

## The Biologic Effect of Millimeter Wave Irradiation Followed to Photodynamic Therapy on the Tumor

Jin-Chul Ahn<sup>1</sup>, Chang-Sook Lee<sup>2</sup>, So-Young Chang<sup>1</sup> and Sung-Chul Yoon<sup>2†</sup>

<sup>1</sup>Medical Laser and Device Research Center, Dankook University, Cheonan, Chungnam 330-714, Korea

<sup>2</sup>Department of Internal Medicine, College of Medicine, Dankook University, Cheonan, Chungnam 330-714, Korea

Photodynamic therapy consists of a photosensitizer, suitable light source and oxygen. The excitation of the photosensitizer at a cancer mass results in oxidation which would ultimately reduce the mass via apoptosis. Millimeter wave (MMW) therapy has also been known to be effective on cancer cell mass reduction, human cell regeneration and immunity enhancement among the Russian clinicians and scientists. In the present study, the two modalities were combined to achieve synergistic effects while reducing the administration dosage of the photosensitizer, photogem, thus minimizing the side effects. The CT-26 adenocarcinoma cell mass was implanted on mice and the tumors were exposed to a simple MMW irradiation or a combined treatment of MMW and PDT. The treatments continued for 4 weeks and the size of the tumor was measured continuously. The significant therapeutic result of MMW was not found during 4 weeks, preferably more cancer recurrence possibility after MMW irradiation was observed. The results of this study suggest that the combination of MMW irradiation and photodynamic treatment should not be recommended. The result of the MMW treatment alone, however, displayed suppressive effect on cancer cell proliferation for both *in vitro* and *in vivo*. The results of the present study suggest that the millimeter wave therapy deserves a further study.

**Key Words:** Photodynamic therapy, Millimeter wave, Electromagnetic wave

### 서 론

생체계의 생화학적이고 생물물리화학적 최신 기술은 세포나 분자 수준에서 형태나 기능적 연구를 하는 길을 여는데 크게 기여하였다. 그러나 아직도 원자, 소립자 및 전기장 수준에서 파악되는 생체계에 대해서는 많은 의문들이 남아 있다. 즉 생체계가 갖는 내재적인 결맞음(coherence)이나 정성(stability)과 관련된 물리적 세계와 연관된 생체내의 변화와 관련된 것이다.

전기장은 전자기학이 확립되기 이전까지 치료 면에서 생체에 특별한 영향을 미칠 수 있는 신비한 에너지로 알려져 왔다. 20세기 이후에도 생체에 대한 전기의 영향에 대한 실험적인 가설들이 제기되어 왔으나 생체실험의 어려움으로 무시되어 왔다. 전자기장은 최근 전자기장의 세

기가 증가하는 추세이기 때문에 생체에 미치는 전자기장의 영향에 대해 좀더 깊이 있는 연구를 진행하려는 흐름이다.

밀리미터파 (MMW)는 30~300 GHz 정도의 초고주파 영역의 전자파로써 자연계에서는 존재하지 않지만 결맞는 진동(coherent oscillation)이다. 밀리미터파는 고주파로 물에 대한 투과력이 약해서 생체 두께의 1 mm 폭 밖에 투과할 수 없는 전자파이므로 여러 생체효과를 전혀 예상하지 못하였다.

의료용의 밀리미터파의 주파수는 30~60 GHz의 범위로 power는 1~10 mW/cm<sup>2</sup> 정도이다. 생체 표면의 1 mm 를 투과하는 극초단파인 밀리미터파의 효과는 논란은 있지만 외부의 noise가 없는 상태에서 세포간의 정보 교환을 통해 세포 내부에 유용한 영향을 주기 때문에 생체의 깊은 곳까지 투과하지 않지만 내부 장기에 치료 효과를 나타내는 것으로 생각된다.

밀리미터파는 생체내의 조절기능을 회복시켜 주는 것(Rojavin and Ziskin, 1998)으로 보고된 바 있으며 이는 동양의학에서 말하는 질병 치유의 기본 이론과 유사하다. 밀리미터파는 신경안정, 진동, 항염작용 및 세포의 재생

\*접수일: 2010년 7월 8일 / 수정일: 2011년 2월 25일  
채택일: 2011년 2월 25일

†교신저자: 윤성철, (우) 330-714 충청남도 천안시 안서동 29, 단국대학교 의과대학 내과  
Tel: 041-550-3913, Fax: 041-556-3256  
e-mail: scychul@dankook.ac.kr

을 촉진하는 것으로 알려져 있다. 또한 1.5~2배 빠르게 상처를 치료하는 효과가 있음이 이미 보고되었다 (Rojavin and Ziskin, 1998). 면역계를 자극하여 식균작용을 증가시키고, CD4/CD8의 비를 증강시키고 B 세포의 양도 증가시키며 면역글로블린 생산을 정상화시켜 면역력을 향상시킨다는 등의 보고가 있다 (Rojavin et al., 1997; Logani et al., 1997).

밀리미터파의 긍정적인 의학적 효과에 대한 연구는 러시아의 과학자와 임상학자에 의해 이루어져 왔다. 이들의 연구에서 상처 치료의 촉진 (Korpan and Sardeth, 1995), 위궤양 등 궤양 치료의 95% 이상의 치료율 및 재발율 감소 (Poslavsky et al., 1998), 신경통 (Megdiatov et al., 1995), 입원 기간의 단축 등의 호전이 관찰된 협심증 환자 (Liusov et al., 1995) 및 허혈성 뇌졸중 (Karlof et al., 1991) 등 50가지가 넘는 질환 치료에서 효과적임을 보고하고 있다. 밀리미터파를 이용한 실험은 *in vitro* 및 *in vivo*에서 세포 배양 (Golant et al., 1994; Shestopalova et al., 1995; Shub et al., 1995), 동물실험 (Smimov et al., 1991; Brill and Panina, 1994; Gubokina et al., 1996; Kolosova et al., 1996) 및 환자 (Kabisov, 1995; Kutsenok et al., 1995; Zaitseva and Donetskaya, 1997; Rojavin et al., 1997; Logani and Ziskin, 1997)를 대상으로 한 기초실험, 동물실험 및 임상실험 등이 진행되어 보고된 바 있다. 러시아와 일부 유럽 국가에서는 실제 치료에 이용하고 있으나 한국에서는 그 예가 전혀 보고된 바가 없다.

광역학 치료는 광감각제 (Photosensitizer)을 주입하고 레이저를 조사하여 활성산소의 산화를 유발하여 암세포의 apoptosis로 암의 종괴를 감소시켜 치료하는 방법이다. 광역학 치료 후 추가된 밀리미터파 치료가 면역력을 증가시키고 정상세포의 재생을 도움을 주어 암종의 재발을 억제하는 치료의 역할을 할 것으로 기대된다.

본 연구에서는 밀리미터파 단독 조사 및 광역학 치료 시행 후 밀리미터파를 마우스에게 일정 기간 조사한 경우 마우스의 종양의 부피를 측정하여 어떤 변화가 있는지를 관찰하여 밀리미터파 치료의 유용성을 평가하고, 암 세포 및 정상세포에 미치는 영향을 종합적으로 분석하고자 하였다.

## 재료 및 방법

### 세포 배양을 통한 밀리미터파의 암세포 증식 억제 선행 연구

인체 후두 편평상피세포암 세포주 AMC-HN3 (Head

and Neck cancer cell)는 Eagle's Minimum Essential Medium (DMEM, Gibco, NY) 배양액 500 ml에 우태혈청 (FBS, Gibco, NY) 50 ml와 antibiotic-antimycotic solution (Gibco, NY) 5.5 ml을 섞은 세포 배양액에 접종하여 37°C, 5% CO<sub>2</sub> 배양기 (Thermo Forma, OH)로 배양한 다음 사용하였다. 6 well plate (TPP, Switerland)에 well 당 10<sup>4</sup> cells/ml가 되게 하여 3 ml씩 분주하고 24시간 배양한 후 오전과 오후 각 한 시간씩 2일간 조사를 실시하고 MTT(3-(4,5-dimethylthiazol-2-yl)-2,5-diphenyltetrazolium bromide, a tetrazole) assay를 시행하였다.

### 동물실험

실험동물 (Balb/C mouse, female, Charles River, Osaka, Japan)은 광역학 치료군, 밀리미터파 치료군, 광역학 치료 후 밀리미터파 치료군, 대조군으로 나누어 실험하였다. 즉, 광역학 치료군은 photogem의 농도를 1.5, 2.5, 3.0, 5 mg/kg의 농도로 실험하였다. 각각의 농도에 5마리씩 마우스를 배당하여 실험하였고 이에 따른 밀리미터파 치료와의 병용 치료 대상군도 각각 농도에 5마리씩 배당하여 총 40마리, 밀리미터파 치료만 시행한 10마리 및 대조군 5마리, 총 55마리의 마우스를 대상으로 하였고 실험 도중 죽은 마우스는 14마리이었다.

### 세포주의 이종 이식

37°C, 5% CO<sub>2</sub> 배양기에서 단층으로 배양된 CT-26 (mouse colon adenocarcinoma cell line) 세포주를 트립신으로 처리하여 세포를 분리하여 10<sup>8</sup> cells/ml의 농도로 Balb/C 생쥐 (female, Charles River, Osaka, Japan)의 등에 100 µL 씩 피하로 주입하여 종양이 형성되는지를 관찰하였고 그 이후에 4주간 종양의 크기를 관찰하였다.

### 종양의 광역학 치료

마우스 (n=20)에 이종 이식된 종양의 크기가 약 300~400 mm<sup>3</sup>에 도달하였을 때 광감각제인 photogem을 각각 1.5, 2.5, 3.0, 5 mg/kg의 농도로 꼬리 정맥에 투여한 3시간 후, 632 nm 다이오드 레이저 (BioLitec)를 이용하여 종양의 둘레 4방향과 직상방에서 720 J/mm<sup>2</sup> (0.4 W × 1,800 s) 이 되도록 조사를 실시하여 종양에 대한 PDT를 시행하였다.

### 종양의 밀리미터파 치료

밀리미터파의 조사는 5.6 mm 파장 (53.57 GHz)에, 10

mW/cm<sup>2</sup> power, 종양 위 1 cm 이내의 높이로, 하루 한번 30분간 시행하였다.

광역학 치료 후 28일간 24시간의 간격으로 시간 경과에 따른 종양의 부피를 측정하여 각각의 마우스를 비교 관찰하였다. 광역학 치료와 밀리리터파 치료를 병용한 마우스들은 광역학 치료 익일부터 밀리리터파 치료를 시행하였다.

#### 광역학 치료 및 밀리리터파 치료 평가

각 군에서 치료 후 종양의 부피를 측정하여 항암 효과를 판정하였다. 부피의 계산은 다음의 공식을 이용하였다.

$$V = (4/3 \times a \times b \times c) \times 1/2 \quad (V: \text{부피}, a: \text{장축}, b: \text{단축}, c: \text{높이})$$

#### 통계 방법

측정된 자료는 SPSS / WIN 14.0 프로그램으로 통계처리 하였으며, P value는 0.05 이하를 유의 수준으로 정하였다. 각 실험군의 시간 경과에 따른 종양의 크기의 측정치는 평균과 표준편차로 나타내었으며 두 군간의 차이는 t-test를 이용하여 분석하였다.

### 결과 및 고찰

#### 밀리리터파 치료의 의학적 효과 고찰과 유용성 평가 방법

전자기파는 인체에 유해할 것이라는 전제하에 여러 주파수대에서 인체에 미치는 영향에 대해 폭넓고 연구가 이루어져 왔다. 고주파 영역의 밀리리터파에 대해서도 그 동안 관찰하고 그 안정성에 대한 보고가 있었는데 (Gunko and Kozshina, 1993) 인체에 대해 치료 목적으로 사용된 경우 부작용은 가벼운 두통이나 두드러기, 가벼운 일시적 혈압 상승 등이 알려져 있고, 정해진 주파수와 세기 내에서 사용하면 부작용이 거의 없을 정도로 안전한 것으로 알려져 있다.

Kabisov 등은 흑색종 피부암 환자에게 밀리리터파 치료를 시 5년 생존율이 하지 않았을 시의 28.5%에 비해 58.9%까지 호전되었다고 보고하였다 (Kabisov, 1992).

본 연구에서는 마우스의 피부에 이식된 암을 대상으로 한 밀리리터파 치료에서 특별한 부작용은 없고 암세포 증식 및 재발은 억제되는 지를 관찰하고자 하였다. 즉, 밀리리터파 치료는 염증에 빠진 정상세포를 빨리 치유되게 하고, 주위 면역력을 증대시켜 세포사멸 과정에 있는 암세포 소멸에도 긍정적 효과를 미쳐 광역학 치료의 효

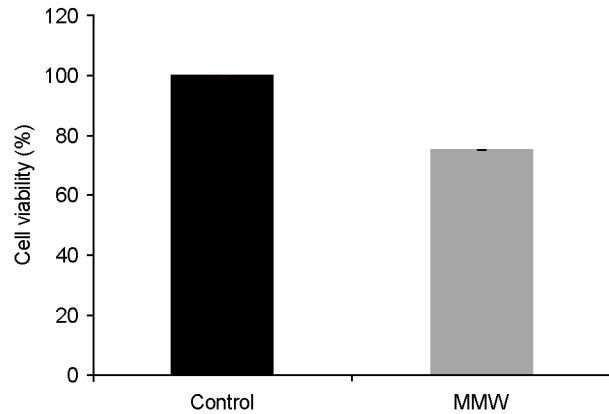


Fig. 1. The effect of millimeter waves on the head & neck cancer cells *in vitro* by using the MTT assay.

과를 극대화하는 방향으로 영향을 미칠 것으로 기대하였다. 이러한 치료 기대 효과는 의학적으로 관찰되는 밀리리터파 치유 효과의 적용 범위를 넓히고자 하는 데 그 의의가 있다.

Smimov 등은 암세포를 마우스 다리 근육에 이식시키고 밀리리터파 치료한 결과 마우스의 생존을 증가시키고 다른 장기로의 전이를 감소시킨다고 보고하였다 (Smimov et al., 1991). Chernov 등은 악성 종양에 대한 밀리리터파 치료의 효과를 관찰하기 위해 마우스에 종양세포를 심는 시점을 전후에 밀리리터파를 조사한 후 종양이 증식되는 지를 관찰하였다.

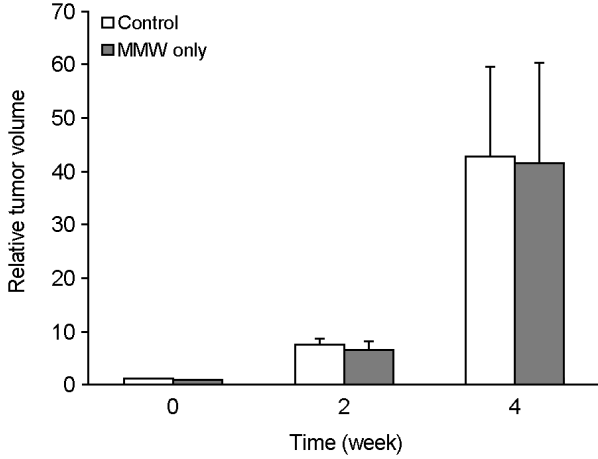
밀리리터파 치료군에서 종양 증식이 50%로 억제됨을 알 수 있었으며 이 효과는 피부를 통한 면역계의 자극에 의한 결과로 추정하였다 (Chernov et al., 1989). 그러나 Brill과 Panina는 마우스에게 이식된 섬유선종 (fibroadenoma)에 대해 밀리리터파를 치료한 후 종양의 증식을 억제하지 않는 것으로 관찰되지 않고 오히려 종양의 전이를 증가시키는 효과가 있다고 보고하기도 하였다 (Brill and Panina, 1994). 본 연구에서는 밀리리터파 치료 후 관찰된 종양 억제력에 대한 평가와 광역학 치료 후 밀리리터파 치료의 유용성 평가를 이식된 마우스 등에서 자란 암 종괴의 크기를 측정하면서 관찰하였다 (Fig. 3).

#### 인공배지에 배양된 암세포에 미치는 밀리리터파 효과

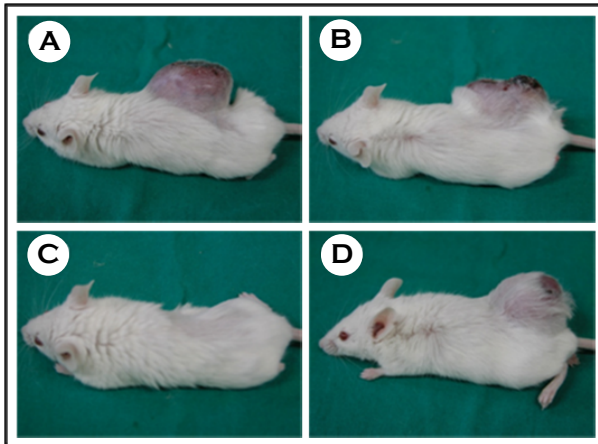
배양된 암세포, *Candida albicans*, *E. coli* 등에 대한 시험관 보고들은 세포의 대사 및 효소의 생성 등과 연관된 밀리리터파 생체 효과에 대해 일관성 있는 내용이 없다 (Rebrova, 1992). 따라서 밀리리터파 치료의 암 증식 억제

효과에 대한 선행 연구로써 시험관내 암세포에 대한 효과부터 관찰하였다.

*In vitro* 실험에서 대상으로 한 두경부 암세포에 대해



**Fig. 2.** The effect of single millimeter waves irradiation on the size (mm<sup>3</sup>) of mouse colon adenocarcinoma cell mass implanted on the back of mouse without treatment (control). (MMW means millimeter wave treatment group).

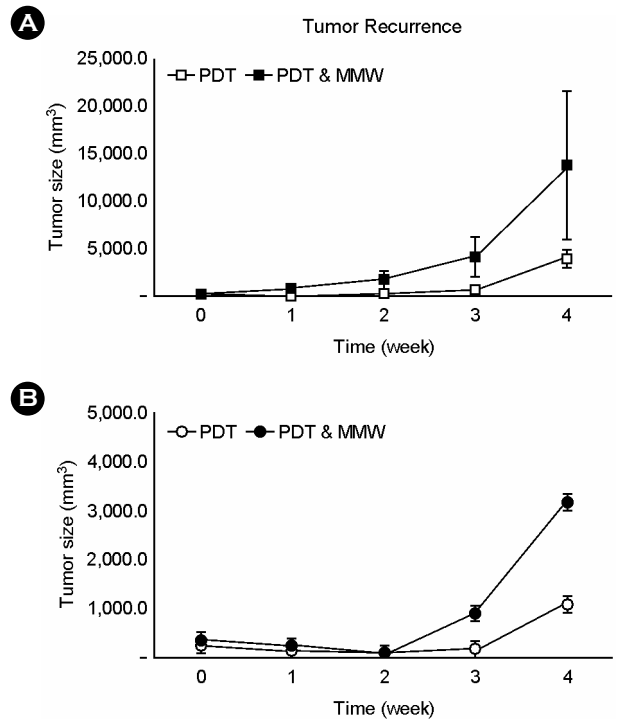


**Fig. 3.** The demonstrations of cancer cell mass on the back of mouse after 4 weeks. (A): Control, (B): MMW only, (C): PDT only, (D): PDT combination MMW (MMW means millimeter wave treatment group).

밀리미터파 조사한 후 MTT assay 통한 세포증식률 측정하여 viability 75.5%로 대조군에 비해 증식률이 감소되는 억제 효과를 관찰하였다. 이 실험 결과를 토대로 동물실험을 수행하였다 (Fig. 3).

### 마우스에 이식된 암종에 밀리미터파 조사 효과

*In vitro* 실험에서 암세포에 대해 억제 효과가 있었던 밀리미터파는 마우스에 이식한 대장암 종 크기를 감소시키는데 통계적으로 유의한 효과는 없었다. 그러나 암종에 대한 밀리미터파 치료한 군에서 밀리미터파 조사를 하지 않은 군에 비해 다소 암종의 크기를 줄이는 결과를 관찰하였다 (Fig. 1). 그러나 암종에 대한 PDT 치료 후 밀리터



**Fig. 4.** The effect of millimeter waves on the mouse colon adenocarcinoma cell mass implanted on the back of mouse after photodynamic therapy. (A): tumor size after treated with 2.5 mg/kg of photogem, (B): tumor size after treated with 5.0 mg/kg of photogem.

**Table 1.** The effect of millimeter waves irradiation on the size (mm<sup>3</sup>) of colon adenocarcinoma cell mass implanted on the back of mouse

	Control (mm <sup>3</sup> ) (N=3)	MMW (mm <sup>3</sup> ) (N=8)	P	Only PDT (mm <sup>3</sup> ) (N=10)	MMW + PDT(mm <sup>3</sup> ) (N=10)	P
Time (weeks)						
0	149.5±172.9	126.5±128.2	0.69	125.9±132.8	125.3±116.0	0.95
2	4,595.6±3,098.2	1,873.7±973.5	0.14	543.5±703.4	830.0±767.3	0.11
4	8,806.1±549.9	6,150.8±889.9	0.08	1,544.3±1,695.7	6,554.7±4,547.0	0.004

※MMW: milimeter wave, Mass size: mean ± standard deviation

터파 조사와 병행 치료한 경우 밀리리터파 치료한 군은 밀리리터파 조사하지 않은 군보다 오히려 암세포 증식이 초래되어 암종의 크기를 증가시켰음을 알 수 있었다 (Table 1).

Gubokina 등은 마우스에 X선을 조사 후 밀리리터파 치료를 하면 X선이 생명체에 미친 단백질 분해를 완화시켰음을 보고한 바 있다 (Gubokina et al., 1996). Kuzmanova 등은 감마선을 조사 후 밀리리터파 치료를 한 경우 밀리리터파 치료를 하지 않은 경우보다 적혈구의 구조 변화가 초래되지 않음을 보고하였다 (Kuzmanova and Ivanov, 1995).

본 연구에서는 레이저광을 이용한 광역학 치료 후 밀리리터파 조사가 암종에 미치는 긍정적인 효과를 있을 것을 기대하였다. 본 연구에서 시행한 PDT 단독 치료군의 경우 암세포의 증식이 완전히 사라진 경우가 약 75%에 달했으며 그 중 약 25%가 암세포의 증식을 억제하지 못하였다. 따라서 PDT 단독 치료 후 재발생 되는 군에 비해 광역학 치료 후 시행한 밀리리터파 연속 치료 군의 암세포 증식 억제 효과를 관찰한 결과 시간이 갈수록 밀리리터파 연속 치료군에서 증식율이 더 높게 관찰되었다. 본 연구에서 시행한 밀리리터파 결과는 Brill 및 Panina가 보고한 논문의 결과와 유사하게 나타났다. 따라서 밀리리터파 치료는 광역학 치료 후 암종 억제 부가 효과가 없고, 정상 세포보다 암세포의 재생을 증진시키는 것을 본 연구를 통해서 알 수 있었다 (Fig. 2).

#### 마우스에 이식된 암종에 광역학 치료 후 밀리리터파 조사 효과 마우스에 이식된 암종에 미치는 밀리리터파 조사의 기타 효과

통계적 유의성이 없어서 결과로 제시하지는 않았지만 재발하는 암종의 경우 광역학 치료만 한 군에서는 일단 재발되면 2주 이내에도 이미 큰 크기로 발전하고 있는데 반하여, 광역학 치료 후 밀리리터파 치료를 받은 군에서는 관찰 대상이었던 암종들의 크기가 커지기는 하지만 2주까지는 일정한 양상으로 억제되어 있다가 그 이후 커져 나가는 소견을 보여 암 증식과정에 밀리리터파 치료가 2주까지는 조정 영향을 주는 것이 아닌가 한다. 그리고 광역학 치료에 투여한 감광제 용량을 적게 준 경우 일수록 밀리리터파 조사 후 4주째 재발의 정도가 더 큰 것을 관찰하였다 (Fig. 4).

우리나라에서 밀리리터파 치료에 대한 연구는 전무한 실정이며 이러한 실정에서 고주파 전자기파의 생체에 대

한 임상적 활용을 모색하기 위하여 이에 대한 연구가 우리나라에서 더 시도되어야 할 것으로 생각되며 본 연구는 그 기초 자료로써 의의가 있을 것으로 사료된다.

#### Acknowledgement

본 연구는 단국대학교병원 의과학연구소 2006년도 연구비로 이루어진 것임.

#### REFERENCES

- Brill DE, Panina NP. Effects of millimeter waves on transplantability and growth of tumors. *Fizicheskaja Meditsina*. 1994; 4: 25.
- Chernov ZS, Faikin VV, Bernashevskii GA. Experimental study of the effect of nanosecond EHF pulses on malignancies (Devyatkov ND ed). 1989. pp. 121-127. *Rioelectronica* Moscow, Russia.
- Golant MB, Kuznetsov AP, Boszhanova TP. Mechanisms of synchronization of the yeast cell culture by the action of EHF radiation. *Biofizika*. 1994. 39: 490-495.
- Gubokina EA, Bereziuk SK, Potapov VA, Lepekhin EA. Effect of low-intensity electromagnetic radiation of extremely high-frequency on the animal organism in combination with whole-body low-dose X-ray irradiation. *Radiats Biol Radioecol*. 1996. 36: 722-726.
- Gunko VT, Kozshina NM. Some complications of extremely high frequency therapy. *Millimetrovye Volny v Biologii i Meditsine*. 1993. 2: 102-104.
- Kabisov R. Millimeter waves on oncology: reality, problems, prospectives. *Millimetrovye Volny v Biologii i Medicine*. 1992. 1: 55-61.
- Karlov VA, Rodshtat IV, Kalashnikov IuD, Kitaeva LV, Khokhlov IuK. Experience with using extremely high frequency radiotherapy of the millimeter wave range in cerebrovascular disorders. *Sov Ned*. 1991. 3: 20-21.
- Kolosova LI, Akoev GN, Avelev VD, Riabechnikova OV, Babu KS. Effect of low-intensity millimeter wave electromagnetic radiation of regeneration of the sciatic nerve in rats. *Bioelectromagnetics* 1996. 17: 44-47.
- Korpan NN, Saradeth T. Clinical effects of continuous microwave for postoperative septic wound treatment: A double-blind controlled trial. *Am J Surg*. 1995. 170: 271-276.
- Kutsenok V, Nikula T, Stechenko L. Ultrastructural features of duodenal mucosa in peptic ulcer patients treated with electro-

- magnetic radiation of the EHF-range. *Likarska Sprava*. 1995. 6: 93-97.
- Kuzmanova M, St Ivanov. Effect of millimeter waves and gamma-radiation on the surface of electrical charge of erythrocyte membranes: Millimeter waves in medicine and biology. 1995. pp. 111-112. Moscow, Russia.
- Liusov VA, Volov NA, Lebedeva AYu, Kudinova MA, Schelkunova IG, Fedulayev TuN. Some mechanisms of the effects of millimeter-range radiation on pathogenesis of unstable angina pectoris: Millimeter Waves in Medicine and Biology. 1995. pp. 26-27 (in Russian). IRE RAN, Moscow, Russia.
- Logani M, Ziskin M. Enhancement of T-cell-mediated immunity by millimeter waves: Second World Congress for Electricity and Magnetism in Biology and Medicine. 1997. pp. 107-108, Bologna, Italy.
- Megdiatov RS, Vasilenko AM, Arkhipov VV, Kislov VYa, Kolesov VV, Smirnov VF. Use of a "Sharm" therapeutic-diagnostic system in complex therapy of trigeminal nerve neuralgia: Proceedings of the 10th Russian symposium. 1995. pp. 83-84. IRE RAN. Moscow, Russia.
- Pakhomov AG, Akyel Y, Pakhomova ON, Stuck BE, Murphy MR. Current state and implications of research on biological effects of millimeter waves. *Bioelectromagnetics* 1998. 19: 393-413.
- Pakhomova ON, Pakhomov AG, Akyel Y. Effects of millimeter waves on UV-induced recombination and mutagenesis in yeast. *Bioelectrodhem Bioenerg*. 1997. 43: 227-232.
- Poslavsky MV, Korochkin IM, Zdanovich OF. Experience with application of millimeter-range radiation for treatment and prophylactic of stomach and duodenal ulcer. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult*. 1998. 4: 31-36.
- Rebrova TB. Effect of millimeter ranged electromagnetic radiation on the vital activity of microorganism. *Millimetrovie Volni v Biologii i Meditsine*. 1992. 1: 37-47.
- Rojavin MA, Tsygankov AY, Ziskin MC. *In vivo* effects of millimeter waves on cellular immunity of cyclophosphamide-treated mice. *Electro Magnetobiology*. 1997. 16: 281-292.
- Rojavin MA, Ziskin MC. Medical application of millimeter waves. *Q J Med*. 1998. 91: 57-66.
- Shestopalova NG, Makarenko BI, Golovina LN, Timoshenko YuP, Baeva TI, Vinokurova LV, Miroshnichenko VS. Modification of synchronizing effect of millimeter waves on first mitoses by different temperature regimens of germination: 10th Russian Symposium Millimeter Waves in Medicine and Biology. 1995. pp. 236-237. IRE RAN. Moscow, Russia.
- Shub GM, Luniova IO, Denisova SG, Ostrovskii NV. Effects of millimeter waves on bacteria in *in vitro* and *vivo* experiments: 10th Russian Symposium Millimeter Waves in Medicine and Biology. 1995. pp. 96-97. IRE RAN. Moscow, Russia.
- Smirnov Alu, Zinovev SV, Bogoliubov VM. An experimental study of the action of weak-intensity superhigh-frequency electromagnetic in the millimeter range on metastasis of malignant neoplasms. *Vopr Kurortol Fizioter Lech Fiz Kult*. 1991. 4: 23-27.
- Zaitseva S, Donetskaya S. Use of EHF-therapy in dermathology and cosmethology 11th Russian Symposium with international participation Millimeter Waves in Medicine and Biology. 1997. pp. 50-51. Zvenigorod, Russia.