

超音波の胎児・母体生理に及ぼす影響

副題

超音波パルス波の妊娠マウスに及ぼす影響

東北大学医学部産科学婦人科学教室

高林俊文・阿部洋一
中村 徹・鈴木雅洲

1. 研究目的

超音波パルス波を用いた超音波断層装置の利用が、電子スキャンの導入、また機器のコンパクト化によって外来でも手軽に行われる様になった。ドップラー同様に妊娠初期の胎児に対する影響、特に器官形成期に対する催奇形性作用が心配されるところである。すでに連続波では 1 W/cm^2 付近に閾があるであろうとの報告がある。しかし同じ超音波でもパルス波を連続波と同じに考えるのは危険であり、平均音響強度は低いが、ピーク値、パルス幅、繰り返し周波数などの変化によって胎児に対する影響も変わることが考えられる。そこでパルス波の胎児に対する催奇形作用について、高出力パルス発生装置を使用して以下の実験を行い、検討を加えた。

2. 実験方法および装置

実験動物は $C_3 \text{H/He}$ マウスの生後 8 週から 12 週の雄、雌を使用した。(船橋農場供給) 交尾栓を認めた日を 0 日とし、妊娠 8 日目に腹部を剃毛し、著者らが考案作成した固定板に四肢を広げて固定した。固定板とともに脱気水の入った 37°C 恒温の温水中に入れ、探触子との距離を 10 cm とし、5 分間照射した。喰仔現象を避けるために妊娠 18 日目に帝王切開し、生存胎児を娩出させ外表奇形の有無を実体顕微鏡下で観察し、体重を測定した。また開腹時に、着床痕を初期死亡、胎盤遺残、浸軟胎仔を後期死亡とした。対照群としては、同処理をおこない照射のみをしない群を処理対照群 (Treated Control ……以下 TC と略)、全く処理をおこなわない群を無処理対照群 (Untreated Control ……以下 UC と略) とし処理群との間で比較検討した。

照射装置は USP-1 型を用いた。発生超音波周波数は 2 MHz 、パルス送信時間幅は $3 \mu\text{sec}$ 、 $5 \mu\text{sec}$ 、 $10 \mu\text{sec}$ の 3 ステップ可変、パルス繰り返し周波数は

250 Hz 、 500 Hz 、 1000 Hz の 3 ステップ可変で、それぞれの組み合わせができる。またダイヤルでピーク値の可変によりピーク音響強度は約 60 W/cm^2 まで可能であり、その時の最大平均音響強度は 0.586 W/cm^2 となる。探触子の直径は 15 mm である。

今回の実験では表 I のごとく、繰り返し周波数を 1000 Hz に固定し、パルス幅を $3 \mu\text{sec}$ 、 $5 \mu\text{sec}$ 、 $10 \mu\text{sec}$ 、 $5 \mu\text{sec}$ にそれぞれ平均出力 0.296 W/cm^2 (group II group III) の群、また $5 \mu\text{sec}$ 、 $3 \mu\text{sec}$ にそれぞれ平均出力 0.169 W/cm^2 (group IV, group V) の群をつくり比較検討した。奇形発生率、死亡総数は χ^2 検定にて統計処理を行った。

3. 実験結果

表 II のごとく ① group I と group III の奇形発生率は他の group II, group IV, group V, TC, UC に比べ有意に ($P < 0.05$) 高かった。② group I と group II では繰り返し周波数、パルス幅は同じであるが、ピーク値、平均出力とも group I の方が約 2 倍と高く、奇形発生率も有意をもって高い。③ group II と group III は平均出力 (0.297 W/cm^2) が同じであっても、そのパルス幅、ピーク値ともに異なる。④ group III と group IV は②と同様に繰り返し周波数は同じでも、ピーク値のちがいに平均出力が異なる。group III の方が有意をもって奇形発生率が高い。⑤ group IV, group V は③と同様に平均出力は同じであるが、そのパルス幅、繰り返し周波数が異なる。しかしこの群どうしの奇形発生率、死亡総数などの有意差はない。⑥ group II, group IV, group V と TC, UC の奇形発生率に有意差はない。⑦ 発生した奇形は外脳症 (図 I)、脳ヘルニア (図 II)、背髄裂 (図 III)、腹壁ヘルニアなど正中線に沿ったものが多かった。

4. 考 察

パルス波の安全域の問題については、時間的音響強度は小さいにもかかわらず、ピーク値、くり返し周波数、パルス幅とその特性が複雑であり、それぞれの因子につき検討されなければならない。そこで今回繰り

返し周波数を固定し、パルス幅、ピーク値を変えた実験を行った。これより高出力パルス波において催奇形作用が認められた。また胎仔の催奇形成にはパルス幅、ピーク音響出力が因子として関与していることが示唆された。

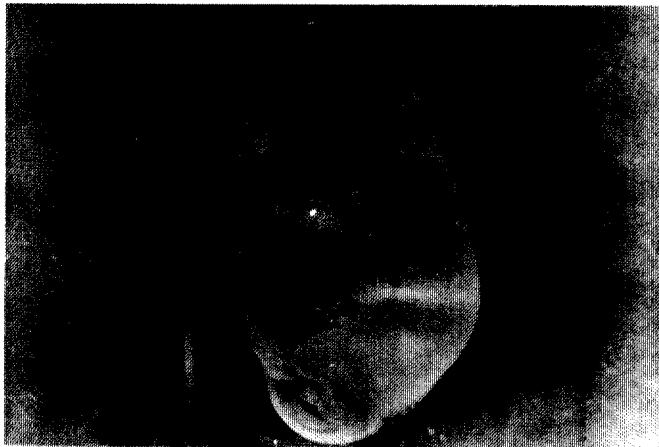
表I 各群における照射条件

group	繰り返し周波数	パルス幅	パルス音響出力 (ピーク値)	平均出力 (探触子)
I	1000 Hz	10 μ sec	58.6 W/cm ²	0.586 W/cm ²
II	"	10 μ sec	29.7 W/cm ²	0.297 W/cm ²
III	"	5 μ sec	59.4 W/cm ²	0.297 W/cm ²
IV	"	5 μ sec	33.8 W/cm ²	0.169 W/cm ²
V	"	3 μ sec	56.3 W/cm ²	0.169 W/cm ²

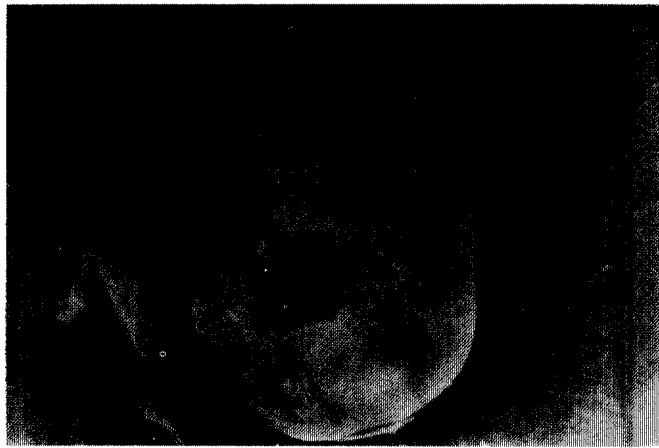
表II Effects of Pulse-wave Ultrasonic Irradiation of C3H/He Mouse Embryos on Day 8 of Gestation

Group	No of Litters	No of Implantations	Living Fetuses No.(%) Weight(g \pm SE)	Prenatal Deaths Total(Early Late)	Malformed Fetuses No.(%) Types
I	10	87	66 (6.6) 1.05 \pm 0.019	21 (15 6)	7 (10.6) Ex2 Ms2 Ah4 Mg1
II	11	93	75 (6.8) 0.96 \pm 0.019	18 (13 5)	1 (1.3) Ms1
III	11	94	77 (7.0) 0.99 \pm 0.017	17 (6 11)	7 (9.1) Ex3 Ec3 Cp2 Ms3 Ah1 St4 Oe1 Aa2
IV	10	92	71 (7.1) 1.05 \pm 0.013	21 (13 8)	2 (2.8) Ah2
V	10	88	70 (7.0) 1.03 \pm 0.012	18 (8 10)	1 (1.4) Ah1
TC	16	141	108 (6.8) 1.03 \pm 0.016	33 (15 18)	2 (1.9) Ec1 Cp1
UC	12	106	83 (6.9) 1.08 \pm 0.016	23 (8 15)	1 (1.2) Ec1 Ms1

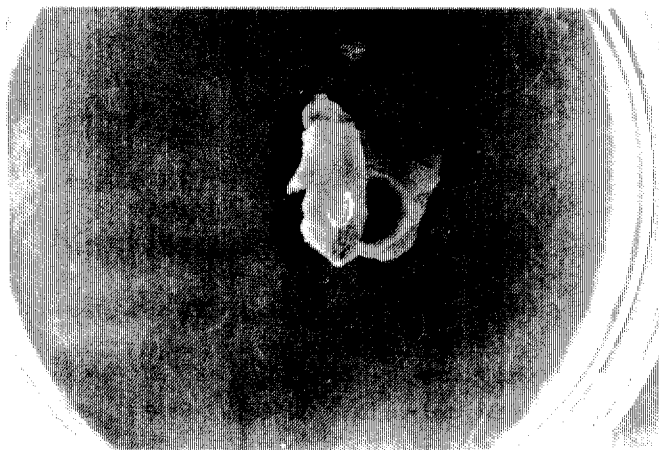
Ex=Exencephaly Ec=Encephalocele Cp=Cleft palate Ms=Myeloschisis
 Ah=Abdominal hernia Mg=Micrognathia Oe=Open eyelid St=Short tail
 Aa=Atresia ani



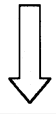
图I 外 脑 症



图II 脑 へ ル ニ 了

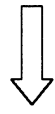


图III 外 脑 症 + 脊 髓 裂



検索用テキスト OCR(光学的文字認識)ソフト使用

論文の一部ですが、認識率の関係で誤字が含まれる場合があります



1. 研究目的

超音波パルス波を用いた超音波断層装置の利用が、電子スキャンの導入、また機器のコンパクト化によって外来でも手軽に行われる様になった。ドップラー同様に妊娠初期の胎児に対する影響、特に器官形成期に対する催奇形性作用が心配されるところである。すでに連続波では $1\text{W}/\text{cm}^2$ 付近に閾があるであろうとの報告がある。