

## Der früheste Nachweis der fetalen Herzaktion durch Ultraschall\*

A. Kratochwil und L. Eisenhut

II. Universitäts-Frauenklinik Wien (Vorstand Prof. Dr. H. Husslein)

Die Frühdiagnose der Schwangerschaft und unser therapeutisches Verhalten bei Störungen dieser jungen Gravidität wird hauptsächlich durch den Ausfall der biologischen und immunologischen Schwangerschaftsreaktion beeinflusst. Diese Tests können jedoch auch bei bereits abgestorbenen oder überhaupt nicht angelegten Früchten positiv ausfallen, da die positive Reaktion nur an die Funktionsfähigkeit der Plazenta gebunden ist. Dadurch wird unser therapeutisches Handeln erschwert, oft unsicher und manchmal auch verzögert. Diese Schwierigkeiten wären jedoch beseitigt, wenn man das fetale Leben selbst objektiv nachweisen könnte.

Ohne technische Hilfsmittel kann man das kindliche Leben erst meist jenseits der 20. Schwangerschaftswoche objektivieren. Durch die technischen Fortschritte war es mit Hilfe der fetalen Elektrokardiographie möglich (Lamke et al.) die fetale Herzaktion schon ab der 12. Woche nachzuweisen.

Der objektive Nachweis des kindlichen Lebens zu einem noch früheren Zeitpunkt war bisher nicht möglich. Da die fetale Herztätigkeit jedoch in der 3. Woche nach der Fertilisation beginnt, müßte es theoretisch möglich sein, ab diesem Zeitpunkt oder knapp danach die Herzaktion nachzuweisen.

Da mit den bisher üblichen Untersuchungstechniken das fetale Leben in der frühesten Schwangerschaft nicht nachzuweisen war, haben wir eine neue, auf gynäkologischem Gebiet noch kaum bekannte Technik, nämlich die Ultraschall-echographie angewendet.

### *Untersuchungstechnik und Grundlagen*

Beim Ultraschall handelt es sich um mechanische Schwingungen, die von 16000 bis 1 000 000 Schwingungen pro Sekunde reichen. Diese Schwingungen entstehen durch Ausnutzung des piezoelektrischen Effektes, den verschiedene Kristalle, so z. B. Quarz, zeigen. Legt man an einen Quarzkristall eine hochfrequente Wechselspannung, so kommt es im Rhythmus der Spannungsänderung zu einer Dickenänderung der Quarzplatte, also zum Auftreten von Schwingungen. Setzt man einen schwingenden Quarz auf einen zu untersuchenden Körper, so werden die Schwingungen im untersuchten Körper weitergeleitet. An Grenzflächen zwischen Organen und Medien, die sich in ihrer Schalleitfähigkeit unterscheiden, so z. B. zwischen der Herzmuskelwand und Blut, werden die Wellen zum Teil reflektiert, es treten Echos auf.

\* Demonstration eines 16 mm Farbtonfilmes in der österr. Gesellschaft für Gynäkologie und Geburtshilfe 8. 3. 1966.

Steht der Schallsender senkrecht zur Reflexionsfläche, so gelangen die reflektierten Wellen zum Quarz zurück. Diese mechanischen Schwingungen der reflektierten Wellen verursachen wieder eine Dickenänderung der Quarzplatte und damit das Entstehen einer Spannung. Durch Verstärkung können diese Veränderungen auf einem Oszillographenschirm als Zackenschrift sichtbar gemacht werden\* (Abb. 1, 2).\*\* Bei der Anwendung dieser Untersuchungstechnik ist noch von Bedeutung, daß die Eindringtiefe und das Auflösungsvermögen der Schallwellen von der Wellenlänge abhängig sind. Mit zunehmender Frequenz steigt zwar das Auflösungsvermögen, aber die Eindringtiefe nimmt ab, denn je kurzwelliger die Schallwellen, umso mehr werden sie von dem Gewebe abgeschwächt.

Der von uns verwendete Schwinger von 2 MHz zeigte bei genügender Eindringtiefe ein brauchbares Auflösungsvermögen. Die Wellenlänge beträgt in diesem Fall 0,75 mm, so daß die Grenzflächen des fetalen Herzens, die zu Beginn der Schwangerschaft etwa 1,5 mm auseinanderliegen, aufgelöst werden können.

Sendet man durch einen graviden Uterus Schallwellen und treffen diese dabei auf das fetale Herz, so erhält man von den Herzwänden ein deutliches Echo. Da sich das Herz in der Systole vom Schallsender entfernt und sich in der Diastole dem Sender nähert, sieht man ein rhythmisches, der fetalen Frequenz entsprechendes Hin- und Herwandern des Echos in der horizontalen Zeitachse des Oszillographenschirmes. Abhängig vom Kontraktionszustand des Herzens, treffen die Schallwellen auch unter verschiedenem Winkel auf die Reflexionsfläche auf. Dies führt zur Änderung der Amplitudenhöhe des Echos im fetalen Rhythmus.

Ab der 10.-12. Schwangerschaftswoche kann diese Untersuchung von der Bauchwand aus erfolgen. War die Schwangerschaft noch jünger, so wurde ein stabförmiger Tastkopf in die Scheide eingeführt und die Untersuchung vom vorderen und hinteren Scheidengewölbe aus durchgeführt. Richtet man bei der Untersuchung den Tastkopf gegen die Beckenwand, so kann die Frequenz der mütterlichen Gefäßpulsation jederzeit mit der fetalen Herzfrequenz verglichen werden. Zur Dokumentation wurden die Schirmbilder auf einem 16 mm Film festgehalten. Aber auch an Hand eines Fotos kann man den Bewegungsablauf durch die frequenzbedingte Bewegungsunschärfe erkennen (Abb. 3).\*\*

### *Material*

Mit dieser Untersuchungstechnik wurden bisher 140 Schwangere untersucht. In der Tabelle wurde neben dem Menstruationsalter auch das Fertilisationsalter der Schwangerschaft in Wochen angegeben. Als Kontrollfälle wurden 20 nicht gravide Frauen untersucht.

### *Besprechung der Ergebnisse*

Die Ultraschalluntersuchung kann am Krankenbett oder ambulant ohne Beschwerden für die Patientin durchgeführt werden.

\* Die Untersuchungen wurden mit einem Ultraschalldiagnostikgerät der Fa. Kretz Technik OO. durchgeführt.

\*\* Die Abbildungen wurden nicht verwendet.

Menstruationsalter in Wo.	Fertilisationsalter in Wo.	Zahl der Fälle	Herzaktion positiv
4	2	1	0
5	3	4 (4)*	0
6	4	5	3
7	5	10	8
8	6	13	11
9	7	14	14
10	8	16 (3)+	13
11	9	15 (2)+	13
12	10	15 (2)+	13
13	11	6	6
14	12	10 (2)+	9
15	13	9	9
16	14	6	6
17	15	5	5
18	16	3	3
19	17	2	2
20	18	2	2
21	19	2 (1)+	1
22	20	2	2
		140	120

Missed abortion\*

Tubargravidität\*

Besonders soll auf die Gefährlosigkeit dieser Methode hingewiesen werden. Störungen der Schwangerschaft oder Schädigungen des Kindes sind bisher, wie dies auch *Vicar, Donald* in ihren Untersuchungen betonten, nie nachgewiesen worden. Auch im Tierexperiment an schwangeren Ratten konnte *Sunden* keine Schädigungen mit den Dosen, die bei dieser Technik zur Anwendung kommen, finden. Ähnliche Untersuchungen liegen auch von *Andrews* vor. Zum Unterschied zur Ultraschalltherapie, wo eine Energie von 3 Wtt/cm<sup>2</sup> abgegeben wird, beträgt die Energie bei der Ultraschalldiagnostik jedoch nur 0,001 Wtt/cm<sup>2</sup>.

Ab der 8. Woche der Amenorrhoe war es bei lebenden Feten immer möglich, die Herzaktion nachzuweisen. Der früheste Zeitpunkt, zu dem wir mit dieser Methode eine eindeutige fetale Herzaktion nachweisen konnten, war der 46. Tag der Amenorrhoe, das entspricht jedoch einer wahren Schwangerschaftsdauer von nur 32 Tagen. Damit ist diese Untersuchungstechnik allen anderen Methoden, einschließlich der fetalen Elektrokardiographie, bis jetzt eindeutig überlegen.

Mit einer Ultraschalluntersuchungstechnik, welche sich den Dopplereffekt zu Nutzen macht, haben *Callagan et al.* sowie *Johnson et al.* die fetale Herzaktion vom Abdomen aus nachgewiesen. Der früheste Zeitpunkt, zu dem sie die Herzaktion nachweisen konnten, war die 10. Woche der Amenorrhoe.

Die klinischen Anwendungsmöglichkeiten dieser neuen Untersuchungstechnik sind vielfältig. Zunächst erlaubt sie die Aussage, ob eine Vergrößerung des Uterus durch eine Schwangerschaft oder einen Tumor hervorgerufen wird. Bei

Blutungen der Frühschwangerschaft und positivem Schwangerschaftstest wird die Differentialdiagnose zwischen intra- und extrauteriner Schwangerschaft, einem Abortivei (Windmole), Abortus imminens und Abortus incompletus ermöglicht, und die entsprechende Therapie kann sofort eingeleitet werden.

Besteht ein Mißverhältnis zwischen der Dauer der Amenorrhoe und der Uterusgröße, so kann mit dieser Technik durch die deutlich differenten Echogramme zwischen einer jungen, aber intakten Gravidität, missed abortion oder Blasenmole unterschieden werden. In der Spätschwangerschaft kann ein intrauteriner Fruchttod rasch und sicher diagnostiziert werden.

#### Klinische Anwendungsmöglichkeiten

Symptome	Differentialdiagnose
Uterusvergrößerung	Myom oder Gravidität
Blutungen	intra- oder extrauterine Gravidität Abortiv-Ei, Ab. imminens, Ab. incompletus
Mißverhältnis der Uterusgröße zur Dauer der Amenorrhoe	junge intakte Gravidität missed abortion, Blasenmole intrauteriner Fruchttod

#### Fall 1

Eine 38jährige Frau ist zum dritten Mal schwanger. Die Menstruationen waren immer unregelmäßig. Die letzte normale Menstruation ist angeblich im August 1965 aufgetreten. Danach kam es in Abständen von 2-3 Wochen immer wieder zu spurenhafte Blutungen. Anlässlich einer fachärztlichen Untersuchung im Jänner entspricht die Uterusgröße nicht der Dauer der Amenorrhoe, und die Patientin wird unter dem Verdacht eines missed abortion an die Klinik eingeliefert. Bei der ersten klinischen Untersuchung findet sich ein Uterus, der in seiner Größe etwa einer Schwangerschaft von 16-18 Wochen entspricht. Ein sofort vorgenommener immunologischer Schwangerschaftstest fällt negativ aus. Bei der Untersuchung mit Ultraschall kann jedoch eine eindeutige kindliche Herzaktion nachgewiesen werden. Die Patientin wird entlassen. Bei den nun laufenden Kontrollen nimmt der Uterus weiter an Größe zu.

#### Fall 2

32jährige Patientin wird wegen geringer Blutungen im 5. Monat der Schwangerschaft aufgenommen. Kindesbewegungen wurden von der Patientin 14 Tage vor der Aufnahme wahrgenommen. Ein immunologischer Schwangerschaftstest ist negativ. Die Ultraschalluntersuchung kann keine fetale Herzaktion feststellen. Die Östriolausscheidung ist negativ. Die Patientin ist jedoch von der Notwendigkeit der Therapie nicht zu überzeugen, da sie weiter vermeint, Kindesbewegungen zu spüren. Sie verläßt das Krankenhaus und wird erst 10 Tage später wieder mit Wehen aufgenommen. Es wird ein kleines, lehmfarbenes, schon längere Zeit abgestorbenes Kind ausgestoßen.

#### Fall 3

Eine 32jährige Patientin IV.-Para wird am Termin mit guter Wehentätigkeit in den Kreißsaal eingeliefert. Die geburtshilfliche Untersuchung ergibt eine verkehrt rotierte Gesichtshaltung bei handtellergroßem Muttermund, die Leitstelle knapp oberhalb der Interspinallinie. Eine kindliche Herzaktion konnte auch von mehreren geübten Untersuchern nicht nachgewiesen werden. Die Ultraschalluntersuchung ergibt jedoch eine deutliche kindliche Herzaktion. Durch die sofort vorgenommene Operation kann die schon notwendig erscheinende Embryotomie abgewendet werden. Die Frau wird von einem 3500 g schweren lebenden, gesunden Knaben entbunden.

Wir glauben, daß die Ultraschalluntersuchungstechnik durch den frühzeitigen, objektiven und gefahrlosen Nachweis der fetalen Herzaktion unsere diagnostischen Möglichkeiten entscheidend erweitert.

### Zusammenfassung

Durch den Nachweis der fetalen Herzaktion ab dem 32. Tag der Fertilisation ist die Ultraschalluntersuchungstechnik den anderen Methoden im Nachweis des kindlichen Lebens überlegen. Dieser sichere und objektive Nachweis der fetalen Herzaktion ermöglicht die sichere Differentialdiagnose zwischen ungestörter Gravidität, Abortus imminens, Abortus incompletus, missed abortion, Molenschwangerschaft, Tubargravidität, Uterustumoren ohne Gravidität und intrauterinem Fruchttod.

### Summary

The ultrasonogram permits the diagnosis of fetal heart beats from the 32. day after fertilization on. It is therefore the most accurate method in the diagnosis of fetal life. The accurate and objective ultrasonographic diagnosis of fetal heart beats provides the means for an accurate differential diagnosis between undisturbed normal pregnancy, threatened abortion, incomplete abortion, missed abortion, hydatidiform mole, tubal pregnancy, uterine tumours in non-pregnant patients and intra-uterine fetal death.

### Resumen

Debido a la comprobación de la actividad cardíaca fetal a partir del 32º día de la fertilización, el examen por las ondas ultrasónicas resulta superior a los demás métodos para la verificación de la vida del feto. Esta demostración precisa y objetiva del trabajo cardíaco fetal posibilita el diagnóstico diferencial seguro entre gravidez normal, aborto inminente, incompleto, retenido, embarazo molar, gravidez tubaria, tumores uterinos sin embarazo y muerte fetal intrauterina.

### Literatur

- Andrews, D. S.: Ultrasonography in pregnancy an inquiry into its safety-factor. Brit. J. Radiol. 37 (1964), 185
- Callagan, D., T. C. Rowland jr., Goldhand: Ultrasonic Doppler observation of the fetal heart. Obstet. Gynec. 23 (1964), 637
- Johnson, W. L., H. F. Stegall, R. F. Rushmer: Detection of fetal live in early pregnancy with an Ultrasonic Doppler Flowmeter. Obstet. Gynec. 26 (1965), 305
- Kratochwil, A.: Möglichkeiten der Ultraschalldiagnostik in der Geburtshilfe und Gynäkologie. Wien. klin. Wschr. 78 (1966), 190 — Zbl. Gynäk. im Druck
- Mc. Vicar, J., J. Donald: Sonar in the diagnosis of early pregnancy and its complications. J. Obstet. Gynaec. Brit. Emp. 70 (1963), 387
- Lamke, M. J., H. W. Huntington: Fetal electrocardiography. Amer. J. Obstet. Gynec. 83 (1962), 1622
- Sunden, B.: On the diagnostic value of ultrasound in obstetric and gynaecology. Acta obstet. gynaec. scand. 43 (1964), 6

Dr. A. Kratochwil, II. Universitätsfrauenklinik, Wien/Österreich

## TAGUNGSBERICHTE

Kongreßbericht über die 36. Tagung der Deutschen Gesellschaft für Gynäkologie in Hannover, 20.–24. 9. 1966

### Teil II

(Hauptreferat IV, Vorträge 60–124)

Podiumsgespräch über die Neuordnung der Geburtshilfe

#### IV. Thema: Physiologische und pathologische Laktation

Referent: Prof. Dr. med. R. Wenner (Liestal/Basel):

In der Vorbereitung der Laktation werden verschiedene Phasen unterschieden, die durch jeweils andere Mechanismen gesteuert werden (*Mischel*). Auf die Periode der Mammogenese (ovarielle Phase) folgt die Laktogenese (plazentare Phase der Laktationsvorbereitung), welche von der Galaktogenese (hypophysäre Phase der Laktationsauslösung) gefolgt wird, an welche sich schließlich die Galaktopoese und Galaktokinese (neurohypophysäre Phase der Laktationserhaltung) anschließen. Der neurohormonale Regulationsmechanismus mit einem zwischengeschalteten endokrinen Erfolgsorgan gilt dabei nur für die erste Phase. Die später eingeschaltete Plazenta ist dem HVL nicht unterstellt, welcher während der Laktation die Mamma direkt beeinflusst.

Die Mammaanlage erfolgt bei männlichen und weiblichen Embryos geschlechtsunspezifisch in gleicher Weise. Obwohl die Reaktion auf die plazentaren Hormone geringer ist als an der mütterlichen Mamma, treten „Hexenbrüste“ in 65 bis 95% der Fälle auf. Durch mechanische Reize kann es dabei zu langdauernder Sekretion kommen, die auch bei erwachsenen Männern beobachtet worden ist (*v. Humboldt*). Offenbar genügt die endogene Androgenproduktion ebenso wie bei Frauen mit Hirsutismus nicht, den neurohypophysären Auslösungsmechanismus zu verhindern, der seinerseits alle vorbereitenden Phasen überspringen kann.

Die *Mammogenese* beginnt im achten bis zehnten Lebensjahr als Folge der einsetzenden Follikelhormonwirkung, CLH fehlt zu diesem Zeitpunkt. Der Mechanismus der FSH-Produktion im HVL als Voraussetzung der FH-Bildung im Ovar zu diesem Zeitpunkt ist noch ungeklärt (Neurokrinie?, „releasing factors“ des Hypothalamus?). Ein Koordinierungszentrum für zeitlichen Beginn und chronologischen Ablauf wird vermutet. Nach der Menarche wird die Mammogenese durch LH und LTH gefördert. Das Drüsenparenchym wird durch FH und CLH aufgebaut, wobei das CLH die „Geschlossenheit des Aufbaus“ (*Fawcett*) garantiert (Alveolenbildung!, Hyperämie des Drüsenkörpers mit prämenstrueller Spannung, die bei anovulatorischen Zyklen fehlt). Zur vollständigen Mammaentwicklung sind außer den Ovarialhormonen noch STH und ACTH erforderlich (*Lyons*), bei Frauen mit hypophysärem Zwergwuchs tritt z. B. keine vollständige Mammaentwicklung auf.

Die *Laktogenese* (plazentare Phase der Laktationsvorbereitung) tritt von der fünften bis sechsten Schwangerschaftswoche an mit einem peripher einsetzenden Umbau der Drüsenfelder verstärkt in Erscheinung (*Dablow*), welcher im dritten Monat einen Höhepunkt erreicht (*Dawson*). Trotz dieser histologisch einheitlichen, kontinuierlichen Zunahme müssen funktionell zwei Abläufe unterschieden werden: Während im ersten Trimenon die Brustentwicklung vor allem durch die Ovarialhormone und HCG induziert wird, sind es im zweiten und dritten Trimenon vorwiegend die Plazentarhormone. Da die Steroidproduktion in der Plazenta bis zum Ende der Gravidität zunimmt, während die Brustentwicklung ihren Höhepunkt bereits vorher erreicht, wird ein Hemmechanismus in der Mamma selbst angenommen, welcher eine übermäßige Hypertrophie verhindert. Die gonadotrope Aktivität des HVL ist für die Mammaentwicklung in der Gravidität nicht unentbehrlich (*Bettendorf*). Die Übernahme der STH- bzw. LTH-Funktion durch die Plazenta wird diskutiert; mit Extrakten aus Rattenplazenten kann eine mammatrope Wirkung erzielt werden (*Ray*). Das HCG setzt nach Ausbildung der Plazenta und Rückbildung des C. I. grav. wahrscheinlich LTH und LH frei (*Collip, Segaloff*), außerdem stimuliert es den Energiestoffwechsel und die weitere Hormonbildung in der Plazenta. Die plazentaren Östrogene und Gestagene hemmen wahrscheinlich nicht nur die gonadotrope Funktion des HVL, sondern auch die Prolactinbildung; möglicherweise auch durch eine direkte Wirkung auf das Mammaparenchym (*Fawcett*).

Die *Galactopoese* (hypophysäre Phase der Laktationsauslösung) beginnt mit der Ausstoßung der Plazenta und kann durch Zufuhr der plazentaren Steroide verhindert werden. Da die Hormonausscheidung bereits am 1. Tag post partum bis zu Werten erfolgt, die denjenigen des