

## ДЕЈСТВА УЛТРАЗВУКА У БИОЛОГИЈИ

Љубинко ТОДОРОВИЋ

Одељење за ортопедску хирургију и трауматологију Здравственог центра, Бор

КРАТАК САДРЖАЈ: У чланку су наведене основне дефиниције и особине ултразвука. Описана су основна примарна дејства ултразвука, као на пример стварање топлоте, микрострујање, кавитација, хемијска дејства и биолошка дејства ултразвука, као што су тератогеност и мутагеност јачих доза, без јасних доказа о штетним дејствима.

Кључне речи: ултразвук, биолошка дејства, тератогеност, мутагеност. (СРП АРХ ЦЕЛОК ЛЕК)

Таласи ултразвука су таласи чије су фреквенције изнад горње границе чујности за људско уво [1-4].

У медицини се употребљава ултразвук фреквенције између 3 и 10 мегахерца (*MHz*). Најбитнији параметри су дужина, фреквенција, брзина простирања и интензитет (јачина) таласа. Кроз људско ткиво таласи ултразвука се простиру уз преламање, одбијање, расејавање и апсорпцију. Они се преламају и одбијају на прелазу из једне акустичне средине у другу. Однос између енергије пропуштених и одбијених таласа зависи од акустичних особина средине. Угао преламања и одбијања зависи од разлике акустичних импеданција (укупних отпора) средина. Не преламају се само таласи који на границу између двеју средина падају под правим углом. Уређаји на бази рефлексионог принципа бележе само одбијене таласе који су пали под правим углом на раздеообну границу ткива. Таласи који падају на ову границу под косим углом одбијају се тако да се не враћају у истом смеру, те их сонда не региструје. Разлике у акустичним особинама између меких ткива су мале, али ипак довољне да се открију разлике. Одбијање од површине костију је два до четири пута интензивније од одбијања од површина меких ткива, тако да се у ствари приказују само контуре костију и хрскавице, а не и унутрашња калцификована структура. Гасови такође ометају простирање таласа, те се сонде морају да наслоне непосредно на кожу, уз употребу желеа. Апсорпција и расејавање ултразвука повећавају се с порастом фреквенције таласа. Сонде за вишу фреквенцију таласа, нпр., за *7,5 MHz*, обезбеђују јаснију слику на екрану, али таласи мање продиру у ткива, док сонде за таласе од *3,5 MHz* обезбеђују нејаснију слику, уз знатно већу продорност таласа у дубину ткива. Примењују се линеарне, секторске и конвексне сонде [1, 2].

## ИСТОРИЈАТ

Баланцани је пре 200 година указао на способност слепих мишева да се крећу у потпуном мраку и

тима указао на феномен таласа ултразвука. Пјер Кири је 1880. године произвео ове таласе. Прва практична примена ултразвука запажена је 1912. године у морнарици (употреба сонара, одмах после велике катастрофе „Титаника“). Године 1938. К. Т. Дусиг, неуролог, с братом радиотехничарем, покушава да примени ултразвук у дијагностичке сврхе. Од 1939. године примењује се у терапијске сврхе (лечење неуралгија). Године 1954. почиње дијагностички пробој ултразвука (дијагностика органа у трбуху, срца и тиреоидне жлезде).

Граф [1] почиње 1978. године да примењује ултразвук у дијагностици поремећаја у развоју кука детета.

## ПРИМЕНА

Ултразвук се користи за испитивање структуре комплексних молекула. Топлотно дејство, микрострујање и кавитација под дејством ултразвука користе се за мешање супстанција које се иначе не могу да мешају (нпр., вода и жива се оваквим поступком трансформишу у стабилну емулзију), за побољшање квалитета емулзије (нпр., фотоемулзија), за стерилизацију и хомогенизацију млека (убијање бактерија), за испитивање хомогености материјала (нарочито за ливене метале), у поморству итд.

## БИОЛОШКА ДЕЈСТВА И БЕЗБЕДНОСТ

Иако у протеклих тридесетак година употребе ултразвука у дијагностици никаква штетна дејства нису откривена, ипак се поставља питање његове штетности.

Питања на која би требало да се одговори била би следећа: 1) да ли постоје штетна дејства ултразвука при дијагностици; 2) да ли неповољна дејства могу да настану при учестаној употреби; 3) значајност трајања излагања ултразвуку; и 4) да ли се ова дејства сумирају?

## ПРИМАРНА ДЕЈСТВА

### *Стварање топлоте*

Локална температура ткива зависи од трајања примене и интензитета ултразвука, апсорпционог коефицијента ткива и топлотне проводљивости ткива. Апсорпциони коефицијент расте с квадратом фреквенције ултразвука; у костима је већи, а у масном ткиву мањи. Ткива у површинским деловима тела загревају се више од дубљих. Тако створена топлота користи се у физикалној медицини. Дозе ултразвука употребљене у дијагностици немају значајну улогу у стварању топлоте.

### *Микрострујање и кавитација*

Ултразвук довољне јачине ствара ваздушне мехуриће у ткивима и течностима. Уколико ти мехурићи не могу да се шире (повећавају свој дијаметар) ствара се висока температура и расте притисак, што може да узрокује прскање ћелија и кидање ткива. По правилу, настали мехурићи се хаотично померају, што се назива микрострујањем.

### *Хемијска дејства*

У литератури је описано деполаризационо дејство ултразвука на макромолекуле [1]. Ово дејство је експериментално доказано на разним молекулама беланчевина и деоксирибонуклеинске киселине (DNK). Молекул DNK у ћелији је мали, те у дијагностичкој примени ултразвук не утиче на њега. Уобичајене дијагностичке сонде с излазном снагом 5-50  $mW/cm^2$  су знатно испод нивоа потребног за изазивање оштећења ткива.

### *Биолошка дејства*

Израгање ултразвуку високе енергије у трајању од једног минута убија жабе и рибе [1]. Експериментална истраживања су показала да ултразвук велике јачине, високе фреквенције и дугог трајања производи топлоту која може да изазове некрозу, крвављење и лацерацију ткива.

### *Терапојеност*

Експериментално је доказано терапојено дејство ултразвука на мишчеве, на којима је испитивано топ-

лотно дејство, али у нама доступној литератури није наведен податак о порасту броја побачаја и малформација у фетусу код трудница изложених дијагностичком ултразвуку.

### *Мутајеност*

У бројним студијама испитивано је мутајено дејство ултразвука. Испитивања су спроведена на биљкама, бактеријама, на културама ћелија људи и животиња. Хромозомске аберације су откривене више пута код инсеката и биљака после примене ултразвука фреквенције испод 0,8 MHz. Промене су приписане микрострујањима у тим организмима, с обзиром да су они пуни ваздушних шупљина. У људском организму мутајено дејство није доказано. На питање комутајености односно синергизма или индукције другог мутајеног дејства ултразвуком, још није дат једногласан одговор. За сада нема јасних знакова комутајенитета.

У овом контексту извештај AIUM (Америчког института за ултразвук у медицини) из 1982. године од изузетног је значаја. Наведено је да при израгању животињског ткива ултразвуку фреквенције од неколико MHz и интензитета мањег од 100  $mW/cm^2$  јасни докази о биолошком дејству нису доказани.

## ЗАКЉУЧАК

Ултразвук се употребљава у дијагностици већ тридесетак година без доказа о његовом штетном дејству. Према томе, може се сматрати да ултразвук који се данас користи у дијагностици није штетан. Савремени дијагностички уређаји с ултразвуком користе интензитете који су испод нивоа за које је AIUM потврдио да не делују штетно. Не постоји могућност да дијагностички уређаји произведу ултразвук који се користи у терапијским уређајима.

Треба напоменути да су јачине ултразвука добијеног помоћу уређаја који се користе у дијагностици 1-100  $mW/cm^2$ , у физикалној терапији око 5  $W/cm^2$  и у литотрипсији око 4  $kW/cm^2$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Graf R, Schuler P. Guide to Sonography of the Infant Hip. George Thieme, Stuttgart 1987.
2. Matasović T i sur. Ultrazvučna dijagnostika sustava za kretanje. Školska knjiga, Zagreb 1988.

3. Medicinska enciklopedija, II izdanje. Jugoslavenski lek-  
sikografski zavod, Zagreb 1970;6:446-7.
4. Enciklopedija leksikografskog zavoda, Jugoslavenski lek-  
sikografski zavod, Zagreb 1969;6:522-7.

---

BIBLID: 0370-8179, 126(1998) 7-8 p.316-8

UDC: 616-073.43

## EFFECTS OF ULTRASOUND

LJ. TODOROVITSH

Ward of Orthopaedics and Traumatology, Health Centre, Bor

**ABSTRACT:** The article deals with the basic definitions and characteristics of ultrasound. The primary effects of ultrasound such as heat production, microstreaming, cavitation, chemical effects and biologic effects of ultrasound such as teratogeny and mutagenesis of the stronger doses without any clear evidence of deleterious effects, are described.

**Key words:** Safety of ultrasound, biologic effects, teratogeny, mutagenesis. (SRP ARH CELOK LEK)

LJUBINKO TODOROVIĆ

19 210 Bor, Nikole Pašića 42/9; Tel.: 030/32-662

---

*Рукојис достављен уредништву 31. VII 1996.*