

Ultraljudsmätningar av vaskulär impedans: kamrarnas arbetslast via kärlsystemet

En av västvärldens idag främsta dödsorsaker är hjärt och kärlsjukdomar; ett problem som väntas öka ytterligare i framtiden.

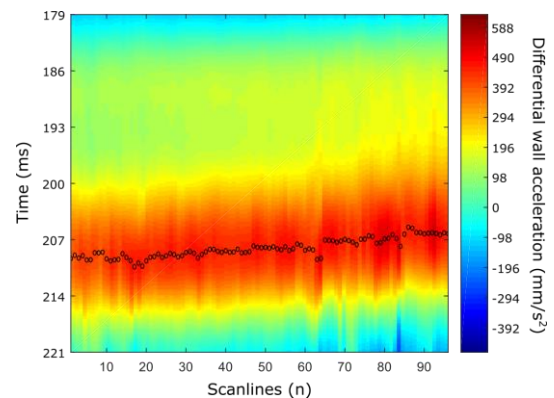
Ny forskning pekar på att nyare parametrar potentiellt kan påvisa riskfaktorer i ett tidigare sjukdomsstadium än blodtrycksmätningar, vilket skulle kunna rädda många liv. Två av dessa går att mäta icke-invasivt med ultraljud: lokal pulsvågshastighet och vaskulär impedans.

Den lokala pulsvågshastigheten beskriver hur fort hjärtats pulsvåg rör sig i det lokala kärlsystemet. Ju styvare kärlen är, desto fortare rör sig pulsvågen genom det lokala kärlsystemet.

Vaskulär impedans är både ett globalt och lokalt mått som beskriver motståndet mot blodflödet i det lokala kärlsystemet. Ju mindre och styvare ett kärl är, desto högre är dess vaskulära impedans. Således representerar mätningar av vaskulär impedans i aorta det totala motståndet som hjärtat måste arbeta mot för att cirkulera blodet genom hjärt- och kärlsystemet.

I examensarbetet *Non-invasive ultrasound measurements of vascular impedance – Rekindling an old in-house concept on in vivo measurements* [1] utfördes *in vivo* uppskattningar av lokal pulsvågshastighet och vaskulär impedans i högra halspulsådern hos åtta frivilliga forskningspersoner.

Examensarbetet återuppväckte en sedan nästan 20 år uppskjuten disciplin hos LTH:s Biomedicinska teknikavdelnings ultraljudsgrupp; baserat på doktorsavhandlingen *Development and evaluation of non-invasive ultrasonic methods for arterial characterization* [2]. Beroende på använd data och extraktionsmetodik varierade den framåtgående pulsvågens hastighet inom frivilliggruppen mellan 1.58 – 7.60 m/s. Ett visuellt exempel av pulsvågens framfart genom kärlet från hjärtat återfinns i *Figur 1* nedan.

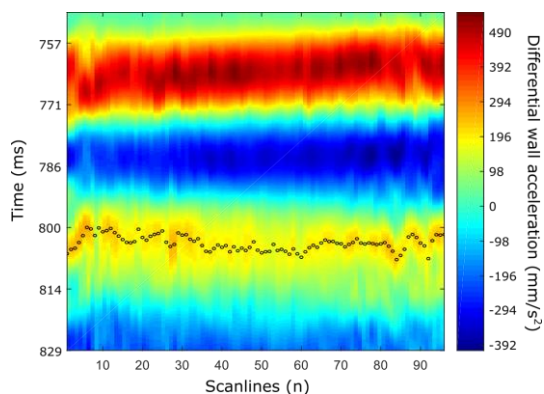


Figur 1: Framåtgående pulsvåg från hjärtat.

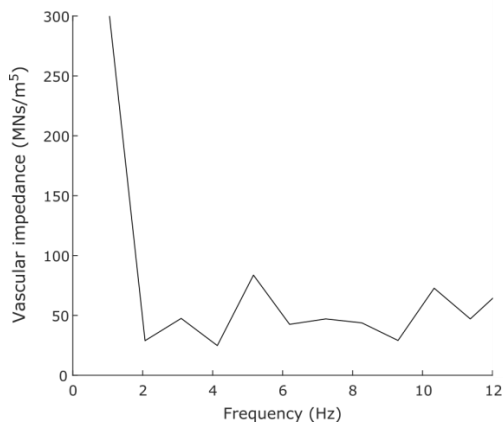
I frivilliggruppens undersökningsfiler återfanns även en reflekterad våg ifrån halspulsåderns bifurkationspunkt i både hastighets- och accelerationsdatan, vars hastighet uppskattades variera mellan 1.06 – 16.09 m/s i motsatt riktning. Ett visuellt exempel av den reflekterade pulsvågens framfart genom kärlet återfinns i *Figur 2* nedan.

Den vaskulära impedansens frekvenskom-

ponenter bestämdes framgångsrikt hos två forskningspersoner. Ett visuellt exempel på framgångsrikt uppskattad vaskulär impedans återfinns i **Figur 3** nedan.



Figur 2: Reflektad pulsvåg från halspulsåderns bifurkationspunkt.



Figur 3: Uppskattad vaskulär impedans i högra halspulsådern.

Utifrån **Figur 3** kan en genomsnittlig impedans, även kallad karaktäristisk impedans, urskönjas visuellt till ca 50 MNs/m^5 .

Under examensarbetet utformades även en ny form av radiell rörelsemätningsteknik på ultraljudsdata hos kärl: *iterative phase shift tracking (IPS-tracking eller IPT)*. Genom att uppskatta rörelse via successiva hopp mellan *frames* minskar förekomsten av ackumulativa fel i jämförelse med tidigare existerande rörelsemätningstekniker av samma form som istället uppskattar rörelse via på varandra direkt efterföljande *frames*.

I vårdpraxis idag används blodtrycksmätningar för att uppskatta hjärt- och kärlsystemets hälsotillstånd och eventuellt påvisa tecken på hjärt- och kärlsjukdomar. Blodtrycksmätningar har dock många felkällor och påvisar sjukdomstecken först i ett framskridet tillstånd. Genom att utnyttja andra parametrar, såsom lokal pulsvågshastighet och vaskulär impedans kan hjärt- och kärlsjukdomar upptäckas tidigare och således möjliggöra räddningen av många liv. Tekniken är menad att användas med ultraljudsutrustning via så kallad *ultrafast ultrasound imaging*, en höghastighetsversion av medicinskt ultraljud som hittills har använts i forskningssyften under det senaste årtiondet.

När kombinerat med lokala blodflödesmätningar kan vaskulär impedans användas för att uttrycka den vaskulära effekten; ett mått på blodets energiinnehåll i den aktuella mätpositionen. Därav, om mätt i aorta, beskriver vaskulär effekt den energi som hjärtats två kammare levererar

till blodet för att driva det genom stora- och lilla kretsloppet. Genom att mäta den vaskulära effekten på olika ställen i kärlsystemet kan även energifördelningen i systemet kartläggas och hjälpa uppskatta dess effektivitet.

Trots utmaningar och stundtals hög variation i *in vivo* mätningarna ses examensarbetets resultat som lovande och bådär gott för framtida forskning inom området.

Referenslista

1. Larsson, R., *Non-invasive ultrasound measurements of vascular impedance – Rekindling an old in-house concept on in vivo measurements*. 2018, Lund University: Department of Biomedical Engineering, Lund, Sweden.
2. Eriksson, A., *Development and evaluation of non-invasive ultrasonic methods for arterial characterization*. 1999, Lund University: Department of Electrical Measurements, Lund, Sweden.