Refraction الانكسار

The ***refracted wave obeys Snell's Law*** and describes reflection where ultrasound beam ***crosses an interface between two tissues at an oblique angle***. The angle of refraction is dependent on two things: تخضع الموجة المنكسرة لقانون سنيل وتصف الانعكاس حيث يعبر شعاع الموجات فوق الصوتية واجهة بين نسيجين بزاوية مائلة. تعتمد زاوية الانكسار على شيئين

- ***The angl***e the sound wave strikes the boundary between the two tissues ***The difference in their propagation velocities***. الزاوية التي تضرب بها الموجة الصوتية الحد الفاصل بين النسيجين الفرق في سرعتي انتشارهما.

In Figure 8.15: If ***the propagation velocity of ultrasound is higher in the first medium (v1> v2)***, the beam that enters second medium ***refracted at a less oblique (more steep) angle towards the center (A)***. If the ***velocity of ultrasound is higher in the second medium (v1< v2), refraction occurs away from the originating beam (B)***. As the beam emerges from medium 2 and reenters medium 1, it resumes its original direction of motion. إذا كانت سرعة انتشار الموجات فوق الصوتية أعلى في الوسط الأول، فإن الشعاع الذي يدخل الوسط الثاني ينكسر بزاوية أقل ميلًا (أكثر حدة) باتجاه المركز. وإذا كانت سرعة الموجات فوق الصوتية أعلى في الوسط الثاني يحدث الانكسار بعيدًا عن الشعاع الأصلي). عندما يخرج الشعاع من الوسط 2 ويعود إلى الوسط 1، فإنه يستأنف اتجاه حركته الأصلي.

This behavior of ultrasound transmitted obliquely across an interface is termed refraction. The presence of medium 2 simply ***displaces the ultrasound beam laterally for a distance that depends upon*** *the difference in ultrasound velocity* ***and*** *density in the two media* ***and upon*** *the thickness of medium 2*. Suppose a small structure below medium 2 is visualized by reflected ultrasound. The position of the structure would appear to the viewer as an ***extension of the original direction*** of the ultrasound through medium 1. ويسمى هذا السلوك للموجات فوق الصوتية المنقولة بشكل غير مباشر عبر واجهة الانكسار. إن وجود الوسط 2 يؤدي ببساطة إلى إزاحة شعاع الموجات فوق الصوتية أفقيًا لمسافة تعتمد على الفرق في سرعة الموجات فوق الصوتية وكثافتها في الوسطين وعلى سمك الوسط 2. لنفترض أن بنية صغيرة تحت الوسط 2 يتم تصورها بواسطة الموجات فوق الصوتية المنعكسة. سيظهر موضع الهيكل للمشاهد كامتداد للاتجاه الأصلي للموجات فوق الصوتية عبر الوسط 1.

In this manner, the sound is not reflected directly back to the transducer, refraction adds ***spatial distortion*** and the image being depicted may ***not be clear***, or ***potentially altered***, "c***onfusing***" the ultrasound system since ***it assumes that sound travels in a straight line***. These ***phenomena can allow for improved image quality by the use of acoustic lenses that can focus the ultrasound beam and improve resolution***. بهذه الطريقة، لا ينعكس الصوت مباشرة مرة أخرى إلى محول الطاقة، ويضيف الانكسار تشويهًا مكانيًا وقد لا تكون الصورة المعروضة واضحة، أو من المحتمل أن يتم تغييرها، مما "يربك" نظام الموجات فوق الصوتية لأنه يفترض أن الصوت ينتقل في خط مستقيم. يمكن

أن تسمح هذه الظواهر بتحسين جودة الصورة عن طريق استخدام العدسات الصوتية التي يمكنها تركيز شعاع الموجات فوق الصوتية وتحسين الدقة.

- Big surface: Ultrasound ***refraction only happens at big surface compared to its wavelength.*** سطح كبير: يحدث انكسار الموجات فوق الصوتية فقط على سطح كبير مقارنة بطول موجته.
- Velocity mismatch: The acoustic medium at both sides of the surface must have ***different sound velocity***..عدم تطابق السرعة: يجب أن يكون للوسط الصوتي الموجود على جانبي السطح سرعة صوت مختلفة
- Dependence on angle: The refracted wave obeys ***Snell's Law***. ***Laws of reflection and refraction hold.*** الاعتماد على الزاوية: تخضع الموجة المنكسرة لقانون سنيل. قوانين الانعكاس والانكسار ثابتة.

$$\theta_i = \theta_r\,, \qquad \frac{\sin\theta_i}{\sin\theta_r} = \frac{v_1}{v_2}$$

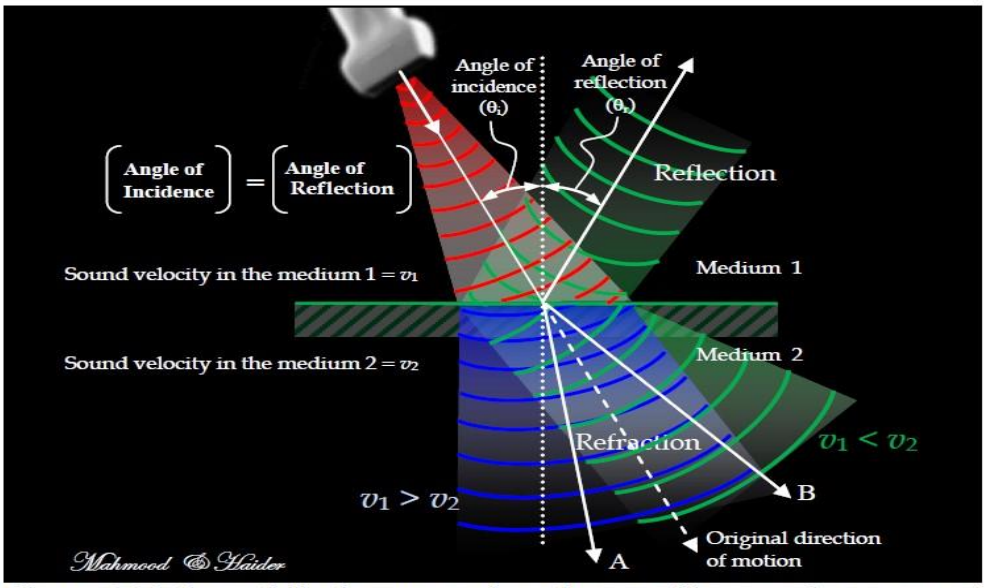

Figure 8.15: Lateral displacement of an ultrasound beam as it traverses a slab interposed in an otherwise homogeneous medium.

Reflection انعكاس

Ultrasound imaging is based on the "***pulse-echo***" principle in which performed by ***emitting a pulse from a transducer and directed into tissue***. ***When a sound wave is incident on an interface between two tissues, part reflected from a boundary, and part transmitted*** (figure 8.16). According to the law of ***reflection, the angle of reflection of a reflected wave is equal to its angle of incidence***. يعتمد التصوير بالموجات فوق الصوتية على مبدأ "صدى النبض" الذي يتم من خلال إصدار نبضة من محول الطاقة وتوجيهها إلى الأنسجة. عندما تسقط موجة صوتية على السطح البيني بين نسيجين، ينعكس جزء منها من الحد، وينتقل الجزء الآخر (الشكل 8.16). ووفقا لقانون الانعكاس، فإن زاوية انعكاس الموجة المنعكسة تساوي زاوية سقوطها.

Medical ***ultrasound im***aging relies utterly on the fact that ***biological tissues scatter or reflect incident sound***. *Scattering* ***refers to the interaction between sound waves and particles that are much smaller than the sound's wavelength λ, while*** *reflection* ***refers to such interaction with particles or objects larger than λ.*** **يعتمد التصوير الطبي بالموجات فوق الصوتية بشكل كامل على حقيقة أن الأنسجة البيولوجية تتبعثر أو تعكس الصوت الحادث. يشير التشتت إلى التفاعل بين الموجات الصوتية والجسيمات التي تكون أصغر بكثير من الطول الموجي للصوت، بينما يشير الانعكاس إلى هذا التفاعل مع الجسيمات أو الأجسام الأكبر من .**

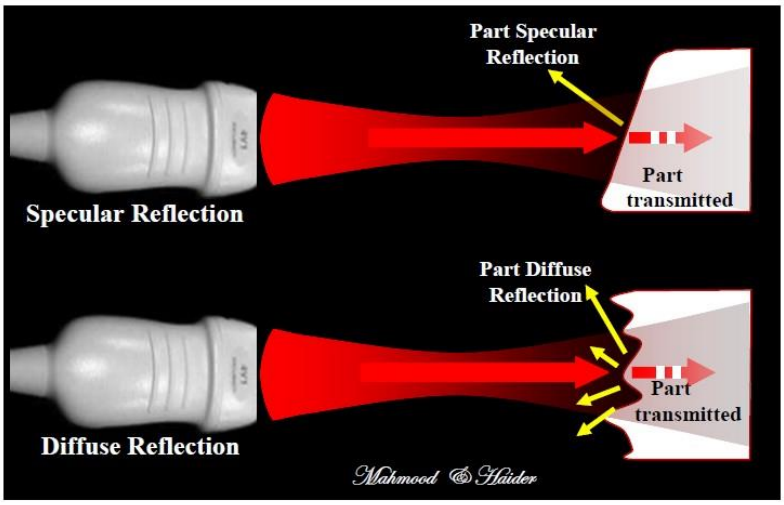

Figure 8.16: Reflection of ultrasound beam can be categorized as either specular or diffuse reflection.

Reflection can be categorized as either specular or diffuse. ***Specular reflectors are large, smooth surfaces, such as bone*** (see figure 8.17), where the sound wave is ***reflected back in a singular direction***. The large smooth surface of the bone causes a uniform reflection because of the ***significant difference in the acoustic impedance*** between it and the adjoining soft tissue. ***The greater the acoustic impedance between the two tissue surfaces, the greater the reflection and the brighter the echo will appear on ultrasound.*** **يمكن تصنيف الانعكاس على أنه إما براق أو منتشر. العواكس المرآوية هي أسطح كبيرة وملساء، مثل العظام (انظر الشكل 8.17)، حيث تنعكس الموجة الصوتية مرة أخرى في اتجاه فردي. يسبب السطح الأملس الكبير للعظم انعكاسًا موحدًا بسبب الاختلاف الكبير في المعاوقة الصوتية بينه وبين الأنسجة الرخوة المجاورة. كلما زادت المعاوقة الصوتية بين سطحي الأنسجة، زاد الانعكاس وظهر الصدى أكثر سطوعًا على الموجات فوق الصوتية.**

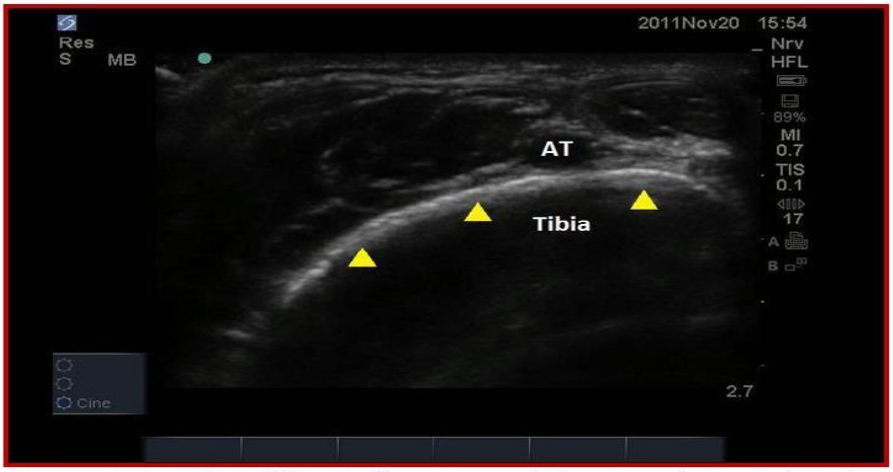

Figure 8.17: The tibia, (yellow arrows) is a good example of a specular reflector.

Conversely, soft tissue is ***classified as a diffuse reflector***, where adjoining cells create an uneven surface causing the reflections to ***return in various directions*** in relation to the transmitted beam. This means that the ***incident sound is spread out over a range of angles***. As shown in figure 8.18, the ***different acoustic impedances of the structures located within the muscle result in the various shades*** of grey seen on the B-Mode image. However, because of the numerous surfaces, sound is able to get back to the transducer in a relatively ***uniform manner***. على العكس من ذلك، يتم تصنيف الأنسجة الرخوة على أنها عاكس منتشر، حيث تخلق الخلايا المجاورة سطحًا غير مستو مما يتسبب في عودة الانعكاسات في اتجاهات مختلفة بالنسبة للحزمة المرسلة. وهذا يعني أن الصوت الساقط ينتشر عبر مجموعة من الزوايا. كما هو موضح في الشكل 8.18، تؤدي المعاوقات الصوتية المختلفة للهياكل الموجودة داخل العضلات إلى ظهور ظلال مختلفة من اللون الرمادي في صورة Mode. ومع ذلك، وبسبب الأسطح العديدة، يستطيع الصوت العودة - إلى محول الطاقة بطريقة موحدة نسبيًا.

The difference is that in the ***case of reflection, the angle at which the reflected beam of sound are directed is the opposite angle to their incidence***. By comparison, scattering randomises the direction of the sound that emerges from the scattering process. والفرق هو أنه في حالة الانعكاس، فإن الزاوية التي يتم توجيه شعاع الصوت المنعكس إليها هي زاوية معاكسة لوقوعها. بالمقارنة، فإن التشتت يؤدي إلى عشوائية اتجاه الصوت الذي يخرج من عملية التشتت.

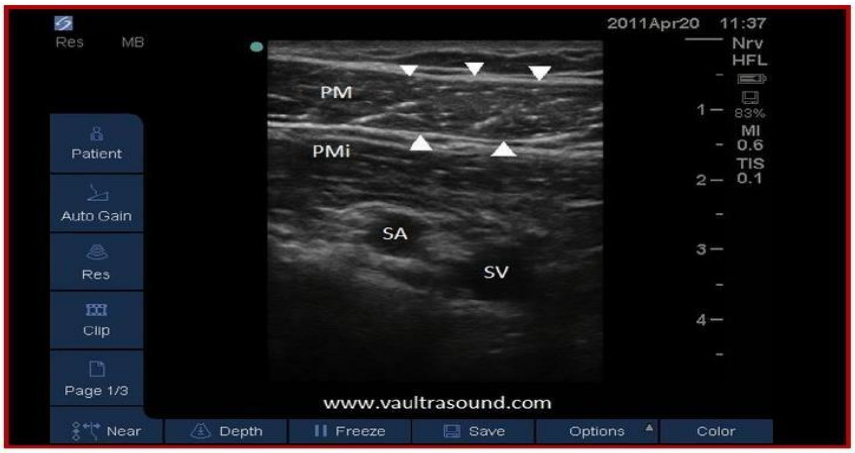

Figure 8.18: The pectoris major muscle (PM) located between the white arrows is an example of diffuse reflection.

Scattering التشتت

The scattering or reflections of acoustic waves arise from i***nhomogeneities in the medium's density and/or compressibility***. Sound is primarily scattered or reflected by a ***discontinuity in the medium's mechanical properties***, to a degree proportional to the discontinuity. (By contrast, ***continuous changes in a medium's material properties cause the direction of propagation to change gradually***). The *elasticity* and *density* of a material are *related to its sound spee*d, and thus sound is scattered or reflected most strongly by ***significant discontinuities in the density and/or sound speed of the medium***. **ينشأ تشتت أو انعكاسات الموجات الصوتية من عدم التجانس في كثافة الوسط و/أو قابليته للانضغاط. يتبدد الصوت أو ينعكس في المقام الأول بسبب انقطاع في الخواص الميكانيكية للوسط، بدرجة تتناسب مع انقطاع الصوت. (على النقيض من ذلك، فإن التغيرات المستمرة في خصائص مادة الوسط تتسبب في تغير اتجاه الانتشار تدريجيًا). ترتبط مرونة المادة وكثافتها بسرعة الصوت، وبالتالي ينتشر الصوت أو ينعكس بقوة أكبر من خلال الانقطاعات الكبيرة في الكثافة و/أو سرعة الصوت للوسط**

The scattering or reflections of acoustic waves arise from ***inhomogeneities in the medium's density and/or compressibility***. Rayleigh scattering occurs at interfaces involving structures of ***small dimensions*** as shown in figure 8.19 & 8.20. This is ***common with red blood cells (RBC)***, where the average diameter of an ***RBC is 7μm, and an ultrasound wavelength may be 300μm (5 MHz)***. When the sound wave is greater than the structure it comes in contact with, it creates ***uniform amplitude in all directions*** with ***little or no reflection returning to the transducer***. **ينشأ تشتت أو انعكاسات الموجات الصوتية من عدم التجانس في كثافة الوسط و/أو قابليته للانضغاط. يحدث انتثار رايلي عند السطوح البينية التي تشتمل على هياكل ذات أبعاد صغيرة كما هو مبين في الشكل 8.19 و8.20. وهذا أمر شائع في خلايا الدم الحمراء، حيث يبلغ متوسط قطر كرات الدم الحمراء 7 ميكرومتر، وقد يصل طول موجة الموجات فوق الصوتية إلى 300 ميكرومتر (5 ميجاهرتز). عندما تكون موجة الصوت أكبر من البنية التي تتلامس معها، فإنها تخلق سعة موحدة في جميع الاتجاهات مع انعكاس قليل أو معدوم يعود إلى محول الطاقة**

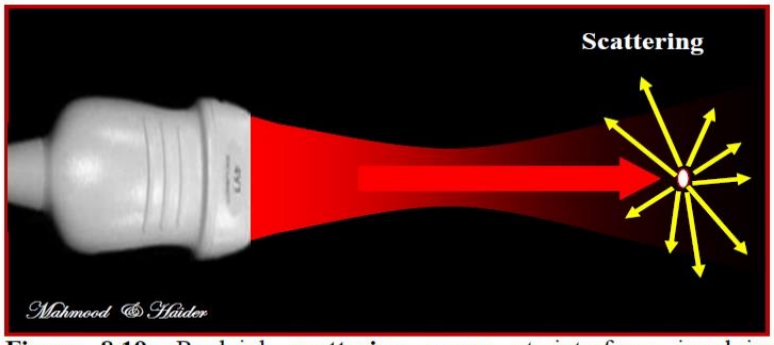

Figure 8.19: Rayleigh **scattering** occurs at interfaces involving structures of small dimensions.

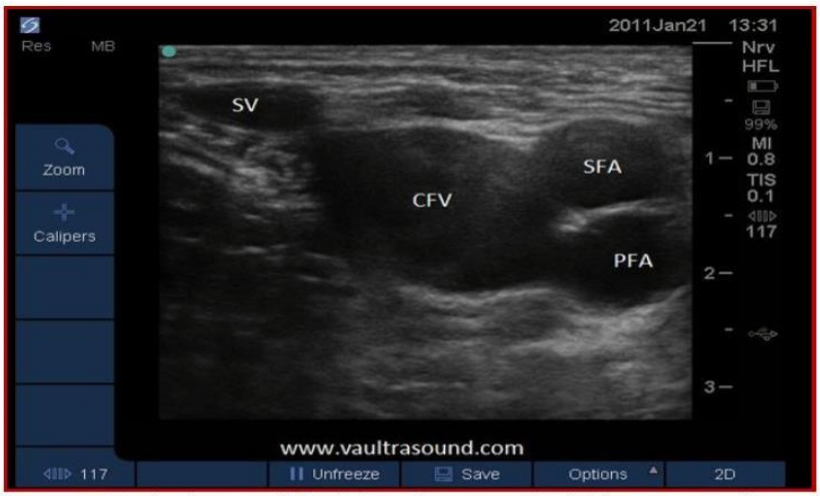

Figure 8.20: the image of the left saphenous vein (SV), common femoral vein (CFV), superficial femoral (SFA) and profunda femoris (PFA) arteries, Rayleigh scattering is present within each of the blood vessels.

Scattering is dependent for four different factors:

- the dimension of the scatterer,البعد المبعثر,
- the number of scatterers present, عدد المتناثرين الموجودين،
- the extent to which the scatterer differs from surrounding material, and ➢ the ultrasound frequencyمدى اختلاف المبعثر عن المواد المحيطة، وتردد الموجات فوق الصوتية

In most diagnostic applications of ultrasound, use is made of ***ultrasound wave's reflected from interfaces between different tissues in the patient***. The reflected echoes ***return to the transducer and form the ultrasound imaging***. The amount ***reflected depends on the difference in acoustic impedance of the two tissues***. في معظم التطبيقات التشخيصية للموجات فوق الصوتية، يتم استخدام الموجات فوق الصوتية المنعكسة من الواجهات بين الأنسجة المختلفة في المريض. تعود الأصداء المنعكسة إلى محول الطاقة وتشكل التصوير بالموجات فوق الصوتية. تعتمد الكمية المنعكسة على الفرق في المعاوقة الصوتية للنسيجين

Absorption

Absorption is the ***main form of attenuation***. Absorption happens as sound travels through soft tissue, the particles that ***transmit the waves vibrate and cause friction and a loss of sound energy occurs and heat is produced***. Sound ***intensity in the soft tissue decreases exponentially with depth*** (see figure 8.21). **الامتصاص هو الشكل الرئيسي للتوهين. ويحدث الامتصاص عندما ينتقل الصوت عبر الأنسجة الرخوة، وتهتز الجزيئات التي تنقل الموجات وتسبب الاحتكاك ويحدث فقدان الطاقة الصوتية وتنتج الحرارة. تتناقص شدة الصوت في الأنسجة الرخوة بشكل كبير مع العمق (انظر الشكل 8.21).**

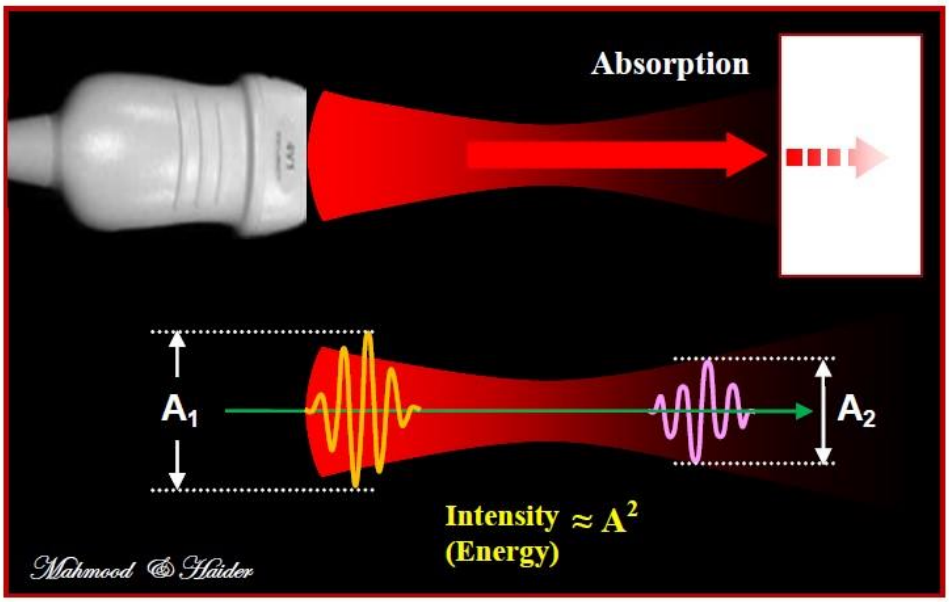

Figure 8.21: The Reduction of Pulse Amplitude by Absorption of It's Energy

استغفر الله ربي واتوب اليك

By:Mohammed Jabbar Hussein