



دانشگاه شهید چمران اهواز

۹۲۷۹۹۵۸

دانشگاه شهید چمران اهواز
دانشکده دامپزشکی

پایان نامه دکترای عمومی دامپزشکی

عنوان:

ارزیابی پارامترهای طبیعی عروق کبدی
در گربه با اولتراسونوگرافی داپلر
رنگی

اساتید راهنما:

دکتر عبدالواحد معربی
دکتر بهمن مصلی نژاد

استاد مشاور:

دکتر قاسم حنفی

نگارش:

نرگس خدادادی

اسفندماه ۱۳۹۲

بسمه تعالی

دانشگاه شهید چمران اهواز

دانشکده دامپزشکی

(نتیجه ارزشیابی پایان نامه‌ی دکتری عمومی)

پایان‌نامه‌ی خانم نرگس خدادادی دانشجوی رشته: دامپزشکی از دانشکده دامپزشکی به شماره دانشجویی: ۸۶۷۹۱۶ تحت عنوان: ارزیابی پارامترهای طبیعی عروق کبدی در گربه با اولتراسونوگرافی داپلر رنگی جهت اخذ مدرک: دکتری عمومی دامپزشکی در تاریخ: ۹۲/۱۲/۱۸ توسط هیأت محترم داوران مورد ارزشیابی قرار گرفت و با درجه: ممتاز به تصویب رسید.

امضا	سمت	مرتبۀ علمی	اعضای هیأت داوران	
	استاد راهنمای اول	استادیار	دکتر عبدالواحد معربی	۱
	استاد راهنمای دوم	دانشیار	دکتر بهمن مصلی نژاد	
	استاد مشاور	استادیار	دکتر قاسم حنفی	
	استاد داور	دانشیار	دکتر علیرضا غدیری	
	استاد داور	استادیار	دکتر جمال نوری نژاد	
	استاد ناظر	استاد	دکتر منصور میاحی	
	مدیر گروه	دانشیار	دکتر مهرزاد مصباح	۲
	معاون پژوهشی دانشکده	دانشیار	دکتر بابک محمدیان	۳
	مدیر تحصیلات تکمیلی دانشگاه	استاد	دکتر مسعود قربانپور	۴

گواهی صحت و اصالت

عنوان پایان‌نامه: ارزیابی پارامترهای طبیعی عروق کبدی در گربه با اولتراسونوگرافی داپلر رنگی

اینجانب **نرگس خدادادی** دانشجوی دکتری عمومی رشته‌ی دامپزشکی دانشکده دامپزشکی دانشگاه شهید چمران به شماره دانشجویی **۸۶۷۹۱۶** تحت راهنمایی **دکتر عبدالواحد معربی** و **دکتر بهمن مصلی‌نژاد** و مشاوره **دکتر قاسم حنفی**، گواهی می‌دهم که:

- ۱- تحقیقات ارائه شده در این پایان‌نامه حاصل مطالعات علمی و عملی شخص اینجانب بوده و صحت و اصالت تمام مطالب مندرج در آن را تایید می‌کنم.
 - ۲- در صورت استفاده از آثار دیگران، مشخصات کامل آن‌ها را در منابع ذکر نموده‌ام.
 - ۳- تاکنون مطالب درج شده در این پایان‌نامه، توسط اینجانب یا شخص دیگری به منظور اخذ هر نوع مدرک یا امتیازی به هیچ مرجعی تسلیم نشده و بعد از این نیز نخواهد شد.
 - ۴- در تدوین متن پایان‌نامه، شیوه‌نامه مصوب دانشکده را رعایت نموده‌ام.
 - ۵- کلیه حقوق معنوی این اثر به دانشگاه شهید چمران تعلق داشته و مقالات مستخرج از آن، ذیل نام دانشگاه شهید چمران اهواز (Shahid Chamran University of Ahvaz) به چاپ خواهد رسید.
 - ۶- حقوق معنوی تمامی افرادی که در این پایان‌نامه تاثیرگذار بوده‌اند (اساتید راهنما و مشاور) در مقالات مستخرج از آن رعایت خواهد شد.
 - ۷- در صورت استفاده از موجودات زنده یا بافت‌های آن‌ها، کلیه ضوابط و اصول اخلاقی مندرج در منشور موازین و اصول اخلاق پژوهش وزارت علوم، تحقیقات و فناوری رعایت شده است.
- در صورت اثبات تخلف از مندرجات فوق، مسئولیت هر گونه پاسخگویی به اشخاص حقیقی و حقوقی و مراجع ذیصلاح بر عهده اینجانب بوده و دانشگاه شهید چمران هیچ مسئولیتی بر عهده نخواهد داشت. همچنین در صورت تضییع حقوق و منافع دانشگاه، حق پیگیری موضوع در مراجع ذیصلاح و اعمال قوانین مربوطه برای دانشگاه شهید چمران در حال و آینده محفوظ بوده و اینجانب مسئول پرداخت کلیه خسارات وارده خواهم بود.

۹۲/۱۲/۱۸

نرگس خدادادی

مالکیت نتایج و حق نشر

کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، برنامه‌های رایانه‌ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده) به دانشگاه شهید چمران تعلق داشته و بدون اخذ اجازه کتبی از دانشگاه قابل واگذاری به غیر نیست. استفاده از اطلاعات و نتایج این پایان‌نامه بدون ذکر مرجع مجاز نیست.

چکیده

نام خانوادگی: خدادادی	نام: نرگس	شماره دانشجویی: ۸۶۷۹۱۶
عنوان پایان نامه: ارزیابی پارامترهای طبیعی عروق کبدی در گربه با اولتراسونوگرافی داپلر رنگی		
اساتید راهنما: دکتر عبدالواحد معربی، دکتر بهمن مصلی نژاد		استاد مشاور: دکتر قاسم حنفی
درجه تحصیلی: دکترای حرفه‌ای	رشته: دکتری دامپزشکی	گرایش: دامپزشکی
دانشگاه شهید چمران اهواز	دانشکده دامپزشکی	گروه: علوم درمانگاهی
تاریخ دانش آموختگی: ۹۲/۱۲/۱۸		تعداد صفحات: ۷۸
کلمات کلیدی: اولتراسونوگرافی، داپلر، کبد، گربه		
<p>اولتراسونوگرافی داپلر یک روش مناسب جهت بررسی آناتومی عروق می‌باشد. دانستن شاخص‌های عروقی می‌تواند به عنوان یک شاخص مهم و با ارزش جهت بررسی سلامتی کبد مطرح باشد. هدف از مطالعه حاضر، بررسی شاخص‌های عروق کبد در گربه‌های بومی سالم با تکنیک اولتراسونوگرافی داپلر رنگی بود. مطالعه حاضر بر روی ۲۰ قلابه گربه بومی (۱۰ قلابه نر و ۱۰ قلابه ماده) با میانگین سنی ۱ تا ۲ سال و در یک محدوده وزنی مشابه (میانگین ۲/۷ کیلوگرم) انجام گرفت. شاخص‌های داپلر عروق کبدی (سیاهرگ باب و سرخرگ کبدی) از قبیل حداکثر جریان خون در سیستول (PSV)، سرعت جریان خون در انتهای دیاستول (EDV)، شاخص مقاومت عروق (RI)، شاخص پالس پذیری (PI)، متوسط جریان خون (MV)، حجم خون (VF) و شکل امواج اسپکترال آنها، در جمعیت گربه‌های مورد مطالعه اندازه‌گیری شدند. نتایج حاصل نشان داد که میانگین و انحراف معیار به ترتیب برای سیاهرگ باب PSV: $40/68 \pm 9/82$، EDV: $23/38 \pm 5/78$، RI: $0/48 \pm 0/10$، PI: $0/72 \pm 0/26$، MV: $25/81 \pm 5/04$، VF: $2/49 \pm 0/64$ و برای سرخرگ کبد، PSV: $49/79 \pm 9/45$، EDV: $31/92 \pm 5/05$، RI: $0/59 \pm 0/09$، PI: $0/85 \pm 0/20$، MV: $3/03 \pm 0/44$، VF: $34/73 \pm 5/47$ بودند. بررسی این نتایج بین گربه‌های نر و ماده اختلاف معنی‌داری نشان نداد ($P > 0/05$). نتایج حاصله، می‌تواند برای مقایسه با بیماری‌های مختلف کبدی در گربه‌ها کاربرد داشته باشد. لازم به ذکر است که اهمیت جریان خون کبدی در گربه‌ها نسبت به سگ‌ها، به دلیل نقص در آنزیم‌های کبدی بیشتر است.</p>		

عنوان	فهرست	صفحه
چکیده		۱
فصل اول: مقدمه و هدف		۲
فصل دوم: مروری بر منابع		۵
الف: آشنایی با امواج فراصوت		۶
الف-۱- تعریف فراصوت		۶
الف-۲- تاریخچه فراصوت		۷
الف-۱-۲- کاربردهای صنعتی		۷
الف-۲-۲- کاربردهای پزشکی		۷
الف-۳- امواج فراصوتی		۸
الف-۱-۳- ویژگی‌های امواج فراصوت		۸
الف-۱-۱-۳- طول موج		۸

عنوان	فهرست	صفحه
الف-۲-۱-۳- بسامد یا فرکانس.....		۹
الف-۳-۱-۳- پریود.....		۹
الف-۴-۱-۳- سرعت گسیل موج.....		۹
الف-۴- برهم کنش‌های فراصوت با ماده.....		۹
الف-۱-۴- کاهش.....		۹
الف-۱-۱-۴- جذب.....		۱۰
الف-۲-۱-۴- شکست.....		۱۰
الف-۴-۱-۴- پراکندگی.....		۱۱
الف-۳-۱-۴- پخش.....		۱۱
الف-۵-۱-۴- تداخل.....		۱۱
الف-۶-۱-۴- بازتابش.....		۱۲

عنوان	فهرست	صفحه
ب- ترانسدیوسر.....		۱۲
ب-۱- تعریف ترانسدیوسر.....		۱۲
ب-۲- ساختمان ترانسدیوسر.....		۱۲
ج- برخورد بین امواج فراصوتی و ماده.....		۱۳
ج-۱- انعکاس.....		۱۳
ج-۱-۱- امپدانس اکوستیکی.....		۱۳
ج-۲-۱- زاویه فرود.....		۱۴
ج-۲-۲- انکسار.....		۱۴
ج-۳- جذب.....		۱۴
د- ثبت دائمی تصاویر سونوگرافی.....		۱۵
ه- روش داپلر.....		۱۵

عنوان	فهرست	صفحه
هـ ۱- تعریف داپلر.....		۱۶
هـ ۲- زاویه داپلر.....		۱۶
هـ ۳- روش های فراصوت داپلر.....		۱۷
هـ ۳-۱- داپلر موج پیوسته.....		۱۷
هـ ۳-۲- داپلر ضربانی (پالسی).....		۱۹
هـ ۴- انواع تصویربرداری.....		۱۹
هـ ۴-۱- تصویربرداری دوتایی.....		۱۹
هـ ۴-۲- تصویرگیری رنگی.....		۲۰
هـ ۵- آنالیز طیفی.....		۲۱
هـ ۶- شیفت فرکانس داپلر.....		۲۱
هـ ۷- پاور داپلر.....		۲۲
هـ ۸- کاربرد داپلر.....		۲۳

عنوان	فهرست	صفحه
و- سیگنال ها و اطلاعات غیر واقعی.....		۲۳
و-۱- الیازینگ.....		۲۳
و-۲- اثر موزائیک.....		۲۳
و-۳- ابهام در محدوده (رنج).....		۲۴
ز- اندیکس های طیف داپلر.....		۲۴
ز-۱- اندیکس مقاومت عروق (RI).....		۲۴
ز-۲- اندیکس قدرت پالسی (PI).....		۲۵
ز-۳- اندیکس حداکثر سرعت جریان خون در سیستول بر حسب سانتی متر بر ثانیه.....		۲۶
ز-۴- اندیکس سرعت جریان خون در انتهای دیاستول بر حسب سانتی متر بر ثانیه.....		۲۶
ز-۴- اندیکس متوسط سرعت جریان خون.....		۲۶
ز-۵- اندیکس حجم خون.....		۲۶
ط- خصوصیات طبیعی کبد در گربه.....		۲۶
ط-۱- آناتومی کبد.....		۲۶
ط-۲- بافت شناسی کبد.....		۲۹

عنوان	فهرست	صفحه
ط-۱-۲- ساختمان کلی رگ‌های خونی.....		۲۹.....
ط-۳- خون رسانی کبد.....		۲۹.....
ح- کاربردهای سونوگرافی داپلر رنگی در تشخیص بیماری‌ها.....		۳۱.....
ح-۱- کاربردهای سونوگرافی داپلر رنگی در تشخیص بیماری‌های کبدی.....		۳۱.....
ح-۲- کاربردهای سونوگرافی داپلر رنگی در تشخیص بیماری‌های عروقی.....		۳۲.....
ح-۳- کاربردهای سونوگرافی داپلر رنگی در تشخیص بیماری‌های کلیوی.....		۳۳.....
ح-۴- کاربرد تصویربرداری داپلر رنگی و آنالیز طیفی در طناب نخاعی.....		۳۴.....
ح-۵- کاربرد سونوگرافی داپلر در تشخیص بیماری‌های دستگاه تناسلی و غدد ضمیمه ای.....		۳۵.....
ح-۶- کاربرد سونوگرافی داپلر در تشخیص سرطان‌ها.....		۳۵.....
فصل سوم: مواد و روش کار.....		
الف- مواد و وسایل مورد نیاز.....		۳۸.....
الف-۱- مواد مورد نیاز.....		۳۸.....
الف-۲- وسایل مورد نیاز.....		۳۸.....
ب- روش کار.....		۳۹.....

صفحه	فهرست	عنوان
۴۱	ج- آزمون آماری
۴۲	فصل چهارم: نتایج
۵۹	فصل پنجم: بحث و نتیجه گیری
۷۱	پیشنهادات
۷۲	فهرست منابع
۷۸	چکیده انگلیسی

جدول فهرست جداول صفحه

۴-۱: میانگین و انحراف معیار شاخص‌های سیاه‌رگ باب در گربه‌های ماده و نر.....۴۶

۴-۲: میانگین و انحراف معیار شاخص‌های سرخرگ کبدی در گربه‌های ماده و نر.....۴۷

۴-۳: حداقل و حداکثر شاخص‌های سیاه‌رگ باب در گربه‌های ماده و نر.....۴۸

۴-۴: حداقل و حداکثر شاخص‌های سرخرگ کبدی در گربه‌های ماده و نر.....۴۹

نمودار	فهرست نمودار	صفحه
۱-۴	شاخص PSV اندازه گیری شده در سیاهرگ باب و سرخرگ کبدی گربه‌های ماده ونر..... ۵۰	
۲-۴	شاخص EDV اندازه گیری شده در سیاهرگ باب و سرخرگ کبدی گربه‌های ماده ونر... ۵۱	
۳-۴	شاخص RI اندازه گیری شده در سیاهرگ باب و سرخرگ کبدی گربه‌های ماده ونر..... ۵۲	
۴-۴	شاخص PI اندازه گیری شده در سیاهرگ باب و سرخرگ کبدی گربه‌های ماده ونر..... ۵۳	
۵-۴	شاخص VF اندازه گیری شده در سیاهرگ باب و سرخرگ کبدی گربه‌های ماده ونر..... ۵۴	
۶-۴	شاخص MV اندازه گیری شده در سیاهرگ باب و سرخرگ کبدی گربه‌های ماده ونر..... ۵۵	

صفحه	فهرست تصاویر	تصویر
۲۸.....		۲-۴: سطح احشایی کبد گربه.....
۳۹.....		۳-۱: دستگاه اولتراسونوگرافی داپلر مورد استفاده.....
.۴۰.....		۲-۳: نحوه گذاشتن پراب به شکل عرضی.....
۴۰.....		۳-۳: نحوه گذاشتن پراب به شکل طولی.....
۵۶.....		۴-۱: مقطع عرضی سرخرگ کبد در گربه ماده.....
۵۶.....		۴-۲: مقطع عرضی سیاهرگ باب کبد در گربه ماده.....
۵۶.....		۴-۳: موج اسپکترا سیاهرگ باب کبد در گربه ماده.....
۵۶.....		۴-۴: موج اسپکترا سرخرگ کبد در گربه ماده.....
۵۷.....		۴-۵: مقطع طولی سیاهرگ باب کبد در گربه نر.....
۵۷.....		۴-۶: مقطع عرضی سرخرگ کبد در گربه نر.....
۵۷.....		۴-۷: موج اسپکترا سیاهرگ باب کبد در گربه نر.....
۵۷.....		۴-۸: موج اسپکترا سرخرگ کبد در گربه نر.....

فصل اول: مقدمه و هدف

تکنولوژی تولید امواج فراصوت و خصوصیات این امواج از چند سال پیش شناخته شده بود. اگرچه اصول پدیده‌های فیزیکی بدون تغییر مانده‌اند ولی فهم صحیح سونوگرافی، از هر زمان دیگری مهم‌تر شده است (تکاور، ۱۳۷۹).

سونوگرافی داپلر^۱ از سالها قبل در پزشکی مورد استفاده بوده است. نخستین استفاده موثر و گماکان متداول این اثر، چک کردن ضربان قلب جنین طی مراحل مختلف زایمان و نیز بررسی جریان خون سرخرگ کاروتید بوده است (تکاور، ۱۳۷۹).

سونوگرافی داپلر به عنوان یک روش مناسب برای بررسی آناتومی عروق کاربرد دارد. این روش به دلیل این که غیرتهاجمی و بدون عارضه می‌باشد لذا می‌تواند جایگزین خوبی برای

آنژیوگرافی مطرح شود. این روش اطلاعات بسیار خوبی از همودینامیک به ما می‌دهد (علی‌پور، ۱۳۸۱).

نظر به این که بررسی عروق کبدی توسط سونوگرافی داپلر در تشخیص بسیاری از بیماری‌ها از جمله شانت‌های کبدی، سیروز کبد، هپاتومگالی، موارد خونریزی، بیماری‌های مادرزادی کبد، تومورها، بیماری‌های پارانشیم کبدی و... ارزشمند است. با توجه به این که تغییرات جریان خون در کبد می‌تواند به عنوان یک علامت اولیه و مهم در نارسایی کبدی مطرح شود، لذا دانستن پارامترهای عروقی می‌تواند به عنوان یک شاخص مهم و با ارزش جهت بررسی سلامت کبد مطرح شود (Mattoon و Nyland، ۲۰۰۴).

هدف از مطالعه حاضر، بررسی عروق کبد گربه‌های بومی در دو جنس نر و ماده در حالت طبیعی بود. در زمینه شاخص‌های عروقی در گربه‌ها تحقیقات محدودی انجام شده است. در مطالعه حاضر، شاخص‌های عروقی داپلر کبد در حالت طبیعی اندازه‌گیری شد. اکثر گربه‌های خانگی موجود در ایران از نژاد بومی (نژاد موکوتاه اهلی) می‌باشند، لذا نتایج تحقیق اخیر می‌تواند در تشخیص بیماری‌های مختلف کبد در گربه‌ها کمک کنند. لازم به ذکر است که اهمیت جریان خون کبدی در گربه‌ها نسبت به سگ‌ها، به دلیل نقص در آنزیم‌های کبدی (گلوکورونیل ترانسفراز) بیشتر است.

نرگس خدادادی

اسفند ۹۲، اهواز

فصل دوم: مروری بر منابع

الف: آشنایی با امواج فراصوت

الف-۱- تعریف فراصوت

فراصوت شکلی از انرژی است که از امواج مکانیکی در بسامدهای بالای محدوده شنوایی

انسان تشکیل شده است. گوش انسان می‌تواند امواج میان ۲۰ هرتز^۱ تا ۲۰۰۰۰ هرتز را بشنود.

1 . Hertz

فراصوت یا اولتراسوند^۱ تشخیصی یکی از رشته‌های دانش پزشکی است که پژوهش‌های زیادی را به خود اختصاص داده است (تکاور، ۱۳۷۹؛ تکاور، ۱۳۷۷).

الف-۲- تاریخچه فراصوت

الف-۲-۱- کاربردهای صنعتی

برادران کوری در سال ۱۸۸۰ برای نخستین بار اثر پیزوالکتریک^۲ را که تولید کننده فراصوت است کشف کردند. یکی از نخستین کاربردهای عملی فراصوت در جست و جوی ناموفق کشتی غرق شده تایتانیک^۳ در سال ۱۹۱۲ بود. در سال ۱۹۱۶ لانزوی^۴ با پژوهش‌های خود روشی برای ارتباط زیر آب و روش‌هایی برای مکان‌یابی زیر دریایی‌ها با استفاده از فراصوت پیدا کرد (تکاور، ۱۳۷۹).

الف-۲-۲- کاربردهای پزشکی

نخستین دستگاه کاربردی نگاره برداری فراصوت به وسیله دوسیگ^۵ اتریشی و در سال ۱۹۳۷ ساخته شد. او از دو ترانسدیوسر گذاشته شده در دو سوی سر، برای سنجش نیمرخ‌های انتقال فراصوت به امید دیدن بطن‌های مغزی استفاده نمود. در سال ۱۹۴۹، داگلاس هاوری^۶ و وی.آر.بلیز^۷ مهندسان دانشگاه دن ور^۸، نخستین جاروبگردرخش را مانند یک مبدل یا ترانسدیوسر کوارتز ساختند. با حرکت دادن ترانسدیوسر در خط مستقیم بر فراز سطح پوست، بازتاب‌ها به صورت نقاط سفید بر

1. Ultrasound
2. Piezoelectric
3. Titanic
4. Langevin
5. Dusic
6. Douglass Howry
7. W.R. Bliss.
8. Denver

سطح صفحه نوسان نگار به نمایش در می‌آمدند، این نقاط، عکسی خام از آناتومی بخش‌های زیرین به دست می‌دادند. جان وایلد^۱ در سال ۱۹۵۱ نشان داد که فراصوت قادر به تمایز گذاشتن بین بافت‌های طبیعی و بدخیم می‌باشد (تکاور، ۱۳۷۹).

الف-۳- امواج فراصوتی

هر موج (شنوایی یا فراصوتی) یک آشفتگی مکانیکی در یک محیط گاز، آبگون و یا جامد است که به سوی بیرون چشمه صوتی و با سرعتی یکنواخت و معین حرکت می‌کند. در حرکت یا گسیل موج مکانیکی، ماده منتقل نمی‌شود. اگر نوسان‌های ذره‌ها در راستای عمود در گسیل موج باشد، موج عرضی است که بیشتر در جامدها رخ می‌دهد و اگر نوسان امواج در راستای گسیل امواج باشد، موج طولی است. انتشار امواج در بافت‌های بدن به گونه‌ی امواج طولی است. از این رو در پزشکی با این گونه امواج سرو کار داریم (تکاور، ۱۳۷۷).

الف-۳-۱- ویژگی‌های امواج فراصوت

الف-۳-۱-۱- طول موج

فاصله میان دو نقطه در موج که ویژگی فیزیکی یکسانی داشته باشند (برای نمونه، ۲ مرکز فشردگی) را طول موج می‌گویند. اگر قادر بودیم که یک موج صوتی را متوقف کنیم و در صورت قابل مشاهده بودن، ابتدا تا انتهای یک سیکل آن را اندازه بگیریم، این فاصله برابر طول موج بود (علی‌پور، ۱۳۸۱؛ تکاور، ۱۳۷۷).

1 . John Wilde

الف-۳-۱-۲- بسامد یا فرکانس^۱

شمار زنش‌های کامل در یک ثانیه را بسامد یا فرکانس می‌گویند. یکای بسامد مانند دیگر امواج هرتز است. پس یک هرتز یک نوسان در یک ثانیه است. فرکانس اولتراسوند به کار رفته در تجهیزات سونوگرافی رایج بین ۱ تا ۲۰ میلیون هرتز است (علی‌پور، ۱۳۸۱؛ تکاور، ۱۳۷۷).

الف-۳-۱-۳- پریود^۲

پریود یا دوره تناوب طول زمانی است که موج یک زنش کامل انجام می‌دهد (تکاور، ۱۳۷۷).

الف-۳-۱-۴- سرعت گسیل موج

فاصله‌ای که موج در یکای زمان می‌پیماید سرعت گسیل موج است. هرچه ماده متراکم‌تر باشد سرعت آهسته‌تر است. یعنی هرچه مولکول‌ها کوچک‌تر باشند جا به جا کردن آن‌ها ساده‌تر است. هرچه توانایی فشردگی ماده بیشتر باشد سرعت فراصوت کم‌تر است. سرعت موج در بافت‌های نرم به هم نزدیک است ولی سرعت امواج در استخوان بسیار بیشتر (نزدیک به ۴ برابر) است (علی‌پور، ۱۳۸۱؛ تکاور، ۱۳۷۷).

الف-۴- برهم کنش‌های فراصوت با ماده

الف-۴-۱- کاهش

1. Frequency
2. Period