

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

بررسی پدیده سونولومینسانس در بافت زنده

لادن علیلو^۱، دکتر رسول صدیقی بنابی^۲

^۱دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

^۲دانشگاه صنعتی شریف

چکیده

در این پروژه برای درمان بافت های آسیب دیده یک محفظه نمونه بیولوژیکی مانند آب با آب خالص مقایسه شده است که برای این کار معادلات ریلی پلیست را با معادله فشار KZK جفت کرده و در ابزار شبیه سازی فرترن حل کردیم و در نهایت مشاهده شد که نمی توان محفظه نمونه را کاملاً آب در نظر بگیریم چون در این حالت به نتایج تقریباً مشابهی در حالت حضور و عدم حضور KZK می رسیم و برای درمان بافت های سرطانی، محیط آب، محیط مناسبی نمی باشند. پس باید به بررسی این پدیده در محیط های دیگری از بدن، جز آب مثل چربی یا بافت ران و کبد و غیره بپردازیم تا بتوانیم از نیایح حاصله از آن ها در درمان بافت های آسیب دیده بهره جوییم.

سونولومینسانس از کاویتاسیون آکوستیکی^۱ حاصل می شود. کاویتاسیون نیز پدیده ای می باشد که طی آن حباب های گازی در یک سیال همگن ظاهر می شود و می توان از آن به عنوان فروریختگی محیط سیال تحت فشار های کم یاد کرد. برای ایجاد سونولومینسانس لازم است که میدان صوتی به تشدیدگر محتوی سیال اعمال شود تا کاویتاسیون آکوستیکی انجام پذیرد که در این کاویتاسیون صوتی به دلیل کاهش چگالی گاز داخل حباب ها، حباب ها به سمت بالای ظرف مذبور سوق می یابند. شکل زیر هم نمونه ای از کاویتاسیون صوتی را نشان می دهد که حباب های کاویتاسیونی در اثر چرخش در پروانه کشتی به وجود آمده و در زیر پره ها جمع می شود در نهایت، ترکیدن این حباب ها باعث خوردگی پره ها می شود.



شکل ۱: نمایی از پروانه ی کشتی که حرکت سریع در سیال، باعث تغییر فشار در آن می شود و حباب های کاویتاسیونی در زیر پره ها به وضوح قابل مشاهده می باشند.

^۱Acoustic cavitation

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

برای شبیه سازی پدیده سونولومینسانس به دو معادله ی تراکم ناپذیر ریلی پلیست و معادله ی KZK نیاز داریم که به ترتیب عبارتنداز:

$$\rho \left(R\ddot{R} + \frac{3}{2}\dot{R}^2 \right) = \left(P_0 + \frac{2\sigma}{R_0} \right) \left(\frac{R_0}{R} \right)^{3\gamma} - P_\infty(t) - \frac{2\sigma}{R_0} - 4\mu \frac{\dot{R}}{R} \quad (1)$$

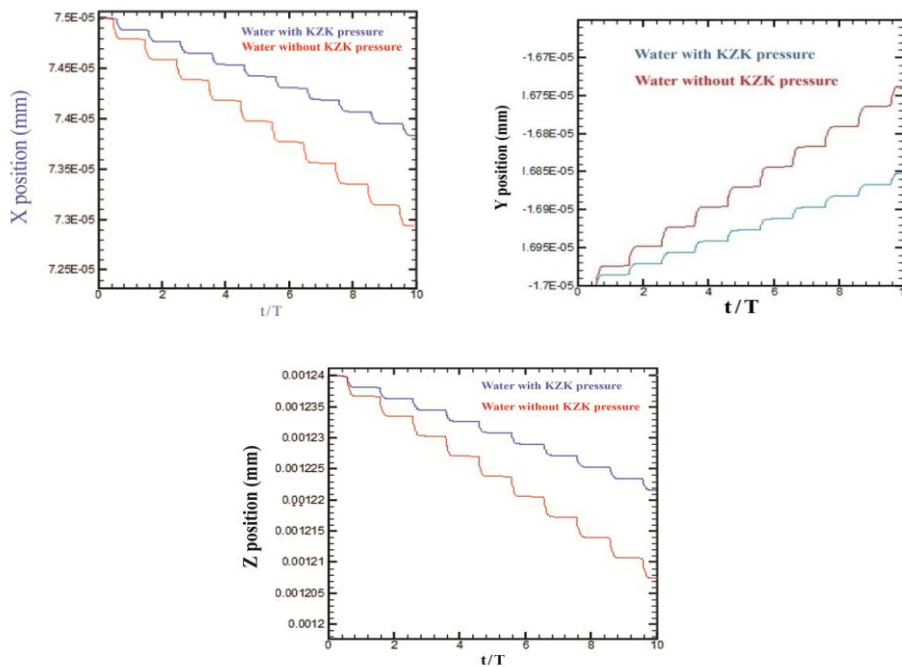
$$\frac{\partial}{\partial \tau} \left[\frac{\partial \rho}{\partial z} - \frac{\varepsilon}{C_0^3 \rho_0} P \frac{\partial \rho}{\partial \tau} - L_{abs} P \right] = \frac{C_0}{2} \Delta_\perp P \quad (2)$$

که در (۱)، μ ضریب اول لزجت مایع می باشد که برای سیال لزج جمله آخر سمت راستی برابر صفر می باشد و در معادله (۲)، ρ نشان دهنده ی فشار صوتی در پرتو و Z مختصات طول محور پرتو و $C_0 = 1614 \text{ m/s}$ می باشد، $\tau = t - \frac{z}{c_0}$ نمایانگر زمان در مختصات در حال حرکت می باشد. ε

فاکتور غیر خطی بافت و برابر $78/4$ می باشد. Δ_\perp نیز لاپلاس باتوجه به مختصات عرضی است که معادل $\Delta_\perp = \frac{\partial^2}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r}$ بوده و نهایتاً L_{abs} عامل جذب باریکه ی موج در انطباق با مختصه ی قدرت از بافت های بیولوژیکی می باشد.

نتیجه گیری

شکل ۲ مولفه های حرکت انتقالی حباب سونولومینسانسی را در سه راستای X و Y و Z در طول ده سیکل آکوستیکی در سیال آب با دو شرایط مختلف حضور و عدم حضور فشار KZK در طول ده سیکل آکوستیکی به حالت مقایسه ای نشان می دهد.



شکل ۲: بررسی تغییرات مولفه های مکانی حباب نسبت به در طول ده سیکل صوتی در سیال آب تحت شرایط اعمال و عدم اعمال فشار KZK

مقاله نامه بیست و دومین کنفرانس بهاره فیزیک (۳۱-۳۰ اردیبهشت ۱۳۹۴)

در نیمه هر سیکل از نظر مکانی، حباب دارای پرشی در حرکت می باشد که این جهش هم زمان با لحظه ی فروریزش حباب رخ می دهد. این را می توان ناشی از اثرات مولفه های نیروی هیدرودینامیکی دانست که وارد کردن ممتومی از سیال به حباب باعث جهش حباب در راستای حرکتش می شود. پس برآیند این نیروها ممتوم لازم برای چنین جهشی در حباب را فراهم می نماید و نهایتا در هر سه راستا دوره ی حرکت، شبه پریودیک می باشد. در این بررسی ها مشاهده می شود که حباب در هر سه راستا دارای حرکت نوسانی و منظم است. و اما اگر به بررسی هر یک از مولفه ها در هر یک از دو شرایط اعمال و عدم اعمال فشار KZK در طول ده سیکل آکوستیکی پردازیم، همان طور که در شکل نیز مشهود می باشد پی می بریم که مولفه ی x در شرایط اعمال فشار KZK با سرعت بیشتری نسبت به حالت عدم اعمال فشار مذبور سوق می یابد، ولی مولفه ی انتقالی y عکس این عمل می کند و سرعت سوق مولفه ی y در حالت عدم اعمال فشار KZK بالاتر می باشد و اما مولفه ی z نیز هم چون مولفه ی x به شرط اعمال فشار یاد شده با سرعت بالاتری نسبت به زمان حرکت می کند. در نتیجه مشاهده می شود که با مقایسه دینامیک انتقالی در دو شرایط مذبور مولفه های حرکت انتقالی حباب تغییرات ناچیز قابل مشهودی داشته اند که این تغییرات هم شامل تغییرات در تعداد پس جهش های بعد لحظه فروریزش می باشد که در شرایط اعمال این فشار ثانوی تعداد پس جهش های مذکور کاهش یافته است اما باز این مقادیر تغییرات مقادیر چندان زیادی نیست که بتوان گفت، محیط آب محیط مناسبی برای تولید حباب سونولومینسانسی برای درمان بافت های آسیب دیده است.

مرجع ها

References

- [1]Uchida, T., Ohkusa, H., Y., Hyodo, T., Satoh, T. and Irie, A., "*Treatment of localized prostate cancer using high-intensity focused ultrasound*,"BJU International, **Vol. 97**, 56-61, 2006
- [2]Chaussy, C.G. and Thuroff, S.F., Robotic high-intensity focused ultrasound for prostate cancer: What have we learned in 15 years of clinical use?." Current Urology Reports, **Vol.12(3)**,180-187,2011.
- [3]Miller, D.L. and Dou, C., "*Membrane damage thresholds for 1- to 10-MHz pulsed ultrasound exposure of phagocytic cells loaded with contrast agent gas bodies in vitro*,"Ultrasound in Medicine and Biology, **Vol. 30(7)**,973—977, 2004.
- [4]Poliachik, S.L., Chandler, W.L., Ollas, R.J., Bailey, M.R. and Crum, L.A., "*The relation between cavitation and platelet aggregation during exposure to high-intensity focused ultrasound*," Ultrasound in Medicine and Biology, **Vol. 30(2)**,261-269, 2004.
- [5]Wu, F., Wang, Z., Zhu, H., Chen, W., Zou, J., Li, K., Jin, C.,Xie, F. and Su, H., "*Extracorporeal high intensity focused ultrasound treatment for patient with breast cancer*," Breast Cancer Research and Treatment , **Vol. 92(1)**,51-60,2005.
- [6]Damianou, C.A., Pavlou, M., Velev, O., Kyriakou, K. and Trimikiliniotis, M., "*High intensity focused ultrasound ablation of kidney guided by MRI*," Ultrasound in medicine and Biology, **Vol. 30(3)**, 397-404, 2004.
- [7]Blana, A., Walter, B., Rogenhofer, S., and Wieland, W.F., "*Treatment of localized prostate cancer: 5-years experience*," Urology, **Vol. 63**, 297-300, 2004.