 무선통신  
시스템, RF IC 설계