Three- and Four-Dimensional Ultrasound Techniques تقنيات الموجات فوق الصوتية ثلاثية ورباعية الأبعاد

3D ultrasound is a medical ultrasound technique, often used in ***obstetric ultrasonography*** (during pregnancy), providing three-dimensional images ***of the fetus***. By this technique can be showing details such as ***facial features***. In 3D the sound waves being ***sent at different angles***. That means, the ultrasound takes images from a ***few different angles and combines them into one three dimensional image*** that will give you a ***size, shape, and depth***. In other words, the 3D images are used to show you three dimensional external images which may be helpful in diagnosing issues such as a ***cleft lip***. الموجات فوق الصوتية ثلاثية الأبعاد هي تقنية طبية للموجات فوق الصوتية، غالبًا ما تستخدم في التصوير بالموجات فوق الصوتية التوليدية (أثناء الحمل)، حيث توفر صورًا ثلاثية الأبعاد للجنين. بواسطة هذه التقنية يمكن إظهار تفاصيل مثل ملامح الوجه. في تقنية ثلاثية الأبعاد، يتم إرسال الموجات الصوتية بزوايا مختلفة. وهذا يعني أن الموجات فوق الصوتية تلتقط صورًا من عدة زوايا مختلفة وتجمعها في صورة واحدة ثلاثية الأبعاد تمنحك الحجم والشكل والعمق. بمعنى آخر، يتم استخدام الصور ثلاثية الأبعاد لتظهر لك صورًا خارجية ثلاثية الأبعاد والتي قد تكون مفيدة في تشخيص مشكلات مثل الشفة المشقوقة.

Now ***4D images*** used which takes 3D to the next step by ***combining numerous 3D images into a real-time movie***. That is the image is ***continuously updated***, it becomes a moving image, like a movie. 4D ultrasounds are ***similar to 3D scans***, with the ***difference associated with time: 4D allows a three dimensional picture in real time***, rather than delayed, due to the lag associated with the computer constructed image, as in classic three dimensional ultrasound. It is worth mentioning that if the system is used only in the ***obstetrics application***, the ultrasound energy is limited by ***less than 100 mW/cm^2*** (specifically a maximum of 94 mW/cm^2), whether scanning ***2, 3 or 4 dimensionally***. يتم الآن استخدام الصور رباعية الأبعاد التي تنقل الأبعاد الثلاثية إلى الخطوة التالية من خلال دمج العديد من الصور ثلاثية الأبعاد في فيلم في الوقت الفعلي. أي أن الصورة يتم تحديثها بشكل مستمر، فتصبح صورة متحركة، مثل الفيلم. تشبه الموجات فوق الصوتية رباعية الأبعاد عمليات المسح ثلاثية الأبعاد، مع اختلاف مرتبط بالوقت: 4 يسمح بصورة ثلاثية الأبعاد في الوقت الفعلي، بدلاً من التأخير، بسبب التأخر المرتبط بالصورة التي تم إنشاؤها بواسطة الكمبيوتر، كما هو الحال في الموجات فوق الصوتية الكلاسيكية ثلاثية الأبعاد. ومن الجدير بالذكر أنه إذا تم استخدام النظام فقط في تطبيقات التوليد، فإن طاقة الموجات فوق الصوتية تكون محدودة بأقل من 100 ميجاوات/سم2 (على وجه التحديد بحد أقصى 94 ميجاوات/سم2)، سواء كان المسح 2 أو 3 أو 4 أبعاد

The main prerequisite for construction of 3D ultrasound images is very ***fast data acquisition***. The ***transducer is moved by hand or mechanically perpendicular to the scanning plane over the region of interest***. The collected data are ***processed at high speed***, so that ***real-time presentation*** on the screen is possible. This is called ***the fourdimensional (4D) technique (4D = 3D + real time)***. The 3D image can be displayed in various ways, such as ***transparent views of the entire volume*** of interest or images of surfaces,

as used in obstetrics and not only for medical purposes. It is also possible to select ***two-dimensional images in any plane***, especially those that cannot be obtained by a 2D B-scan. الشرط الأساسي لإنشاء صور الموجات فوق الصوتية ثلاثية الأبعاد هو الحصول على البيانات بسرعة كبيرة. يتم تحريك محول الطاقة يدويًا أو بشكل عمودي ميكانيكيًا على مستوى المسح فوق المنطقة محل الاهتمام. تتم معالجة البيانات المجمعة بسرعة عالية، بحيث يمكن عرضها على الشاشة في الوقت الفعلي. وهذا ما يسمى بتقنية الأبعاد الرباعية (4) (4 = 3 + الوقت الحقيقي). يمكن عرض الصورة 3 بطرق مختلفة، مثل العروض الشفافة لكامل حجم الاهتمام أو صور الأسطح، كما هو مستخدم في طب التوليد وليس للأغراض الطبية فقط. من الممكن أيضًا تحديد صور ثنائية الأبعاد في أي مستوى، خاصة تلك التي لا يمكن الحصول عليها عن طريق المسح ثنائي الأبعاد.

3D or 4D ultrasound has been ***developed and researched in two major ways***. One is to ***overcome the limitations of 2D*** ultrasound by providing an imaging technique that ***reduces the variability of the 2D*** technique and allows the clinician to ***view the anatomy in 3D***, the other is to provide ***better spatial guidance for various interventional procedures, such as biopsy, focal ablative therapy or image-guided surgery*** *تم تطوير وبحث الموجات فوق الصوتية ثلاثية الأبعاد أو رباعية الأبعاد بطريقتين رئيسيتين. الأول هو التغلب على قيود الموجات فوق الصوتية ثنائية الأبعاد من خلال توفير تقنية تصوير تقلل من تباين التقنية ثنائية الأبعاد وتسمح للطبيب برؤية التشريح ثلاثي الأبعاد، والآخر هو توفير توجيه مكاني أفضل لمختلف الإجراءات التداخلية، مثل الخزعة، العلاج الجرّي البؤري أو الجراحة الموجهة بالصور.*

In the field of diagnostic radiology, various 3D ultrasound techniques, such as ***ultrasound cholangiography*** using ***minimum intensity projection and volume contrast imaging***, have shown excellent performance in achieving ***better spatial resolution*** and have ***reduced inherent noise*** in comparison with conventional 2D ultrasound. As guidance for interventional procedures, 3D ultrasound was proved to be ***useful in improving the depiction and understanding of the geometric relationships of needles and probes to tumors and other nearby structures***, so as to optimize delivery of the needle or ablative agent. Furthermore, 4D ultrasound, which is a dynamic 3D ultrasound, provides ***real-time feature of volume datasets instead of "static" 3D ultrasound images***, and so enables more intuitive recognition of the 3D spatial ***relationship between the needle and the target lesion and allows easy alteration in the orientation of the needle under real-time monitoring***. في مجال الأشعة التشخيصية، أظهرت تقنيات الموجات فوق الصوتية ثلاثية الأبعاد المختلفة، مثل تصوير الأقنية الصفراوية بالموجات فوق الصوتية باستخدام إسقاط الحد الأدنى من الكثافة وتصوير تباين الحجم، أداءً ممتازًا في تحقيق دقة مكانية أفضل وتقليل الضوضاء الكامنة مقارنةً بالموجات فوق الصوتية التقليدية ثنائية الأبعاد. كدليل للإجراءات التداخلية، ثبت أن الموجات فوق الصوتية ثلاثية الأبعاد مفيدة في تحسين تصوير وفهم العلاقات الهندسية بين الإبر والمسابير للأورام وغيرها من الهياكل القريبة، وذلك لتحسين توصيل الإبرة أو العامل الجرحي. علاوة على ذلك، توفر الموجات فوق الصوتية رباعية الأبعاد، وهي الموجات فوق الصوتية الديناميكية ثلاثية الأبعاد، ميزة في الوقت الفعلي لمجموعات بيانات الحجم بدلاً

من صور الموجات فوق الصوتية ثلاثية الأبعاد "الثابتة"، وبالتالي تتيح التعرف بشكل أكثر سهولة على العلاقة المكانية ثلاثية الأبعاد بين الإبرة والآفة المستهدفة وتسمح بسهولة تغيير في اتجاه الإبرة تحت المراقبة في الوقت الحقيقي.

The advantages of 3D ultrasound are primarily derived from the fundamental properties of 2D ultrasound. Ultrasound has many advantages over computed tomography and magnetic resonance imaging, including ***real-time imaging*** with ***vessel visualization***, ***decreased procedure time and cost***, ***portability***, and ***lack of ionizing radiation***. With continuing technological improvements including computer technology and visualization techniques, 3D ultrasound imaging is beginning to migrate from the research laboratory to the examination room. Therefore, radiologists or sonographers should be ready to accept the paradigm shift of viewing 3D images on a computer monitor تستمد مزايا الموجات فوق الصوتية ثلاثية الأبعاد في المقام الأول من الخصائص الأساسية للموجات فوق الصوتية ثنائية الأبعاد. تتمتع الموجات فوق الصوتية بالعديد من المزايا مقارنة بالتصوير المقطعي والتصوير بالرنين المغناطيسي، بما في ذلك التصوير في الوقت الحقيقي مع تصور الأوعية الدموية، وانخفاض وقت الإجراء والتكلفة، وقابلية النقل، ونقص الإشعاع المؤين. مع استمرار التحسينات التكنولوجية بما في ذلك تكنولوجيا الكمبيوتر وتقنيات التصور، بدأ التصوير بالموجات فوق الصوتية ثلاثي الأبعاد في الانتقال من مختبر الأبحاث إلى غرفة الفحص. لذلك، يجب أن يكون أخصائيو الأشعة أو أخصائيو تخطيط الصدى على استعداد لقبول التحول النموذجي المتمثل في عرض الصور ثلاثية الأبعاد على شاشة الكمبيوتر.

Harmonic Imaging التصوير التوافقي

Harmonic Imaging differs from conventional ultrasound imaging. With conventional imaging, the ultrasound system ***transmits and receives a sound pulse of a specific frequency*** (Figure 31). In this figure, simple compare between conventional imaging (Figure 31A) and Harmonic Imaging (Figure 31B). يختلف التصوير التوافقي عن التصوير التقليدي بالموجات فوق الصوتية. مع التصوير التقليدي، يقوم نظام الموجات فوق الصوتية بإرسال واستقبال نبضة صوتية ذات تردد معين (الشكل 31). في هذا الشكل، مقارنة بسيطة بين التصوير التقليدي (الشكل 31) والتصوير التوافقي

In the conventional imaging, the transducer transmits "a" and receives "b" sound waves of a given frequency. The ***received signal is lower in intensity*** because it is attenuated by the tissue. In the harmonic imaging, the returning signal "c" is actually a combination of frequencies. It contains not only the ***fundamental signal that was originally transmitted "a", but also the harmonic signal "b", which is twice a's frequency***. The ultrasound system processes these signals separately. في التصوير التقليدي، ينقل محول الطاقة "" ويستقبل "" موجات صوتية ذات تردد معين. تكون الإشارة المستقبلة أقل شدة لأنها تضعف بواسطة الأنسجة. في التصوير التوافقي، الإشارة العائدة "" هي في الواقع مجموعة من

الترددات. فهو لا يحتوي فقط على الإشارة الأساسية التي تم إرسالها في الأصل ""، ولكن أيضًا الإشارة التوافقية ""، والتي يبلغ ترددها ضعف التردد. يعالج نظام الموجات فوق الصوتية هذه الإشارات بشكل منفصل.

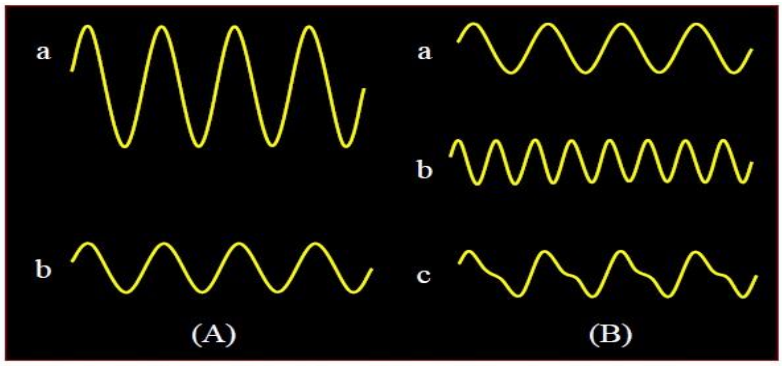

Figure 8.36: (A) conventional imaging, (B) Harmonic Imaging.

The difference between the ***transmitted and returned signal is that the returned signal is less intense, losing strength as it passes through tissue***. With Harmonic Imaging, on the other hand, the ***signal returned by the tissue includes not only the transmitted***

"fundamental" frequency, but also signals of other frequencies – most notably, the

"harmonic" frequency, which is twice the fundamental frequency (Figure 8.36B). Once this combined ***fundamental/harmonic signal is received***, the ultrasound system ***separates out the two components and then processes the harmonic signal alone***. الفرق بين الإشارة المرسلة والمرتجعة هو أن الإشارة المرتجعة أقل كثافة، وتفقد قوتها أثناء مرورها عبر الأنسجة. من ناحية أخرى، في التصوير التوافقي، لا تتضمن الإشارة التي يعيدها النسيج التردد "الأساسي" المرسل فحسب، بل تشمل أيضًا إشارات الترددات الأخرى – وأبرزها التردد "التوافقي"، وهو ضعف التردد الأساسي (الشكل 8.36. ب). بمجرد استقبال هذه الإشارة الأساسية/التوافقية المدمجة، يقوم نظام الموجات فوق الصوتية بفصل المكونين ثم يعالج الإشارة التوافقية وحدها.

B-flow تدفق

B-Flow is a new imaging technique which utilizes ***Digitally Encoded Ultrasound technology to provide direct visualization of blood echoes to image blood flow and tissue simultaneously***. It is a special ***B-scan technique for blood flow imaging*** that can be used to ***show movement without relying upon the Doppler Effect***. This technique is effective in showing ***exceptional clarity and speed in the display of blood flow and vessel walls***, but, unlike Doppler methods, it provides ***no information about flow velocity*** (Figure 8.37). Therefore this technique is promise to expand clinical applications of ultrasound and improve ***early detection of peripheral vascular diseases***. B-flow technology ***has convex array and sector transducers suitable for abdominal examination***. The ***echoes from moving scatterers*** (particularly blood cells in blood vessels) are ***separated from stationary scatterers*** by electronic comparison of echoes ***from***

successive pulses (autocorrelation). These very weak echoes are amplified and depicted as moving dots on the screen. ***B-Flow*** *- التدفق عبارة عن تقنية تصوير جديدة تستخدم تقنية الموجات فوق الصوتية المشفرة رقميًا لتوفير تصور مباشر لأصداء الدم لتصوير تدفق الدم والأنسجة في وقت واحد. هي تقنية مسح خاصة لتصوير تدفق الدم يمكن استخدامها لإظهار الحركة دون الاعتماد على تأثير دوبلر. تعتبر هذه التقنية فعالة في إظهار الوضوح والسرعة الاستثنائيين في عرض تدفق الدم وجدران الأوعية الدموية، ولكنها، على عكس طرق دوبلر، لا تقدم أي معلومات حول سرعة التدفق (الشكل 8.37). ولذلك تعد هذه التقنية بتوسيع التطبيقات السريرية للموجات فوق الصوتية وتحسين الكشف المبكر عن أمراض الأوعية الدموية الطرفية. تحتوي تقنية التدفق على مجموعة محددة ومحولات قطاعية مناسبة لفحص البطن. يتم فصل الأصداء الصادرة عن المشتتات المتحركة (خاصة خلايا الدم في الأوعية الدموية) عن المشتتات الثابتة عن طريق المقارنة الإلكترونية للأصداء من النبضات المتعاقبة (الارتباط الذاتي). يتم تضخيم هذه الأصداء الضعيفة جدًا وتصويرها كنقاط متحركة على الشاشة. -تدفق*

images are formed by using:**يتم تشكيل الصور باستخدام**

1) Coded Excitation to improve blood echo sensitivity**الإثارة المشفرة لتحسين حساسية صدى الدم**
2) Tissue equalization to reduce the relative brightness of tissue such that both tissue and blood can be simultaneously visualized. **(1 معادلة الأنسجة لتقليل السطوع النسبي للأنسجة بحيث يمكن رؤية كل من الأنسجة والدم في وقت واحد.**

Figure 8.37: B-flow image of an aorta with arteriosclerosis. This technique gives a clear delineation of the inner surface of the vessel (+…+ measures the outer diameter of the aorta)

Doppler Effect **تأثير دوبلر**

The Doppler Effect was discovered by ***Christian Andreas Doppler (1803 - 1853)***, and shows how ***the frequency of an emitted wave changes with the velocity of the emitter or observer.*** The theory was presented in the royal Bohemian society of Science in 25th of May 1842 (5 listeners at the occasion!), and published in 1843. **تم اكتشاف تأثير دوبلر بواسطة كريستيان أندرياس دوبلر (1803 – 1853)، ويظهر كيف يتغير تردد الموجة المنبعثة مع سرعة الباعث أو المراقب. تم تقديم النظرية في الجمعية البوهيمية الملكية للعلوم في 25 مايو 1842 (5 مستمعين في المناسبة!)، ونشرت في عام 1843.**

Basic Principles المبادئ الأساسية

In ultrasound imaging, Echoes from most tissues will be ***at the same frequency as the transmitted beam***. However, if the echoes received are from tissue or blood cells that ***move, send and receive frequencies will not be the same***. This ***"shifted" frequency*** can be used to determine the relative speed and direction of moving these tissues. This principle is known as the ***Doppler Effect***. Basically, the ***greater the frequency shift, the higher the speed of the moving object***. Based on Doppler principle, ***the movement of blood cells or tissue towards the transducer is the receiving frequency higher***, and vice versa, ***movement away from the transducer is receiving frequency less***. Doppler is the ***apparent change in wavelength (or frequency)*** of an acoustic wave when there is relative movement between the transmitter (or frequency source) and the receiver. Doppler shift is especially important for examining ***blood flow***. في التصوير بالموجات فوق الصوتية، تكون أصداء معظم الأنسجة بنفس تردد الحزمة المرسلة. ومع ذلك، إذا كانت الأصداء المستلمة من الأنسجة أو خلايا الدم التي تتحرك، فلن تكون ترددات الإرسال والاستقبال هي نفسها. يمكن استخدام هذا التردد "المتحول" لتحديد السرعة والاتجاه النسبيين لتحريك هذه الأنسجة. يُعرف هذا المبدأ باسم تأثير دوبلر. في الأساس، كلما زاد تغير التردد، زادت سرعة الجسم المتحرك. واستناداً إلى مبدأ دوبلر، فإن حركة خلايا الدم أو الأنسجة باتجاه محول الطاقة يكون تردد الاستقبال فيها أعلى، والعكس صحيح، فإن الحركة بعيداً عن محول الطاقة يكون تردد استقبالها أقل. دوبلر هو التغير الواضح في الطول الموجي (أو التردد) للموجة الصوتية عندما تكون هناك حركة نسبية بين المرسل (أو مصدر التردد) والمستقبل. إزاحة دوبلر مهمة بشكل خاص لفحص تدفق الدم.

The basis for the Doppler Effect is that the ***propagation velocity of the waves in a medium is constant, so the waves propagate with the same velocity in all directions, and thus there is no addition of the velocity of the waves and the velocity of the source***. Thus, as ***the source moves in the direction of the propagation of the waves, this does not increase the propagation velocity of the waves, but instead increases the frequency***. أساس تأثير دوبلر هو أن سرعة انتشار الموجات في الوسط ثابتة، وبالتالي تنتشر الموجات بنفس السرعة في جميع الاتجاهات، وبالتالي لا يتم إضافة سرعة الموجات وسرعة المصدر . وبالتالي، عندما يتحرك المصدر في اتجاه انتشار الموجات، فإن هذا لا يزيد من سرعة انتشار الموجات، بل يزيد من التردد.

- In ultrasound imaging, if echoes received are from tissues or blood cells that are ***moving, the transmitted and received frequencies will not be the same***. This "shifted" frequency can be used to determine the relative velocity and the direction of these moving tissues. This effect is known as the Doppler Effect في التصوير بالموجات فوق الصوتية، إذا كانت الأصداء المستلمة من أنسجة أو خلايا دم متحركة، فلن تكون الترددات المرسلة والمستقبلة هي نفسها. يمكن استخدام هذا التردد "المتحول" لتحديد السرعة النسبية واتجاه هذه الأنسجة المتحركة. ويعرف هذا التأثير باسم تأثير دوبلر

Doppler principle can be summarized generally as follows: ويمكن تلخيص مبدأ دوبلر عموما على النحو التالي

If the blood moves toward a probe (antegrade), sound bouncing off that increases in frequency. The Source of these sound waves is the probe itself, because it emits waves and detects them. The blood that if moves away from the probe (retrograde), the frequency decreases. So the Doppler shift can be used to detect blood flow and velocity. إذا تحرك الدم نحو المسبار (التقدمي)، فإن الصوت المرتد يزداد تردده. ومصدر هذه الموجات الصوتية هو المسبار نفسه، لأنه يصدر الموجات ويرصدها. الدم الذي إذا تحرك بعيدًا عن المسبار (متراجعًا)، يقل تردده. لذلك يمكن استخدام إزاحة دوبلر للكشف عن تدفق الدم وسرعته.

Ultrasound images of flow, whether color flow or spectral Doppler, are essentially ***obtained from measurements of movement***. In ultrasound scanners, a series of pulses are transmitted to ***detect movement of blood***. Echoes from stationary tissue are the ***same from pulse to pulse***. Echoes ***from moving scatterers exhibit slight differences in the time for the signal to be returned to the receiver*** (Figure 8.38A). These differences can be measured as a ***direct time difference or, more usually, in terms of a phase shift*** from which the ***"Doppler frequency" is obtained*** (Figure 8.38B). They are then processed to produce either a color flow display or a Doppler sonogram. يتم الحصول على صور الموجات فوق الصوتية للتدفق، سواء كان التدفق اللوني أو الدوبلر الطيفي، بشكل أساسي من قياسات الحركة. في الماسحات الضوئية بالموجات فوق الصوتية، يتم إرسال سلسلة من النبضات للكشف عن حركة الدم. أصداء الأنسجة الثابتة هي نفسها من نبضة إلى نبضة. تُظهر الأصداء الصادرة عن المشتتات المتحركة اختلافات طفيفة في وقت إرجاع الإشارة إلى جهاز الاستقبال (الشكل 8.38. ويمكن قياس هذه الاختلافات كفارق زمني مباشر أو، في أغلب الأحيان، من حيث تحول الطور الذي يبدأ منه "تردد دوبلر" يتم الحصول عليها (الشكل 8.38). ثم تتم معالجتها لإنتاج إما عرض تدفق الألوان أو مخطط صدى دوبلر.

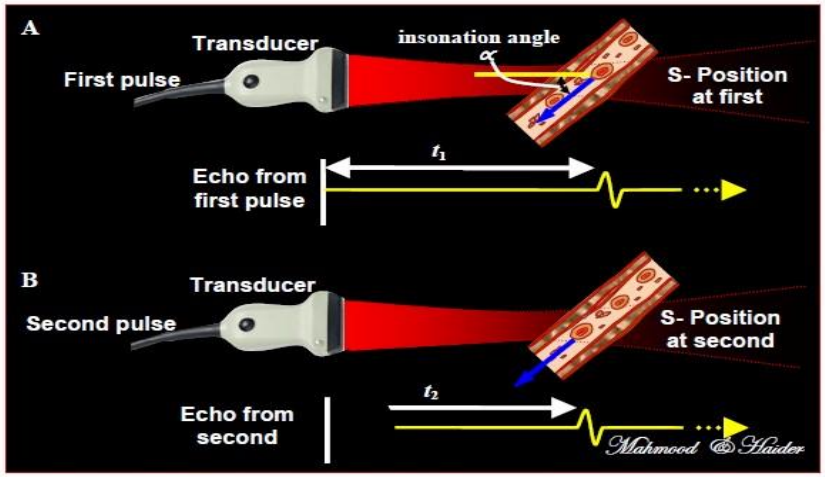

Figure 8.38: Ultrasound velocity measurement. The diagram shows a scatterer S moving at velocity v with a beam/flow angle θ. The velocity can be calculated by the difference in transmit-to-receive time from the first pulse to the second (t_2), as the scatterer moves through the beam.

The Doppler Equation معادلة دوبلر

In ultrasound, the wave is sent from a stationary transducer, the moving red blood cells is firstly moving towards the transducer and then following the reflected wave towards the transducer as shown in figure 1, and thus the Doppler shift is approximately twice as great. In the case of reflected ultrasound, the Doppler shift (or change in frequency) is: في الموجات فوق الصوتية، يتم إرسال الموجة من محول طاقة ثابت، وتتحرك خلايا الدم الحمراء المتحركة أولاً نحو محول الطاقة ثم تتبع الموجة المنعكسة نحو محول الطاقة كما هو موضح في الشكل 1، وبالتالي يكون إزاحة دوبلر أكبر بمقدار الضعف تقريبًا. في حالة الموجات فوق الصوتية المنعكسة، فإن إزاحة دوبلر (أو التغير في التردد) هي:

$$f_D = 2f_t \frac{v}{c}\cos(\propto)$$

f_t : transmitted frequency v : التردد المرسل

velocity of the moving blood سرعة الدم المتحرك

$\propto$: "insonation angle" the angle between the direction of the motion red blood cells and the beam of ultrasound transmitted from the transducer, ***best when below 20^o*** (Note that, ***cos 0 = 1 and cos 90 = 0***). c : The velocity of sound in blood is constant. "زاوية الصوت" هي الزاوية بين اتجاه حركة خلايا الدم الحمراء وشعاع الموجات فوق الصوتية المنقول من محول الطاقة، وتكون أفضل عندما تكون درجة الحرارة أقل من 20 درجة (لاحظ أن 0 = 1 و90 = 0). ج: سرعة الصوت في الدم هي ثابت.

f_D the echo frequency (returned frequency) is also called the "frequency shift" or "Doppler shift". Thus, in the case of reflected ultrasound, the velocity of blood or tissue can be measured by the Doppler shift of the reflected ultrasound: Basically, the Doppler Effect can be used to ***measure blood and tissue velocities from the Doppler shift of reflected ultrasound***. As can be seen from figure 8.37A, B and equation (1) there has to be motion in the direction of the beam; if the flow is ***perpendicular to the beam, there is no relative motion from pulse to pulse***. ويسمى تردد الصدى (التردد المعاد) أيضًا "إزاحة التردد" أو "إزاحة دوبلر". وبالتالي، في حالة الموجات فوق الصوتية المنعكسة، يمكن قياس سرعة الدم أو الأنسجة عن طريق إزاحة دوبلر للموجات فوق الصوتية المنعكسة: بشكل أساسي، يمكن استخدام تأثير دوبلر لقياس سرعات الدم والأنسجة من إزاحة دوبلر للموجات فوق الصوتية المنعكسة. كما يتبين من الشكل والمعادلة (1) يجب أن تكون هناك حركة في اتجاه الشعاع؛ إذا كان التدفق عموديًا على الحزمة، فلا توجد حركة نسبية من نبضة إلى نبضة.

The size of the Doppler signal is dependent on: حجم إشارة دوبلر يعتمد على

1) Blood velocity: as velocity increases, so does the Doppler frequency; سرعة الدم: كلما زادت السرعة، زاد تردد الدوبلر؛

2) Ultrasound frequency: higher ultrasound frequencies give increased Doppler frequency. As in B-mode, lower ultrasound frequencies have better penetration. تردد الموجات فوق الصوتية: ترددات الموجات فوق الصوتية الأعلى تعطي زيادة في تردد دوبلر. كما هو الحال في الوضع، فإن ترددات الموجات فوق الصوتية المنخفضة لها اختراق أفضل.

3) The choice of frequency is a compromise between better sensitivity to flow or better penetration; يعد اختيار التردد بمثابة حل وسط بين حساسية أفضل للتدفق أو اختراق أفضل؛

4) The angle of "insonation": the Doppler frequency increases as the Doppler ultrasound beam becomes more aligned to the flow direction (the angle θ between the beam and the direction of flow becomes smaller). This is of the utmost importance in the use of Doppler ultrasound. زاوية "الرنين": يزداد تردد الدوبلر عندما يصبح شعاع الموجات فوق الصوتية الدوبلر أكثر توافقاً مع اتجاه التدفق (تصبح الزاوية بين الشعاع واتجاه التدفق أصغر). وهذا أمر بالغ الأهمية في استخدام الموجات فوق الصوتية دوبلر.

The implications are illustrated schematically in Figure 8.39. (A) higher-frequency Doppler signal is obtained if the beam is aligned more to the direction of flow. In the diagram, beam (A) is more aligned than (B) and produces higher-frequency Doppler signals. The beam/flow angle at (C) is almost 90° and there is a very poor Doppler signal. The flow at (D) is away from the beam and there is a negative signal. تم توضيح الآثار بشكل تخطيطي في الشكل 8.39. () يتم الحصول على إشارة دوبلر ذات تردد أعلى إذا تمت محاذاة الحزمة بشكل أكبر مع اتجاه التدفق. في الرسم التخطيطي، يكون الشعاع () أكثر محاذاة من () وينتج إشارات دوبلر ذات تردد أعلى. تبلغ زاوية الشعاع/التدفق عند () 90 درجة تقريبًا وهناك إشارة دوبلر سينة للغاية. التدفق عند () بعيد عن الشعاع وهناك إشارة سلبية.

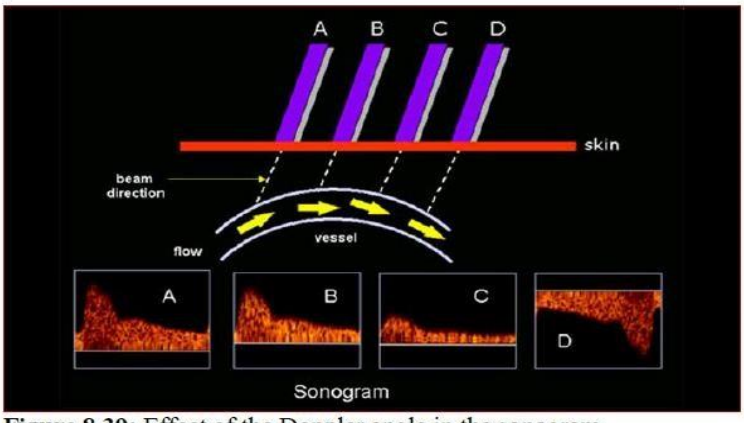

Figure 8.39: Effect of the Doppler angle in the sonogram.

All types of Doppler ultrasound equipment ***employ filters to cut out the high amplitude, low-frequency Doppler signals resulting from tissue movement***, for instance due to vessel wall motion. Filter frequency can usually be altered by the user, for example, to exclude frequencies ***below 50, 100 or 200 Hz***. This filter frequency ***limits the minimum flow velocities that can be measured***. تستخدم جميع أنواع أجهزة الموجات فوق الصوتية دوبلر مرشحات لقطع إشارات دوبلر عالية السعة ومنخفضة التردد الناتجة عن حركة الأنسجة، على سبيل المثال بسبب حركة

جدار الوعاء الدموي. يمكن للمستخدم عادةً تغيير تردد الفلتر، على سبيل المثال، لاستبعاد الترددات الأقل من 50 أو 100 أو 200 هرتز. يحد تردد المرشح هذا من الحد الأدنى لسرعات التدفق التي يمكن قياسها.

Spectral Doppler الدوبلر الطيفي

Spectral Doppler, of high value in ultrasound diagnosis, can be used for evaluation of blood flow, includes three kinds: يمكن استخدام الدوبلر الطيفي، ذو القيمة العالية في التشخيص بالموجات فوق الصوتية، لتقييم تدفق الدم، ويتضمن ثلاثة أنواع:

- Pulse Doppler (PW) نبض دوبلر
- High Pulse Repetition Frequency Pulse Doppler (HPRF)دوبلر نبضي عالي التردد
- Continuous Wave Doppler (CW).دوبلر الموجة المستمرة

اللهم صلي علئ محمد وال محمد

By:Mohammed Jabbar Hussein