

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) **公開特許公報** (A) (11)特許出願公開番号

特開2001 - 231788

(P2001 - 231788A)

(43)公開日 平成13年8月28日 (2001.8.28)

(51) Int. Cl ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト [*] (参考)
A 6 1 B 18/00		A 6 1 B 8/08	4 C 0 6 0
8/08		17/36 330	4 C 3 0 1

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 8 数)

(21)出願番号 特願2000 - 44703(P2000 - 44703)
 (22)出願日 平成12年2月22日(2000.2.22)

(71)出願人 000005108
 株式会社日立製作所
 東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地
 (71)出願人 000153421
 株式会社日立アドバンスシステムズ
 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地
 (72)発明者 高野 正彦
 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株式
 会社日立製作所通信事業部内
 (74)代理人 100078134
 弁理士 武 顕次郎

最終頁に続く

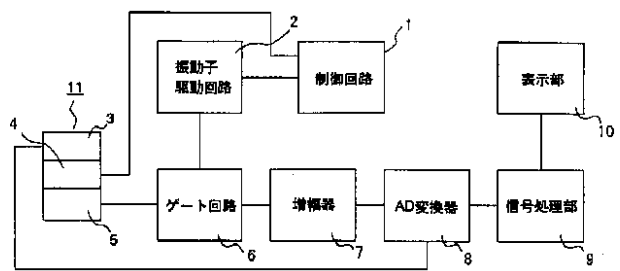
(54)【発明の名称】 骨の治療・治癒診断方法及び治療・治癒診断装置

(57)【要約】

【課題】 超音波を用いて非侵襲的に簡便な手段で、外科手術後等の骨の治療を行いながら患部の治癒状態を計測する。

【解決手段】 骨折治癒度計測は、骨折治癒過程を大きく2つに分類し、それぞれにおいて適した手法によって行われる。受傷後比較的初期の段階では患部周辺部位に仮骨が成長するため、その形状認識によって診断を可能とする。仮骨によるbridgingが完了した後は骨成長による骨密度の増加が見られるので、健常部位と患部との相対密度を評価することによって治癒度診断を行う。空間分解能向上領域を視野内で自由に調整する機構は、振動子5をアニュアレイとし深さ方向のフォーカスエリアを調整することに加え、振動子あるいはプローブをメカニカルスキャン方式によりスキャンすることにより角度方向の調整を行っている。

図1



3.エンコーダ 4.モータ 5.振動子 11.超音波プローブ

【特許請求の範囲】

【請求項1】 超音波の照射によって骨の治療を行い、かつ、治癒状態を診断する骨の治療・治癒診断方法において、骨折患部である骨の治癒状態を、治療に用いる超音波と同一の超音波の反射信号を用いて、骨折患部の仮骨形状、骨折患部の骨密度の少なくとも一方を計測することにより骨折治癒度を診断することを特徴とする骨の治療・治癒診断方法。

【請求項2】 前記骨折患部の仮骨形状の計測と、骨折患部の骨密度の計測とを骨折治癒過程の期間によって切り換えることを特徴とする請求項1記載の骨の治療・治癒診断方法。

【請求項3】 超音波の照射によって骨の治療を行い、かつ、治癒状態を診断する骨の治療・治癒診断装置において、骨折患部に治療及び治癒状態の診断のために超音波を照射する超音波振動子を有する超音波プローブと、超音波の反射信号に基づいて骨折患部の仮骨形状、骨折患部の骨密度の少なくとも一方を計測する手段とを備えることを特徴とする骨の治療・治癒診断装置。

【請求項4】 前記超音波振動子に印加する電圧の位相を制御し、超音波ビームを絞りフォーカスエリアを調整する制御手段をさらに備え、前記超音波振動子は、アレイ状に配置した圧電素子を備えることを特徴とする請求項3記載の骨の治療・治癒診断装置。

【請求項5】 前記超音波プローブは、前記超音波振動子と、メカニカルスキャン用のモータと、位置制御のためのエンコーダとにより構成されることを特徴とする請求項4記載の骨の治療・治癒診断装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、骨の治療・治癒診断方法及び治療・治癒診断装置に係り、特に、外科手術後等の骨の治療及び患部の治癒状態を計測する超音波信号を用いた骨の治療・治癒診断方法及び治療・治癒診断装置に関する。

【0002】

【従来の技術】骨折の治療促進を目的とした方法及び装置に関する従来技術として、例えば、患部に電極を装着して患部に電気刺激を与えるもの、患部全体を磁場中に曝して患部に誘導電流を生じさせるもの等が知られている。前者の従来技術は、電極装着が侵襲的であるものが多く、患者への肉体的精神的負担が大きいのに加え、感染症の恐れもある。また、後者の従来技術は、装置の規模が巨大であり、効果が表われるまでの治療期間、1回の治療時間が極めて長い(1日数時間程度)ため、患者がその間拘束されてしまうものである。

【0003】前述した電気刺激、磁場印加を用いる従来技術は、何れも、前述した理由により、現在ほとんど用いられていない。

【0004】これに対して、超音波照射による骨折治療

が近年注目されている。この方法は、音響エネルギーを経皮的に骨折患部に照射することによって骨折部の治療を促進させるという方法である。この超音波照射による方法は、前述した電気刺激、磁場印加の方法が持っている侵襲的、装置規模の巨大化、治療の長時間化、治療の長期間化の問題点を解決することができるものである。

【0005】超音波照射による骨折治療に関する従来技術として、例えば、特開平4-82567号公報、特開平4-82568号公報等に記載された技術が知られている。この従来技術は、超音波照射と電気刺激とを同時に行うことにより、骨折患部の治癒を促すというものである。また、他の従来技術として、例えば、特開平5-220160号公報に記載された技術が知られている。この従来技術は、照射する超音波を骨折患部の骨の表面で集束させるように、骨と周辺組織との境界位置を測定する装置を備えて、治療に適した超音波照射法を自動制御するというものである。

【0006】さらに、他の従来技術として、特開平7-108054号公報に記載された技術が知られている。この従来技術は、骨折患部に複数の超音波トランスジューサを装着し、それぞれを時分割方式により励振制御することにより治療効果の増大を図るというものである。また、さらに他の従来技術として、特開平8-187265号公報、特開平8-332209号公報等に記載された技術が知られている。これらの従来技術は、骨折患部の骨と骨との間隙に着目し、その空間により効率よく音響エネルギーを伝搬、照射することができるにしたものであり、骨と骨との間隙の距離が照射する超音波の1/4波長となるように超音波の周波数を選定することにより、骨と骨との間隙の空間に定在波を確立させ、治療促進を図るというものである。

【0007】前述した従来技術による超音波を使用する骨折の治療方法及び装置は、その何れも、骨折患部の治癒状態を計測する機能を備えないものであり、超音波照射による治療に専念するものであって、治癒具合の診断は別の方法及び装置に頼らざるを得ないものである。

【0008】超音波を使用して治療と診断とを同時に行う方法及び装置に関する従来技術として、唯一、特表平9-505745号公報に記載された技術が知られているが、この従来技術は、骨診断として、骨無機質密度、強度、骨折率を定量的に計測するもので、骨折治癒度との相関関係が明確でない上、計測・解析・計算手段も複雑なものである。

【0009】また、この従来技術は、患部を挟むように2個1組のトランスジューサを用いているため、送信用のトランスジューサ、被測定部位(患部)、受信用トランスジューサが直線上に乗っている必要があり、そのためのトランスジューサのアライメントを取ることが困難なものである。さらに、この従来技術は、送信した超音波のほとんどが患部(骨)表面で反射するため、透過す

る超音波のエネルギーが極端に小さくなり、十分な透過エネルギーを得るために、送信エネルギーを高くする必要があるが、そうすると、生体に対する安全基準内に送信する超音波の強度を抑えることが困難となるという問題点を生じてしまうものである。

【0010】また、一般に、超音波の照射による治療は、照射する超音波の強度が強すぎると組織を破壊させる危険性があるため、照射する超音波の強度を一定の基準値以下にする必要がある。前述した従来技術の多くも、この点について考慮しており、照射する超音波の強度に関して規定する記述がある。しかし、前述した従来技術は、何れも、皮下比較的浅い部位にある骨を治療対象としているものであり、皮膚と骨との間にある脂肪、筋、腱等によって生じる超音波の減衰について考慮されていない。

【0011】また、従来、骨粗鬆症の診断を目指した診断方法に関する報告等は数多く見られるが、これらも骨折治癒状態の計測を目的とした技術は知られていない。

【0012】そして、現在の骨折治癒の診断は、骨折患部のX線撮影によって得られた画像を医師が診て、医師の主観的判断に基づいて行われている。すなわち、「治癒した」という診断の基準は、骨折部位と健常部位との比較により行われ、相対的な診断であると言える。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】前述した従来技術は、何れも、治療と診断とを同時に行うことができないものであり、治療と診断とを同時に行うことができるとしても、計測・解析・計算手段が複雑なものになってしまい、また、トランスジューサのアラインメントを取ることが困難であるという問題点を有している。

【0014】また、前述した従来技術は、照射する超音波の強度について考慮しているものの、皮下脂肪や筋肉によって減衰せしめられて骨表面に到達する超音波強度についてはなんら考慮されておらず、踵骨などの皮下浅部の骨しか治療の対象としていないものと思われ、大腿骨等の皮下深部の骨折の場合、治療を施す場合に、必ずしも意図した強度の超音波が骨の表面に到達いるとはいえないという問題点を有している。

【0015】本発明の目的は、前記従来技術の問題点を解決し、X線撮影装置等の被爆の恐れがある装置やMRI等の大型の装置を使用することなく、超音波を用いて非侵襲的に簡便な手段で、外科手術後等の骨の治療を行いながら患部の治癒状態を計測することを可能にした骨の治療・治癒診断方法及び治療・治癒診断装置を提供することにある。

【0016】一般に、骨の癒合は、まず患部（骨切り、骨折等）周辺部位における仮骨の形成が先行する。このため、骨の癒合状態の測定には、仮骨の形成度合い（仮骨量、仮骨密度）を計測することが有効であると考えられる。仮骨成長の初期段階は、骨切り、骨折等によって

離間した骨の対向面間ではなくその周辺部位に、対向面に対して橋渡し（bridging）をするように形成される。従って、仮骨の形成度合いの計測には、患部周辺部位の橋渡しの形状を空間分解能の高い超音波ビームで計測する必要がある。この仮骨形状の計測は、既存の超音波診断装置（腹部エコーや循環器疾患診断用のもの）の画像診断機能によっては、超音波ビームの空間分解能が不十分であるため実現することができない。また、仮骨の形成度合いを計測する範囲は、骨の長軸方向の患部周辺のたかだか数cm程度でよく、従来の超音波診断装置の深さ方向十数cm全体において空間分解能を高めることは合理的ではない。前述したような理由により、超音波ビームの空間分解能をある特定の範囲（患部周辺部位）において向上させ、かつ、この特定の範囲を自由に設定することができる必要がある。

【0017】また、患部に照射する超音波として、治療時には、患部全体に超音波が照射されるように広いビーム幅を持つものが、あるいは、細いビームをスキャンすることが必要であり、また、診断時には、患部周辺部位で高分解能が必要であるためフォーカスしたビーム幅が細い超音波が必要である。このような要求を満たすために、治療時と診断時とで超音波プローブを取り替えることはコスト高となり現実的ではないため、ビーム幅やフォーカス、ビームスキャン方法を、治療・診断時に切り替える必要がある。

【0018】従って、本発明の他の目的は、前述したように要求を満たすことができ、骨外科手術後の治癒状態計測のために体表面から骨折患部に向けて超音波を照射し、骨治癒促進と同時に、仮骨形成状況を計測して癒合度を客観的に診断する機能備えた骨の治療・治癒診断方法及び治療・治癒診断装置を提供することにある。

【0019】

【課題を解決するための手段】本発明によれば前記目的は、超音波の照射によって骨の治療を行い、かつ、治癒状態を診断する骨の治療・治癒診断方法において、骨折患部である骨の治癒状態を、治療に用いる超音波と同一の超音波の反射信号を用いて、骨折患部の仮骨形状、骨折患部の骨密度の少なくとも一方を計測することにより骨折治癒度を診断することにより、また、前記骨折患部の仮骨形状の計測と、骨折患部の骨密度の計測とを骨折治癒過程の期間によって切り換えることにより達成される。

【0020】また、前記目的は、超音波の照射によって骨の治療を行い、かつ、治癒状態を診断する骨の治療・治癒診断装置において、骨折患部に治療及び治癒状態の診断のために超音波を照射する超音波振動子を有する超音波プローブと、超音波の反射信号に基づいて骨折患部の仮骨形状、骨折患部の骨密度の少なくとも一方を計測する手段とを備えることにより達成される。

【0021】さらに、前記目的は、前記超音波振動子に

印加する電圧の位相を制御し、超音波ビームを絞りフォーカスエリアを調整する制御手段をさらに備え、前記超音波振動子が、アレイ状に配置した圧電素子を備えることにより、また、前記超音波プローブが、前記超音波振動子と、メカニカルスキャン用のモータと、位置制御のためのエンコーダとにより構成されることにより達成される。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、本発明による骨の治療・治癒診断方法及び治療・治癒診断装置の実施形態を図面より詳細に説明する。

【0023】図1は本発明の一実施形態による骨の治療・治癒診断装置の構成を示すブロック図、図2は超音波ビームのフォーカスとビームスキャンとについて説明する図、図3は骨折部位の治癒過程について説明する図、図4は仮骨形状の計測と表示形式とについて説明する図、図5は骨密度の相対値の計測と表示形式とについて説明する図、図6は視野内の高分解能領域の調整について説明する図である。図1～図6において、1はフォーカスエリア制御回路、2は振動子駆動回路、3はエンコーダ、4はビームスキャン用モータ、5は超音波振動子、6はゲート回路、7は増幅器、8はA/D変換器、9は信号処理部、10は診断結果表示部、11は超音波プローブ、12は振動子アレイ、13は超音波ビーム、14はフォーカスエリア、20はスキャンエリア、21はスキャン方向、22は骨折患部、23は骨、24は仮骨である。

【0024】本発明の実施形態による骨の治療・治癒診断装置は、図1に示すように、フォーカスエリア制御回路1と、振動子駆動回路2と、エンコーダ3、ビームスキャン用モータ4及び超音波振動子5により構成される超音波プローブ11と、ゲート回路6と、増幅器7と、A/D変換器8と、信号処理部9と、診断結果表示部10とを備えて構成されている。

【0025】前述において、振動子駆動回路2は、正弦波発振器と矩形波発振器とを備えて構成され正弦波の発振周波数として、骨の治療に適している周波数として知られている1.5MHz、矩形波の発振周波数として、デューティ比20%を持つ1kHzを発信出力する。このように構成される治療・治癒診断装置による治療は、パルス状(1kHzの矩形波の20%部分に1.5MHzの正弦波が存在する)の超音波信号となり、その信号が、所定のレベルに制御され、ゲート回路6を介して超音波振動子5に与えられ、超音波振動子5からの照射超音波強度が制御された治療用照射超音波が骨折患部を照射することにより行われる。その際、その反射波は、1kHzの矩形波の超音波が出力されていない時間で超音波振動子5により検出され、その検出信号が増幅器7、A/D変換器8を介して信号処理部9に入力される。

【0026】そして、図1に示す骨の治療・治癒診断装

置において、超音波プローブ11における骨折患部に超音波ビームを照射する超音波振動子5は、フォーカスエリア制御回路1及び振動子駆動回路2により、骨折患部に照射する超音波の周波数やパルス繰り返し周波数、焦点深度、スキャン方向等が制御されている。そして、治療時には、超音波ビームを患部に照射したままでよいが、診断時には、患部からの反射波を受信しなければならない。このため、図示装置は、送信波と受信波とを時間的に分割するゲート回路6を備えており、これにより、治療、診断のそれぞれに別のプローブを備える必要をなくすることができ、装置の構成を単純にし、かつ、コストを低く押さえることができる。

【0027】ゲート回路によって分割された受信信号は、増幅器7で増幅され、A/D変換器8により離散数値化され、信号処理部9で適切な信号処理を施された後に診断結果表示部10にその結果が表示される。A/D変換器8は、受信信号の他にビームスキャン方向を表す制御信号をエンコーダ3から受け取り、ビーム方向を特定する情報を抽出している。超音波ビームを骨折患部の周辺に照射するためにビームをスキャンする必要があるが、図示装置は、このための手段として、メカニカルスキャン方式を使用するものとし、ビームスキャン用モータ4を備え、このモータ4により超音波振動子をスキャンしている。これにより、本発明は、装置構成の複雑化を防止して、小型で安価な装置を構成することを可能にしている。

【0028】すでに説明したように、仮骨の形成状況を計測するための画像診断に利用される既存の超音波診断装置は、空間分解能が充分ではない。しかし、単純に深さ方向に十数cmの視野範囲全体の空間分解能を向上させることは明らかにオーバースペックである。骨の治癒状態の診断のためには、骨折患部周辺部位の仮骨形成が生じる部位のみ高分解能であればよいので、本発明の実施形態に使用する超音波振動子5は、図2(a)に示すように、超音波振動子5を構成する圧電素子をアレイ状、例えば、アニュラアレイ状に配置した振動子アレイ12により構成し、同心円上に並ぶ圧電素子に異なる位相の電圧を加えることによって超音波ビーム13のフォーカスを可能としている。この印加電圧の位相を適切に制御することにより、ある特定の範囲のみ超音波ビームをフォーカスすることが可能となり、仮骨形状計測に適した超音波ビーム13のフォーミングを実現することができる。そして、図2(a)に示す超音波ビーム13の高分解能を有するフォーカスエリア14のビーム径は、ほぼ1波長分の大きさであり、また、深さ方向の長さは数波長分の大きさである。

【0029】また、骨は、その部位によって皮膚からの深さが一定でないため、前述した高分解能(超音波ビームのフォーカスエリア14)を有する特定の範囲は、ターゲットである骨の深さ、患部の位置によって自由に移

動・設定できなければならない。このことを実現するために、前述した位相制御によるビームフォーカス方式を用いることが有効であり、これにより、ビームの幅やフォーカス領域を自在に制御し、任意の領域で空間分解能を向上させ、仮骨の形成状況の計測のために最適な超音波ビームを照射することが可能となる。

【0030】現在の診断手法の主流であるレントゲン撮影による画像診断における仮骨形成診断は、撮影画像上の薄い影の有無という曖昧で、しかも主観的な診断となっているというのが現状である。このため、本発明による仮骨の形成状況の計測は、仮骨の形状を超音波照射によって得られる反射信号によって同定し、その形状の経時変化を監視することにより行うこととする。従って、本発明は、仮骨の形成状況の診断において、超音波診断装置のエコー画面のような断層像の必要はなく、患部の周辺部位を照射超音波ビームによりスキャンし、仮骨形状を表す境界面からの反射信号のピーク位置をトレースした波形を表示するようにすればよい。

【0031】前述のスキャンは、図2(b)に示すように、超音波プローブ11の振動子5をスキャン用モータ4により制御し、振動子5からの超音波ビームを骨折患部22を含むように骨23の長手方向をスキャン方向21としてスキャンすることにより行われる。これにより、視野であるスキャンエリア20として、骨折患部22を含む仮骨形状を計測するために十分な広さを得ることができる。

【0032】本発明の実施形態は、人あるいは骨折が致命傷になりかねない動物に対して、骨折患部に骨折治癒促進の目的で超音波を照射すると共に、その超音波を用いて骨折治癒の状態を計測するものである。そして、本発明者等の考察によれば、骨折治癒の状態計測には、骨折部位の曲げに対する弾性率というような定量的な評価は必要でなく、むしろ曲げ強度計測のために患部に相応の機械的ストレスを加えることは、患者にとって苦痛を感じさせか否か以前の問題であり、避けるべきことである。このような骨折の治癒診断を行うためには、骨の健常部と骨折部との比較が必要である。そのため、本発明の実施形態は、体表面から骨の健常部と骨折部にそれぞれ超音波を送信し、超音波反射係数の骨長軸方向分布を計測するものとしている。

【0033】ここで、図3を参照して、骨折部位の治癒過程について説明する。骨23の治癒は、まず、図3にstage1として示すように、骨折部の両側の骨23の周囲に仮骨24が形成され、この仮骨24が、患部周辺部位に離間する骨の対向部分に橋渡し(bridging)をするように成長し、図3にstage2として示すように、患部を取り囲むようになり、さらに、患部周辺部位の離間部が埋められるように進んでいく。

【0034】本発明の実施形態による骨折の治癒診断は、前述したような骨折部位の治癒過程を利用し、仮骨

形状の経時変化を監視することにより仮骨の成長具合を客観的に計測することにより行われる。仮骨24の形状は、図2(b)により説明したように、患部周辺部位を含むように超音波ビームをスキャンしながら骨23及び仮骨24の表面からの反射波のピーク位置をトレースすることにより測定することができる。

【0035】骨23及び仮骨24の表面からの反射波のピーク位置をトレースした結果を表示した状態を図4に示しており、受傷直後の反射波は、図4(a)に示すように、ほぼ平らな骨表面形状25に対して骨折離間部形状26が窪んだ形状として計測される。また、仮骨形成の初期における反射波は、図4(b)に示すように、骨折部位端部に形成される仮骨表面形状27が骨表面形状25から盛り上がった状態として、また、骨折離間部形状26が窪んだ形状として計測される。そして、患部周辺部位の離間部が埋められてbridgingが完了すると、図4(c)に示すように、滑らかな骨表面形状25として計測される。

【0036】仮骨のbridgingが完了すると、仮骨表面の形状はほとんど変化せず、骨の癒合過程は、仮骨で囲まれた患部内部での変化が主となる。その過程の内容は、大まかに分けて、離間した骨の対向空間での仮骨形成、骨(仮骨)密度の増加、骨の癒合である。従って、仮骨のbridgingが完了した後の骨の癒合の診断は、仮骨密度の計測によって行われるべきであると考えられる。この仮骨密度の計測による診断は、骨の健常部からの反射波は必要なく、仮骨からの反射強度を測定し、皮下脂肪等による減衰を考慮した腕、仮骨・周辺組織の境界面における音響インピーダンスの違いによって生じる反射係数を算出することにより行うことができる。この反射係数と周辺組織の音響インピーダンスとを用いて仮骨密度を算出し、定量的な評価を行うことが可能となる。

【0037】骨の癒合促進(治療)の場合、患部及びその周辺部位全体に超音波ビームを照射する必要があり、そのためには、幅の広い超音波ビームを照射するかあるいは比較的幅の狭い超音波ビームをスキャンするかすればよい。これに対して、骨の癒合度合いの診断時には、高い精度が要求されるため、照射する超音波ビームに高い空間分解能が必要である。高い空間分解能を実現するには、ビーム幅の狭い超音波を用いるか、超音波ビームをフォーカスすることになる。このように治療時と診断時とでは照射する超音波ビームの性質が大きく異なる。しかし、照射する超音波ビームの性質を異ならせるために治療時と診断時とにおいて用いる超音波プローブを取り替えることは、装置の高コスト化、複雑化、操作の煩雑化等を招くことになるという理由から現実的ではない。

【0038】本発明の実施形態は、同一の超音波プローブを使用して治療と診断とを行うため、治療、診断の切替回路を備える。また、本発明の実施形態は、すでに説

明したようにプローブに用いる超音波振動子の構成をアニュアラレイ方式とし、制御回路を付加することによって超音波ビームのフォーカス領域を自在に制御できるようにしている。これにより、治療時には骨折患部周辺部位を含むような幅の広いビームを、診断時には患部において高分解能のフォーカスされたビームを照射することが可能となる。さらに、骨の診断の場合、循環器疾患の診断のように臓器の実時間における動きを追う必要はなく、患部周辺組織からの情報はほとんどが無用なものであるため、視野領域全体の分解能を向上させる必要はない。このため、本発明の実施形態は、前述した制御回路によりフォーカス領域を、皮膚からの深さが様々な骨に対応できるように、任意に設定できるように構成されている。

【0039】図6に前述した超音波ビームのフォーカス領域（高分解能領域）の制御状況を示しており、超音波プローブ11を構成する振動子のアレイ状に配置された圧電素子に加える電圧の位相を適切に制御し、加えてメカニカルスキャンによるビーム方向を制御することにより、高分解能領域31を視野20内において自在に調整することができる。

【0040】なお、患部が治癒していない段階では、骨の強度補強の目的で支持材（金属プレートやボルト等）を患部に挿入・埋め込みを行っている場合が多い。このような場合、支持材が骨折患部と超音波照射用トランスジューサとの間にあると、支持材の表面でほぼすべての超音波ビームが反射してしまい、骨折患部からの反射波によりbridgingの形状や骨密度の情報を得ることができない。これを避けるためには、支持材埋め込みを行った医師とX線写真とを参考にして、超音波トランスジューサの配置を決定すればよい。

【0041】図1、図2により説明したように、本発明の実施形態は、仮骨形状の計測のために必要な空間分解能向上を図るため、超音波振動子5としてアニュアラレイトランスジューサを用い、フォーカスエリアを振動子駆動回路2と制御回路1とによって自由に設定できるように構成され、また、治療と診断との切り換えを切換回路としてのゲート回路6により行うように構成されている。治療時には、超音波ビームを照射するのみでよいため、ゲート回路6は、反射波の受信部を構成する増幅器7、AD変換器8へは信号が流れないようにしている。これに対して診断時には、骨表面からの反射波を受信して処理する必要があるため、ゲート回路6は、反射波の受信部へ反射信号が流れるように制御している。診断時における仮骨形状の認識のためのビームスキャンは、メカニカルスキャンとし、エンコーダ3によって位置方向情報を反射波と同期させて取り込み、表示する仮骨形状を再形成するために利用する。

【0042】図3により説明したように、骨折患部の治癒過程は、受傷後しばらくの後、患部周辺部位に仮骨が

成長し、患部を囲むようにbridgingが形成され（stage 1）、仮骨によるbridgingが完了すると、その内部すなわち骨折離間部分において仮骨が成長し、また、仮骨そのものの密度も増加して離間部位を埋めていく（stage 2）という過程である。そして、離間部が埋まり患部の骨密度が健常部位のそれと等しくなると完治となる。

【0043】このため、前述のStage 1は、仮骨が成長してbridgingが完了するまでの時期であるから、骨折の治癒度合いはこの仮骨の形状を監視すればよいことになる。すなわち、図4により説明したように、仮骨の表面形状をスキャンしたビームによって得て、表示することによって骨折の治癒度を診断することができる。しかし、前述のStage 2は、仮骨のbridgingが完了してその内部の離間部において治癒が進展する時期であるため、stage 1の場合と同様な形状の診断によっては治癒度を診断することが困難である。

【0044】このため、本発明の実施形態は、Stage 2の時期の診断を、仮骨からの反射強度を測定し、皮下脂肪等による減衰を考慮した腕、仮骨・周辺組織の境界面における音響インピーダンスの違いによって生じる反射係数を算出し、この反射係数と周辺組織の音響インピーダンスとを用いて仮骨密度を算出し、健常部位の骨密度との比較により定量的な評価を行うようにしている。骨密度の相対値の計測の結果を表示した例を図5に示しており、仮骨23の密度30を、健常部位の骨23の密度を100%とした場合の相対値として棒状に表示している。これにより、仮骨と健常部位の骨との密度を相対的に比較し、治癒度を容易に診断することが可能となる。前述したstage 1、2の診断方法は、図1に示す信号処理部9において容易に手法を切り換えて実施することができる。

【0045】前述したような本発明の実施形態による骨折治癒度の診断は、診断対象が動かないこと、患部近辺領域でのみ高い空間分解能を有する診断機構であること、高分解能領域が患部の位置に合うように自在に調整できることが必要である。そのため、本発明の実施形態は、図1に示して説明したような装置構成を備え、アレイ上に配置された圧電素子に加える電圧の位相を適切に制御し、加えて、メカニカルスキャンによるビーム方向制御によって図6により説明したように高分解能領域が視野内において自在に調整できるように構成されている。

【0046】前述した本発明の実施形態によれば、骨折治療のために体表面に密着させている超音波トランスジューサを取り去ることなく、そのままの状態で治癒状態を計測することができ、治療と診断とを全く同一の装置構成で同じに実現することができる。また、本発明の実施形態によれば、骨折の治癒過程を大きく2つのstageに分類し、それぞれの特徴を利用して形状の認識及び密度の相対計測による診断方法を使い分けることにより、

より効果的な診断を行うことができる。さらに、本発明の実施形態によれば、患部近辺領域でのみ必要となる形状認識のための高い空間分解能を持つ領域を、患部の位置によって自在に調整することができる。

【0047】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、超音波を用いて非侵襲的に簡便な手段で、外科手術後等の骨の治療を行いながら患部の治療状態を計測することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態による骨の治療・治療診断装置の構成を示すブロック図である。

【図2】超音波ビームのフォーカスとビームスキャンとについて説明する図である。

【図3】骨折部位の治療過程について説明する図である。

【図4】仮骨形状の計測と表示形式とについて説明する図である。

【図5】骨密度の相対値の計測と表示形式とについて説明する図である。

【図6】視野内の高分解能領域の調整について説明する

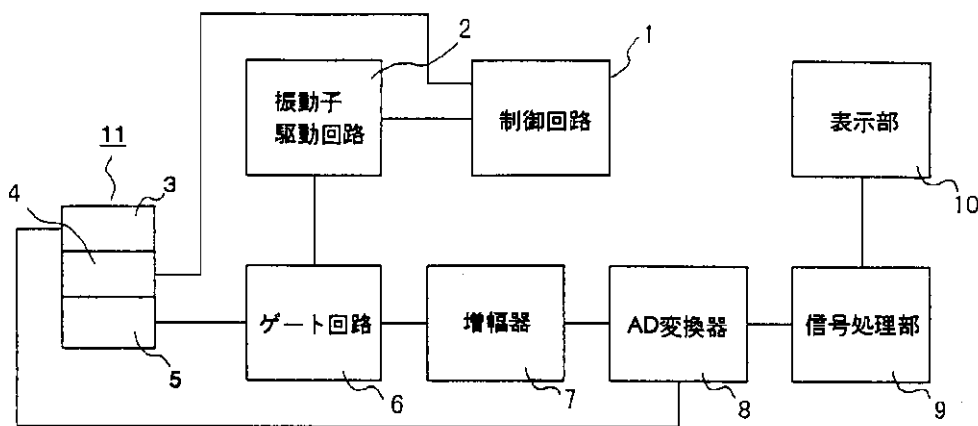
図である。

【符号の説明】

- 1 フォーカスエリア制御回路
- 2 振動子駆動回路
- 3 エンコーダ
- 4 ビームスキャン用モータ
- 5 超音波振動子
- 6 ゲート回路
- 7 増幅器
- 8 A/D変換器
- 9 信号処理部
- 10 診断結果表示部
- 11 超音波プローブ
- 12 振動子アレイ
- 13 超音波ビーム
- 14 フォーカスエリア
- 20 スキャンエリア
- 21 スキャン方向
- 22 骨折患部
- 23 骨
- 24 仮骨

【図1】

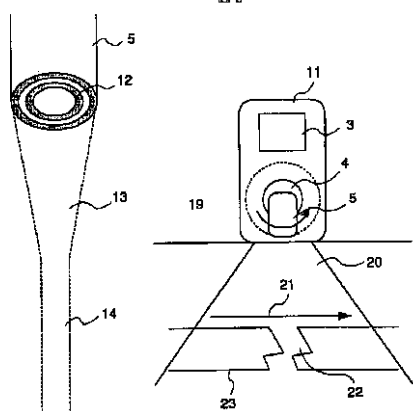
図1



3.エンコーダ 4.モータ 5.振動子 11.超音波プローブ

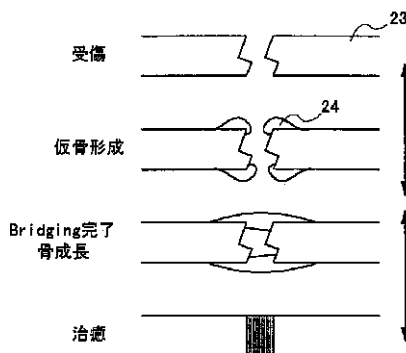
【図2】

図2



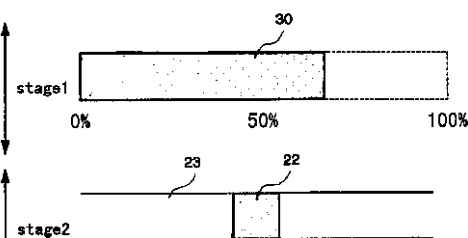
【図3】

図3



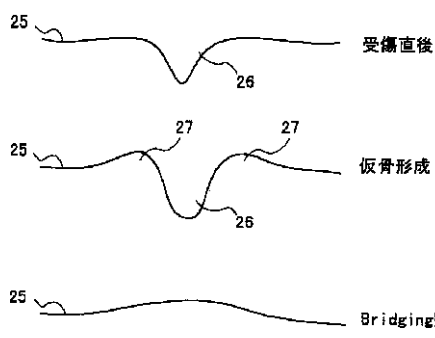
【図5】

図5



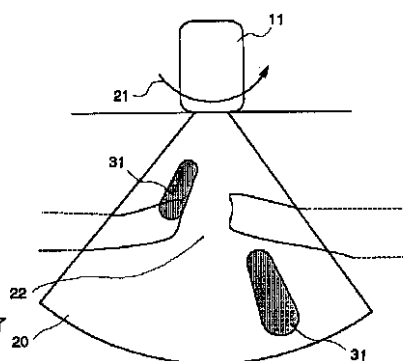
【図4】

図4



【図6】

図6



フロントページの続き

(72)発明者 水田 隆之
 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株
 式会社日立製作所通信事業部内
 (72)発明者 中谷 千歳
 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株
 式会社日立アドバンスシステムズ内

(72)発明者 栗原 昌宏
 神奈川県横浜市戸塚区戸塚町216番地 株
 式会社日立製作所通信事業部内
 Fターム(参考) 4C060 JJ27 LL13 LL20 MM24
 4C301 AA02 BB28 BB30 DD11 DD30
 EE13 EE19 FF23 FF26 GB08
 GD10 HH03 HH24 HH37 JB03
 JB23

专利名称(译)	骨的诊断/治疗方法及诊断和治疗·治疗诊断装置		
公开(公告)号	JP2001231788A	公开(公告)日	2001-08-28
申请号	JP2000044703	申请日	2000-02-22
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所 日立先进的SYST		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所 日立先进系统		
[标]发明人	高野正彦 水田隆之 中谷千歳 栗原昌宏		
发明人	高野 正彦 水田 隆之 中谷 千歳 栗原 昌宏		
IPC分类号	A61B18/00 A61B5/103 A61B8/08		
CPC分类号	A61B5/4504		
FI分类号	A61B8/08 A61B17/36.330 A61B17/00.700		
F-TERM分类号	4C060/JJ27 4C060/LL13 4C060/LL20 4C060/MM24 4C301/AA02 4C301/BB28 4C301/BB30 4C301/DD11 4C301/DD30 4C301/EE13 4C301/EE19 4C301/FF23 4C301/FF26 4C301/GB08 4C301/GD10 4C301/HH03 4C301/HH24 4C301/HH37 4C301/JB03 4C301/JB23 4C160/JJ33 4C160/JJ35 4C160/JJ36 4C160/LL38 4C160/LL39 4C601/BB05 4C601/BB09 4C601/BB11 4C601/BB12 4C601/BB14 4C601/DD10 4C601/DD30 4C601/EE11 4C601/EE16 4C601/FF11 4C601/FF13 4C601/FF16 4C601/GA17 4C601/GA21 4C601/GA29 4C601/GA30 4C601/GB01 4C601/GB03 4C601/GB04 4C601/GB05 4C601/HH04 4C601/JB01 4C601/JB19 4C601/JB34 4C601/JB35 4C601/JB36		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：在手术后通过简单的非侵入性超声波方法测量患处的愈合状态，同时进行简单的无创治疗。 SOLUTION：骨折愈合程度的测量是通过将骨折愈合过程大致分为两类并使用适合每种方法的方法进行的。在受伤后的相对较早阶段，愈合组织在患处的周围区域生长，并且可以识别出形状以进行诊断。愈合组织桥接完成后，由于骨生长，骨密度增加，因此，通过评估健康部位和患处之间的相对密度可以诊断出愈合程度。在视场内自由地调节空间分辨率提高区域的机制是通过使用振荡器5作为环形阵列来在深度方向上调节聚焦区域，并且还通过在角度方向上的机械扫描方法来扫描振荡器或探头。正在调整中。

