

극초단파치료를 사용하는 물리치료실의 환경이 물리치료사의 인체자율신경계에 미치는 영향

신한기 · 이태규 · 전재윤 · 김주승[†] · 강종호¹

부산가톨릭대학교 대학원 물리치료학과, ¹부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과

The Effect of the Physical Therapy Treatment Room Environment Using Microwave Diathermy on the Autonomic Nervous System of Human Body

Han-Ki Shin, PT, BS, Tae-Kyu Lee, PT, BS, Je-Yoon Jun, PT, BS, Ju-Seung Kim, PT, BS,[†] Jong-Ho Kang PT, PhD¹

Department of Physical Therapy, Graduate School, Catholic University of Pusan

¹Department of Physical Therapy, College of Health Sciences, Catholic University of Pusan

Received: December 8, 2014 / Revised: December 30, 2014 / Accepted: December 30, 2014

© 2015 J Korean Soc Phys Med

| Abstract |

PURPOSE: The purpose of this study is to investigate the effect of the physical therapy treatment room environment using microwave diathermy on the autonomic nervous system of human body.

METHODS: Participants were 24 healthy adults. Standard deviation of all normal R-R intervals(SDNN), root mean square of successive differences(RMSSD), low frequency(LF), high frequency(HF), LF/HF ratio were compared in microwave irradiation and non-irradiation group. Data were analyzed in Wilcoxon's signed-ranks test and Mann-Whitney U test.

RESULTS: Standard deviation of all normal R-R intervals

(SDNN), root mean square of successive differences (RMSSD), low frequency(LF), high frequency(HF), LF/HF ratio were not significantly different in microwave irradiation group. Standard deviation of all normal R-R intervals(SDNN), root mean square of successive differences (RMSSD), low frequency(LF), high frequency(HF), LF/HF ratio were not significantly different in microwave non-irradiation group. Standard deviation of all normal R-R intervals(SDNN), root mean square of successive differences (RMSSD), low frequency(LF), high frequency(HF), LF/HF ratio were not significantly different between two groups.

CONCLUSION: There was no significant change in the sympathetic nervous system and parasympathetic nervous system regardless of the presence of microwave irradiation. There was no significant change in the autonomic nervous system adaptability regardless of the presence of microwave irradiation. According to this study, microwave diathermy does not have significant effect on the autonomic nervous system. Future study is necessary to investigate the long term effect of the physical therapy

[†]Corresponding Author : alexander810908@gmail.com

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

treatment room environment using microwave diathermy on the autonomic nervous system of the human body.

Key Words: Autonomic nervous system, Microwave diathermy, Heart rate variability

I. 서론

자율신경계는 인체가 외부 및 내부 환경에서 주어지는 스트레스에 대하여 항상성(homeostasis)을 유지시켜 준다. 교감신경계는 심장으로 가는 혈류를 증가시켜주고 호흡을 깊고 빠르게 해 일반적으로 스트레스 상황에 효율적으로 대처하게 해준다(Bae, 1996). 교감신경계가 활성화되면 심장박동, 혈압, 호흡수가 증가하고(Lee, 1986) 반대로 부교감신경계의 항진은 심박동수, 심방근육수축력, 심박출량 감소 등을 유발한다(Inoue et al, 1995).

자율신경계활동의 변화는 신체의 이상징후를 반영한다. 최근 자율신경계를 통한 질병이나 치료의 결과를 평가하는 연구들이 증가하는 추세이다. Djeddi(2013) 등의 연구에 의하면 부교감신경의 활동감소는 위식도역류와 관계있다고 보고 하였다. 또한 Chen(2013) 등의 연구에서는 가변적 뇌혈관연축증후군을 보이는 환자에게서 부교감신경의 활동감소와 교감신경활동의 증가가 나타났다. 뿐만아니라 자율신경계의 이상은 심장질환에 영향을 끼칠 수 있다고 보고 하였다(Demir, 2013).

전자파는 가정기기, 무선통신, 휴대용전자기기, 의료용기기, 산업장비 등 다양한 분야에서 사용되고 있지만 유해성에 대한 의문도 제기되고 있다. Borkiewicz 등(1996)에 따르면 고주파에 노출된 작업자들은 감소된 부교감신경계기능으로 자율신경계조절에 이상이 보인다고 하였다. 그리고 전자파노출은 두통과피로, 수면장애, 기억력감소, 학습장애, 인지능력에 영향을 미칠 수 있다는 보고도 있었다(Habash,2007).

물리치료실에서도 단파(short wave diathermy, SWD)와 극초단파(micro wave diathermy, MWD)를 통해 전자기파를 이용한 치료를 시행하고 있다. 그중 극초단파(MWD)는 고함수조직에서 선택적으로 흡수하는 성질

을 이용하여 특정조직을 선택적으로 가열하는 방법으로 현재 물리치료실에서 널리 사용되고 있다. 고주파에너지가 조직에서 열에너지로 전환됨에 따라 국소조직의 온도가 상승하고 세포의 기능이 증진되며, 또한 조직 온도가 상승하면서 혈관이 확장되고 조직의 혈류량을 증가시킨다. 극초단파는 진통작용, 악성종양치료, 만성감염의치유촉진 등에 효과가 있다(Lee, 2008). 하지만 Havas(2010) 등의 연구에서는 극초단파를 25명의 대상자에게 조사하였을때 HRV측정결과 교감, 부교감신경계에 변화가 나타난다는 결과를 보고하였다. 그리하여 극초단파조사시에 자율신경계의 변화가 나타나고 민감한 사람이 전자기파에 노출될 경우에 위험할 수도 있다고 하였다. 고주파기기를 많이 사용하는 물리치료사를 대상으로 임신성적을 보고한 연구에서 고주파가 자연유산, 저체중아, 사산아와 같은 불량한 임신예후와 연관성이 있다고 하였는데(Larsen, 1991) Guberan 등(1994)의 연구에서는 고주파기기와 임신예후에 연관성이 없다고 하였다. 논란의 여지가 있지만 이러한 결과들을 볼 때 물리치료에서 사용하는 전자기파기기의 위험성도 간과할 수 없다.

국내에서는 전자파노출환경평가기준연구(National Radio Research Agency, 2009)에서 전기장, 자기장, 유도전류, 전자파흡수율(specific absorption rate, SAR)등을 규제하는 등 전자파인체보호기준을 마련하였다. 그리고 전자파시험법가이드라인(National Institute of Food and Drug SafetyEvaluation, 2012)에 의하면 고주파응용의료기기는 전기기계적 안전에 관한 공통 기준규격(Ministry of Food and Drug Safety, 2006)과 전자파안전에 관한 공통 기준규격(Ministry of Food and Drug Safety, 2007)에 부합해야 한다. 이러한 기준에 맞게 고주파기기가 생산되지만 실제 상황을 반영한 실험환경에서 전자파기기가 자율신경계균형에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는 국내연구가 없었기 때문에 물리치료사들은 안정성에 대한 의문을 가지고 근무하고 있다.

극초단파치료를 사용하는 물리치료실환경에 대한 연구는 매우 제한적이며, 특히 환경변화에 예민하게 반응하는 자율신경계를 평가한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 물리치료실에서 많이 사용하고 있는

Table 1. General characteristics of subjects

n	Age	Height(cm)	Weight(kg)
24(male 17, female 7)	28.00±3.46	170.54±7.10	64.33±10.54

400~2999mhz대의전자기파를사용하는극초단파치료기에 간접적인 노출이 자율신경계에 어떤 영향을 미치는지 HRV를 이용해 평가하여 극초단파를 사용하는 물리치료실의 작업환경 안전성에 대한 정보를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에 참여한 연구대상자는 부산시내에 근무하는 물리치료사중에 흡연경력, 만성질환, 손상및치료경험, 통증, 기능장애, 전날 과도한 음주력이 없는 건강한 남, 여 물리치료사 24명을 대상으로 하였다.헬싱키선언의 윤리적 기준에 의거하여 참여한 대상자에게 연구의 목적과 과정에 대한 충분한 설명을 하였고 대상자들은 자발적으로 실험참여에 동의하였다.

대상자의 일반적 특성은 (표1)과 같다. 모든 대상자들은 일주일 간격으로 실험군과 대조군 모두에 참가하였고 참가순서는 순서효과를 배제하기 위해 상쇄균형화(counterbalancing)하였다.

2. 측정도구및측정방법

자율신경계의 평가방법으로는 심박변이도(heart rate variability, HRV) 분석이 사용되었다. 연속적으로 심전도를 측정하였을 때 심장박동 사이의 간격(R-R과간격)의 변동을 시간에 따라 측정한 것을 HRV(heart rate variability)라고 한다(Kim, 2003). HRV 분석방법은신뢰성과 재현성이 높은 비침습적 자율신경계평가방법이다(Kamath와 Fallen, 1993; Malliani등, 1994; John 등, 2008).

HRV 측정에 사용된 기기는 맥파분석기(UbioMacpa, biosense creative co., Korea)로 대상자는 실험실의자에 앉아 10분간 휴식을 취하도록 하여 실험실환경에 적응시켰다. 좌측검지에맥파센서(pulsewave sensor)를 부착한 후 좌측손은 테이블에 올려 두어 심장의 높이와 맞추

었다. HRV는 2회 연속 측정하고 평균하였다. HRV 측정은 시간영역(time domain)과 주파수영역(frequency domain), 2가지 방법으로 측정 및 분석하였다. 시간영역 항목은 자율신경계의 적응을 평가할 수 있다고 알려진 R-R 간격의 표준편차인 SDNN(standard deviation of all normal R-R intervals)을 측정(Pomeranz 등, 1985)하였고, R-R 간격차이의 RMS 평균으로 심장의 안정도에 해당하고 심장의 부교감신경조절을 측정하는 지수가 되는 RMSSD(root mean square of successive differences)를 측정하였다. 주파수영역항목은 0.04- 0.15Hz 주파수영역을 측정하고 교감신경계의 활성을 나타내는 저주파전력(low frequency oscillation power, LF)과 고주파전력(high frequency oscillation power, HF), 자율신경계의 균형평가에 이용되고 있는 저주파/고주파비(LF/HF ratio)를 평가하였다(Pomeranz 등, 1985).

3. 실험도구및실험방법

물리치료기기를 사용했을 때 인체자율신경계의 변화를 평가하는 실험절차는 Kang과 Kim(2009)의 경피신경전기자극이 자율신경계에 미치는 영향을 연구한 방법을 참고하였다. 그리고 Ha 등(2001)의 선행연구를 참고하여 실험 전후의 자율신경계 상태를 확인하기 위한 심박변이도 평가를 시행하였다.

실험실의 온도는 18~22℃, 습도는 40~50%를 유지하고 외부로부터 소음을 차단하고 실험하였다. 대상자들은 실험전 공복상태를 유지하였고 카페인이든 음료, 약물, 알코올 성분의 섭취를 금지하였다. 모든 대상자들의 의복은 반팔과 반바지로 통일하였고 착용하고 있는 모든 귀금속은 제거하였다. Ha 등(2001)의 연구에 의하면 오전과 오후에 따라 자율신경계의 활성화도에 차이가 있으므로 실험은 오후 6시~9시로 동일한 시간대에 실시하였다.

극초단파조사를 위해 사용된 기기는 극초단파치료기(STM-900, Stratek, Korea)이다. 극초단파치료기는 대상자들이 작동유무를 알지 못하도록 대상자 뒤에 위치

Table 2. Comparison of autonomic adaptation(SDNN)

unit :ms

	pre	post	p
non-irradiation group	50.08±19.94	53.10±20.06	0.21
irradiation group	52.25±16.08	55.83±18.25	0.10
p	0.60	0.60	

Table 3. Comparison of RMSSD

unit :ms

	pre	post	p
non-irradiation group	34.00±14.84	35.97±15.50	0.17
irradiation group	34.07±13.09	36.39±15.41	0.10
p	0.85	0.85	

하였다. 전극(director)은 대상자 뒤 1m 거리에 위치하였고, 높이는 대상자의 어깨선과 수평이 되게 하였다. 전극의 방향은 지면을 향하게 하여 직접적인 조사에 의한 열 효과를 배제하고 간접적인 노출의 영향을 확인하였다. 극초단파조사군은 사전 HRV 측정후 극초단파를 100W의 강도로 10분간 조사한 뒤 재측정하였다. 극초단파비조사군은 사전 HRV 측정후 극초단파의 전원을 작동하고 강도는 0W로 하여 10분간 극초단파조사군과 동일한 환경을 제공한 뒤 재측정하였다. 대상자들의 실험군과 대조군의 참여는 일주일 간격을 두고 실시되었다.

4. 분석방법

연구를 통해 얻어진 데이터는 SPSS 12.0 for windows를 사용하였으며 모든 데이터 표기는 평균과 표준편차를 사용하였다. 극초단파 비조사군과 극초단파 조사군에 대한 HRV 측정을 통해 획득된 주파수영역과 시간영역의 그룹내의 전후 비교를 위하여 윌콕슨검정을 실시하였고 그룹간의 비교를 위하여 맨-휘트니검정을 실시하였다. 유의수준 α 는 0.05로 하였다.

III. 결 과

1. 시간영역분석결과

1) SDNN

극초단파비조사군과 극초단파조사군의 사전측정

SDNN 값($p>.05$), 극초단파비조사군과 극초단파조사군의 사후측정 SDNN 값($p>.05$), 극초단파비조사군의 사전 및 사후측정 SDNN 값($p>.05$), 극초단파조사군의 사전 및 사후측정 SDNN 값($p>.05$) 사이의 비교에서 모두 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 2).

2) RMSSD

극초단파비조사군과 극초단파조사군의 사전측정 RMSSD 값($p>.05$), 극초단파비조사군과 극초단파조사군의 사후측정 RMSSD 값($p>.05$), 극초단파비조사군의 사전 및 사후측정 RMSSD 값($p>.05$), 극초단파조사군의 사전 및 사후측정 RMSSD 값($p>.05$) 사이의 비교에서 모두 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 3).

2. 주파수영역분석결과

1) LF

극초단파비조사군과 극초단파조사군의 사전측정 LF 값($p>.05$), 극초단파비조사군과 극초단파조사군의 사후측정 LF 값($p>.05$), 극초단파비조사군의 사전 및 사후측정 LF 값($p>.05$) 극초단파조사군의 사전 및 사후측정 LF 값($p>.05$) 사이의 비교에서 모두 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 4).

2) HF

극초단파비조사군과 극초단파조사군의 사전측정

Table 4. Comparison of LF

unit :ms²

	pre	post	p
non-irradiation group	7.39±0.70	7.56±0.76	0.15
irradiation group	7.51±0.68	7.64±0.62	0.39
p	0.51	0.77	

Table 5. Comparison of HF

unit :ms²

	pre	post	p
non-irradiation group	6.22±0.68	6.32±0.66	0.06
irradiation group	6.31±0.62	6.38±0.68	0.37
p	0.85	0.86	

Table 6. Comparison of autonomic balance(LF/HF ratio)

	pre	post	p
non-irradiation group	1.20±0.10	1.20±0.12	0.81
irradiation group	1.19±0.10	1.21±0.11	0.27
p	0.83	0.79	

HF 값($p>.05$), 극초단파비조사군과 극초단파조사군의 사후측정 HF 값($p>.05$), 극초단파비조사군의 사전 및 사후측정 HF 값($p>.05$), 극초단파조사군의사전 및 사후측정 HF 값($p>.05$) 사이의 비교에서 모두 통계학적으로 유의한 차이가 없었다(Table 5).

3) LF/HF ratio

극초단파비조사군과 극초단파조사군의 사전측정 LF/HF ratio 값($p>.05$), 극초단파비조사군과 극초단파조사군의 사후측정 LF/HF ratio 값($p>.05$), 극초단파비조사군의 사전 및 사후측정 LF/HF ratio 값($p>.05$), 극초단파조사군의 사전 및 사후측정 LF/HF ratio 값($p>.05$)사이의 비교에서 모두 통계학적으로 유의한 차이가 없었다 (Table 6).

IV. 고 찰

본 연구는 극초단파치료를 사용하는 물리치료실의 환경에서 극초단파치료가 인체의 자율신경계에 미치는 효과를 확인하기 위해 실시되었다. 대상자는 현재 병원에서 근무하고 있는 성인남녀물리치료사 24

명을 대상으로 실시하였다. 그 결과, 시간영역항목에서는 자율신경계의 적응을 평가하는 SDNN과 심장의 안정도 및 부교감신경조절을 평가하는 RMSSD에서 극초단파치료가의 간접조사 유무와 상관없이 일정하게 유지되었다. 주파수영역항목에서는 교감신경계를 나타내는 LF, 부교감신경계를 나타내는 HF, 자율신경계의 균형평가에 이용되고 있는 LF/HF ratio에서도 극초단파치료가의 간접조사 유무와 상관없이 일정하게 유지되었다. 이는 극초단파치료가의 간접조사가 자율신경계의 적응, 심장의 안정도, 교감 및 부교감신경의 활성화와 자율신경계의 균형등의 자율신경계 전반에 영향을 미치지 않았다는 것을 의미한다.

선행연구에서 Braune 등(1998)은 성인대상자 10명에서 35분간의 900 MHz대역의 노출에 의한 혈압, 맥박수, 모세혈관혈류의 변화를 관찰한 연구에서 노출이 교감신경의 활성을 증가시킨다고 보고하였다. 그러나 Braune 등(2002)의 연구에서는 40명의 젊은 남,녀를 대상으로 이틀 간에 걸쳐 위약(placebo)군과 실제 900 MHz에 20분간 노출시킨 군에 참가시킨 결과 혈압, 맥박, 말초혈류량, 혈액내에피네프린, 노르에피네프린의

변화에서 모두 노출유무와 관련이 없었다. 이러한 결과는 본 연구의 결과와 일치하는데 1998년의 연구에 비해 2002년의 연구에서는 대상자가 증가함에 따라 그 오차가 줄어 들었기 때문이라 사료된다.

Nam 등(2005)의 연구결과 835 MHz에 노출된 청소년군이 위약군에 비하여 피부저항이 유의하게 감소하여 인체자율신경계에 영향을 미칠 수 있음을 보고 하였다. 그러나 성인에서는 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과는 청소년기의 성장에 따른 불안정성에 기인한 것으로 사료되고, 대상자가 성인물리치료사인 본 연구의 결과와 다르게 나타났다고 판단된다.

Tahvanainen 등(2004)은 900 MHz와 1,800 MHz를 성인을 대상으로 35분간 노출시켰을 때 혈압이나 맥박수에 변함이 없다고 보고 하였고, Hietanen 등(2002)은 전자파과민반응을 호소하는 성인 20명을 대상으로 900 MHz, 1800 MHz 노출에 대한 혈압, 맥박수 변화 및 자각증상을 연구한 결과 인체반응 및 자각증상이 관련이 없음을 보고 하였다. 또한 Meral 등(2014)은 30마리의 기니피그를 대상으로 815~900MHz에 실험군 20마리에 하루 12시간씩 20분간 노출시킨 결과 심전도상의 통계학적 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과들은 극초단파가 자율신경계에 영향을 미치지 않는다는 본 연구의 결과와 일치한다.

본 연구에서 시간의 흐름에 따라 HRV변수들이 증가하였는데 실험군 대조군 모두에서 소폭 증가한 것으로 보아 실험상황에 따른 스트레스에 기인한 것으로 보인다(Hong, 2008).

본 연구의 제한점은 실험기간이 짧았기 때문에 장기적으로 사용하였을 때의 변화를 확인하기 어렵다는 것이다. 또한 대상자의 성비가 고르지 않아서 여성물리치료사에게 일반화하기 어렵다. 후후연구에서는 간접조사시간과 근무기간에 따른 물리치료사의 인체자율신경계에 미치는 영향을 확인하는 연구가 필요하다.

V. 결론

극초단파의 간접조사가 인체자율신경계에 미치는

영향을 HRV 분석방법으로 연구한 결과, 극초단파비조사군과 극초단파조사군사이에 통계학적 유의성이 없었다. 따라서 물리치료실에서 사용하는 극초단파치료기가 물리치료사의 작업환경에서 자율신경계에 무해한 것으로 나타났다. 더 나아가 극초단파치료를 사용하는 환경이 장기적으로 인체자율신경계에 영향을 미치지 않는가에 대해 확인하는 연구가 필요하다.

References

- Bae JH. The inner response process of the body by Stress. The Korean Society of Sports Science. 1996;5(1): 105-16.
- Lee CM. A review in organizational stress and preventive management. The Journal of Behavioral Sciences. 1986;8:233-55.
- Inoue K, Ogata H, Hayano J, et al. Assessment of autonomic function in traumatic quadriplegic and paraplegic patients by spectral analysis of heart rate variability. J Auton Nerv Syst. 1995;54(3):225-34.
- Djeddi DD, Kongolo G, Stéphan-Blanchard E, et al. Involvement of autonomic nervous activity changes in gastroesophageal reflux in neonates during sleep and wakefulness. PLoS ONE. 2013;8(12):e83464.
- Chen SP, Yang AC, Fuh JL, et al. Autonomic dysfunction in reversible cerebral vasoconstriction syndrome. J Headache Pain. 2013;14(94).
- Demir M, Günay T, Özmen G, et al. Relationship between vitamin D deficiency and nondipper hypertension. Clin Exp Hypertens. 2013;35(1):45-9.
- Bortkiewicz, A, Gadzicka, E, Zmysłony M. Heart rate variability in workers exposed to medium frequency electromagnetic fields. J Auton Nerv Syst. 1996;59(3): 91-7.
- Habash RWY. Bioeffects and therapeutic applications of electromagnetic energy. USA. CRC Press. 2007.
- Lee JH. Electrotherapy. Seoul. Daihak publishing company. 2008.
- Havas M, Marrongelle J, Pollner B, et al. Provocation study

- using heart rate variability shows microwave radiation from 2.4 GHz cordless phone affects autonomic nervous system. *Eur J Oncol. Library.*2010;5:273-300.
- Larsen AI, Olsen J, Svane O. Gender-specific reproductive outcome and exposure to high-frequency electromagnetic radiation among physiotherapists. *Scand J Work Environ Health.* 1991;17(5):324-9.
- Guberan E, Campana A, Favai P, et al. Gender ratio of offspring and exposure to shortwave radiation among female physiotherapists. *Scand J Work Environ Health.* 1994;20(5):345-8.
- Research on evaluating environment of electromagnetic wave exposure. National Radio Research Agency. 2009.
- Guidelines for the electromagnetic wave Test. National Institute of Food and Drug Safety Evaluation. 2012.
- Common Criteria specifications for electrical and mechanical safety of medical devices. Ministry of Food and Drug Safety. 2006.
- Common Criteria for electromagnetic wave safety of Medical Device. Ministry of Food and Drug Safety. 2007.
- Kim MS, Kwak MA, Jang US, et al. Effect of electroacupuncture stimulation on heart rate variability in healthy adults. *The Journal of Korea Acupuncture & Moxibustion Society.*2003;20(4):157-69.
- Kamath MV, Fallen EL. Power spectral analysis of heart rate variability: a noninvasive signature of cardiac autonomic function. *Crit Rev Biomed Eng.*1993;21(3): 245-311.
- Malliani A, Lombardi F, Pagani M. Power spectrum analysis of heart rate variability: a tool to explore neural regulatory mechanism. *Br Heart J.*1994;71(1):1-2.
- John Z, Dennis E, Braian DC, et al. Effects of biofreeze and chiropractic adjustments on acute low back pain: a pilot study. *J Chiropr Med.* 2008;7(2):59-65.
- Pomeranz B, Macaulay RJ, Caudill MA, et al. Assessment of autonomic function in humans by heart rates spectral analysis. *Am J Physiol.*1985;248:151-3.
- Kang JH, Kim YN. The Influence of Transcutaneous Electrical Stimulation on Autonomic Function. *The Korean Society of Physical Medicine.* 2009;4(4):241-7.
- Ha MN, Kim JY, Park JS, et al. Influence of shiftwork duration on blood pressure and heart rate variability in short rotating 8-hour shiftworkers. *Korean J Occup Environ Med .* 2001;13(2):180-9.
- Braune S, Wrocklage C, Raczek J, et al. Resting blood pressure increase during exposure to a radio-frequency electromagnetic field. *Lancet.*1998;351(9119):1857-8.
- Braune S, Riedel A, Schulte-Mönting J, et al. Influence of a radiofrequency electromagnetic field on cardiovascular and hormonal parameters of the autonomic nervous system in healthy individuals. *Radiation research,* 2002;158(3):352-6.
- Nam KC, Kim SW, Kim SC, et al. Effects of RF exposure on human physiology by CDMA cellular phones. *Journal of Electromagnetic Engineering and Science.* 2005;16(5):511-7.
- Tahvanainen K, Nimo J, Halonen P, et al. Cellular phone use does not acutely affect blood pressure or heart rate of humans. *Bioelectromagnetics.*2004;25(2): 73-83.
- Hietanen M, Hamalainen AM, Husman T. Hypersensitivity symptoms associated with exposure to cellular telephones. *Bioelectromagnetics.* 2002;23(4):264-70.
- Meral I, Tekintangac Y, Demir H. Effects of 900 MHz electromagnetic field emitted by cellular phones on electrocardiograms of guinea pigs. *Hum Exp Toxicol.* 2014;33(2):164-9.
- Lefebvre JH, Goodings DA, Kamath MV, et al. Predictability of normal heart rhythms and deterministic chaos. *Chaos.*1993;3(2):267-76.
- Hong HK, Ji HC, Kim SC, et al. Subjective symptoms and physiological changes of RF exposure by a cellular Phone. *The Institute of Electronics and Information Engineers.* 2008;45(3):59-67.