

# Intrapartal Refleksiyon Pulsoksimetrisinde Vizüel Online artefakt Eliminasyonunun Ölçümlerinin Doğruluğu Üzerine Etkisi

THE EFFECT OF VISUAL ONLINE ARTEFACT EXCLUSION IN THE ACCURACY OF INTRA PARTAL REFLECTION PULSE OXIMETRY MEASUREMENTS

ARIKAN G\*, HAEUSLER MCH\*\*, GÜCER P\*\*, KAINER F\*\*\*\*, HAAS J\*\*\*\*

\* Ass. Dr., Karl Franzenz Univ., Tıp Fak., Kad. Hast, ve Doğ. ABD., Graz, Avusturya

Doç. Dr., Karl Franzenz Univ., Tıp Fak., Kad. Hast, ve Doğ. ABD., Graz

Ass. Dr., Karl Franzenz Univ., Tıp Fak., Kad. Hast, ve Doğ. ABD., Graz

\*\*\*\* Uzm. Dr., Karl Franzenz Univ., Tıp Fak., Kad. Hast, ve Doğ. ABD., Graz

\*\*\*\*\* Dipl. Dr., Karl Franzenz Univ., Tıp Fak., Kad. Hast, ve Doğ. ABD., Graz

## ÖZET

**Amaç:** Bu çalışmamızda, vizüel online artefakt eliminasyonunun travayın son 10 dakikasındaki refleksiyon pulsoksimetrisi ölçümlerinin doğruluğuna etkisini araştırdık.

**Materyal ve Metod :** 110 baş prezantasyonlu travayda fetal monitorizasyon, CTG'ye ek olarak vizüel online artefakt eliminasyonuna imkan veren bir refleksiyon pulsoksimetrisi (RPOXMK II, Zürich) ile yapıldı. Pulsoksimetrik ölçümler (SO<sub>2</sub>POX) ile post partum kordon kanı pH ve oksijen saturasyon (SaO<sub>2</sub>) değerleri arasındaki korelasyonları ve geçerli sinyal oranının regresyon analizi üzerine etkisini inceledik.

**Bulgular.** Ortalama SO<sub>2</sub>POX değeri (%47±13) ile kordon veni SaO<sub>2</sub> (%48,3±17) değerleri ile iyi bir korelasyon gösterdi (r=0,47, p=0,001). SO<sub>2</sub>POX ile pH arasında korelasyon bulunamadı. Regresyon geçerli sinyal oranının ağırlığı ile önemli bir fark göstermedi (multiple R<sup>standart</sup>=0,45, multiple R<sup>h<sup>2</sup></sup>=0,42).

**Sonuç:** Intrapartum refleksiyon pulsoksimetrisi, fetal kandaki oksijen saturasyonunu, geçerli sinyal oranı çok düşük olan vakalarda bile güvenilir biçimde ölçmektedir.

**Anahtar Kelimeler** Intrapartum monitorizasyon, refleksiyon pulsoksimetrisi, artefakt eliminasyonu

T Klin Jnekol Obst 1996, 6: 296-300

Geliş Tarihi: 28.05.1996

Yazışma Adresi: Dr.M. Gürkan ARIKAN

Karl Franzenz Univ.

Geburtshilf. -gynäk. Üniv. -Klinik

Auenbruggerplatz 14, 8036

Graz, Avusturya

Tel:0043-316-385-2201

Fax: 0043 - 316 - 385 - 3199

E-mail: Ankan@balu.kfunigraz.ac.at

Çalışmanın Sunulduğu Kongreler.

1. XVII. Deutscher Kongress für Perinatologie, 30.11. -2.12.1995, Berlin, Almanya

## SUMMARY

**Objectives:** The objective of this study was to determine the influence of artefact elimination on the accuracy of reflection pulse oximetry during the the last 10 minutes of labour.

**Material and Methods:** 110 fetuses with vertex presentation were monitored with CTG and a reflection pulse oximetry system with visual online artifact exclusion (RPOX MKII, Zurich). Correlation analyses were performed between the RPOX measurements (SO<sub>2</sub>POX) and post partal cord blood pH and oxygen saturation (SaO<sub>2</sub>). The regression analysis were weighted by the rate of valid signals.

**Findings:** The mean SO<sub>2</sub>POX (%47±13) correlated well with postpartal SaO<sub>2</sub> (%48,3±17) (r=0.45, p<0.0005). We found no correlations between SO<sub>2</sub>POX and pH. The regression did not show a considerable change if weighted by the rate of valid signals (multiple R<sup>standart</sup>=0.45, multiple R<sup>weighted</sup>=0.42).

**Conclusion:** Intrapartal reflection pulse oximetry provides reliable measurement of the fetal blood oxygenation even in the cases with low rate of valid seconds.

**Keywords:** Intrapartal fetal monitoring, reflection pulse oximetry, artefact exclusion

T Klin J Gynecol Obst 1996, 6: 296-300

2. XVIth annual meeting of Society of Perinatal Obstetricians, 4-10.2.1996, Kamuela, Hawaii, USA.

3. XII. International congress "The fetus as patient", 23-25.6.1996 Gardo, İtalya

**Destekleyen Kurum:** Avusturya bilimsel araştırma fonu (Fonds zur Förderung der wissenschaftlichen Forschung) Proje No: 09344

Çalışmamızda kullanılmış olan PROX MKII refleksiyon pulsoksimetrisi Zürich Üniversitesi Perinatalfizyoloji Labratuanda (Labr. Şefi: R. Huch, Klinik Şefi: A Huch) geliştirilmiştir. Bu çalışma multi center araştırmamızın bir parçasını teşkil etmektedir.

## GİRİŞ

Intrapartum fetal monitorizasyon ilk olarak ÇKS borusunun kullanılması yolu ile gerçekleşmiştir. Ancak bu metod, kontinü olmaması ve dokümantasyona imkan vermemesi nedeni ile yetersiz kalmaktadır. 1961 yılında Salin, intrapartum kapiller kan analizi metodunu -fetal blood sampling (FBS)- uygulayarak fetusun önde gelen kısmından kan alınması yolu ile fetusun fizyolojisi ve patofizyolojisinin biokimyasal olarak incelenebileceği fikrini ortaya atmıştır (1). Bundan yaklaşık yedi yıl sonra Hammacher, ilk kardiyotografi (CTG) cihazını geliştirmiştir (2). Böylelikle subpartal gözlemin dokümantasyonu da mümkün olmuştur. Uygulamanın kolay oluşu, ante ve subpartal CTG'nin son 25 yılda son derecede yaygın hale gelmesini sağlamıştır. Kullanımın bu derecede yaygınlaşmasının ardındaki beklenti, fetusun oksijen yetersizliğine bağlı beyin hasarının önlenmesi olmuştur. CTG verilerinin yorumlanması bazı yazarların geliştirdiği skorlarına yöntemlerine göre zaman boyutu ve kontraksiyonlar göze alınarak yapılmaktadır (2-6).

Fakat CTG'nin yüksek sensitivitesi ama düşük spesifitesi fetusun durumunun güvenilir biçimde değerlendirilmesini sağlayamamaktadır (1). CTG'nin intruterin asfiksi işaretleri vermesi, bu şüphenin FBS ile verifikasyonu zorunluluğunu (7), bu imkan yoksa doğumun operatif yöntemle sonuçlanmasını beraberinde getirmektedir. Böylelikle intrapartum asfiksi şüphesi ile operatif doğum sayısı ve buna bağlı anne ve fetus için morbidite artmaktadır (1). Fetal ve maternal morbiditenin azaltılması için yeni fetal monitorizasyon yöntemlerinin geliştirilmesine ihtiyaç vardır.

1960'lardan beri bir çok araştırmacı, fetusun önde gelen kısmına tatbik edilen elektrodlarla kontinü ölçümler yaparak fetusun durumunu daha iyi değerlendirmeye çalışmıştır. Bu uzun süre içinde geliştirilmiş olan, kontinü olarak pO<sub>2</sub>, pCO<sub>2</sub>, pH ölçen yöntemler post partal değerlerle kısmi korelasyonları, teknik ve elektronik problemler nedeniyle rutin uygulamaya girememişlerdir (8,9).

Son yıllardaki biomedikal teknik ve software alanındaki gelişmeler, arteriyel oksijen saturasyonunun fetusun prezante olan kısmına tatbik edilen, travmatik olmayan elektrodlarla kontinü olarak ölçülmesini mümkün kılmaktadır (9,10,11).

Pulsoksimetri olarak tanımlanan bu yöntem, kırmızı ve kırmızı ötesi dalga boylarındaki refleksiyon sinyallerinin analizi ve experimental çalışmalarla modifiye edilmiş Lambert-Beer yasası aracılığı ile arteriyel oksijen saturasyonunun hesaplanması esasına dayanmaktadır (12).

Transmisyon pulsoksimetrisi anestezioloji ve neonatolojide rutin monitorizasyon aracı olarak kullanılmasına rağmen, intrapartum monitorizasyon alanında ancak refleksiyon modunda kullanılabilmekte ve uygulama hala araştırma aşamasında bulunmaktadır (13-16).

Hareketlerle oluşan artefaktlar, sensor ile deri arasındaki kondağın instabil oluşu, dokulardan gelen ama pulsatil olmayan refleksiyon sinyalleri, kalibrasyonun düşük oksijen saturasyon düzeylerinde deneysel olarak doğrulanmamış olması gibi nedenler refleksiyon pulsoksimetrisinin araştırma bazından rutin kullanıma geçmesini zorlaştırmaktadır (10, 17-19).

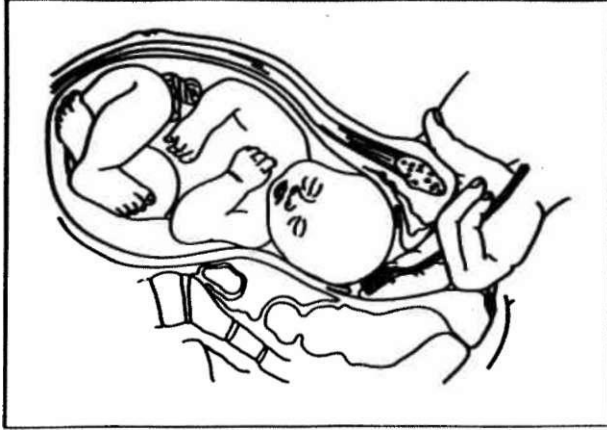
Metodun geliştirilebilmesi ve ölçümlerin fetal monitorizasyon aracı olarak değerinin incelenebilmesi için, öncelikle fetal ve maternal hareketlere bağlı artefaktların tanınabilmesi ve gerçek pulsatil refleksiyon sinyallerinin güvenilir biçimde ayırd edilebilmesi gerekmektedir (20).

Bu nedenle araştırma bazındaki ölçümlerde dokudan gelen refleksiyon sinyallerinin online olarak izlenebildiği sistemler kullanılmalıdır (21). Sensor ile deri arasındaki kontak refleksiyon sinyallerinin kalitesine büyük ölçüde etki etmektedir. Optimal sensor fiksasyonunu sağlamak amacı ile emme pompaları (22), non toksik zambak, elastoplast (23), klip tekniği (10), spiral elektrodlar (24), fetusun yanak bölgesine uygulanan intra uterin sensorlar (25) denenmektedir.

Bu çalışmamızda refleksiyon sinyallerinin online ve visuel olarak izlenmesi yolu ile artefakt eliminasyonunu sağlayan bir prototip pulsoksimetri cihazı kullanıldı ve artefakt eliminasyonunun travayın son 10 dakikasındaki pulsoksimetrik ölçümler ile kordon kanı oksijen saturasyonu arasındaki korelasyon üzerine etkisi incelendi.

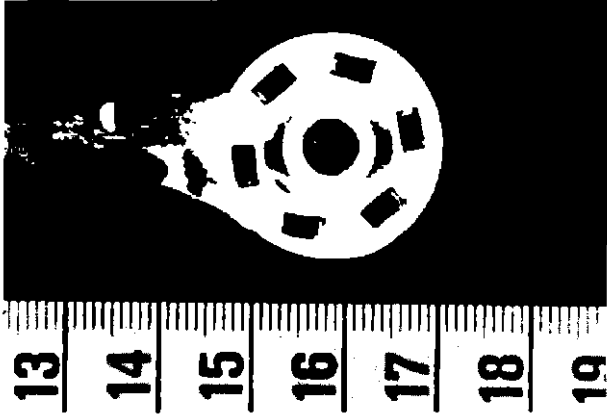
## MATERYAL VE METOD

Bu çalışmamızda Zürih Univ. Doğum Kliniği Perinatoloji Labratuarında geliştirilmiş olan bir refleksiyon pulsoksimetrisi (RPOX MK II) ve atravmatik bir vakum sensor kullanıldı. Çapı 21 mm. olan bu yuvarlak sensorun ortasında bir ışık diyodu, dış dairede ise 6 fotoreseptör bulunmaktadır (Fotoğraf 1). Diyot ve reseptörlerin silikon malzemeden yapılmış yumuşak ve elastik yatağı, fetusun önde gelen kısmına rahatça uyum sağlamaktadır. İç ve dış daire arasında yine daire biçiminde, pulsoksimetri cihazının içindeki otomatik pompaya bağlı bir odacık bulunmaktadır. Üç cm.'nin üzerinde serviks açıklığı ve poşun patlamış yada açılmış olması sensorun tatbik edilmesi için yerlidir. Tatbikat, sensorun birkaç saniye önde gelen kısma elle fixe edilmesinden ibarettir (Şekil 1). Vakum



Fotoğraf 1: Fetal refleksiyon pulsoksimetrisinde kullanılan vakum sensor.

Photol: Vakum sensor of fetal reflection pulse oximeter

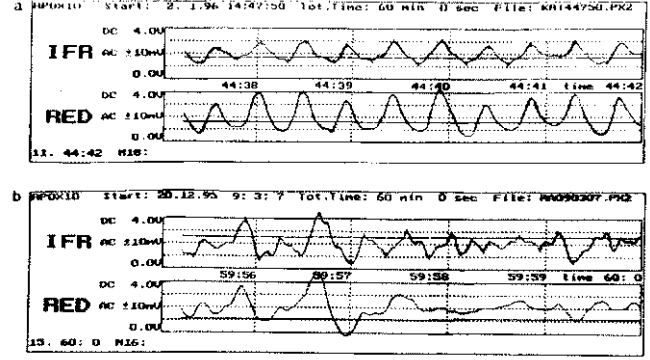


Şekil 1: Sensorun vajinal muayene esnasında fetusun presante olan kısmına tatbiki

Figure 1: Attachment of the sensor during a vaginal examination

pompası, ayarlanan negatif basınca ulaştığında (maksimum 300 mbar) otomatik olarak susmakta ve gerektiğinde; fetal veya maternal hareketler, vaginal muayeneler esnasındaki negatif basınç kayıplarında yeniden devreye girmektedir. Böylelikle basit, at-ravmatik ama yine de güvenilir bir fixasyon sağ-lanmaktadır (11). Fotoreseptörlerden gelen sinyaller bir pascal programı ile kuwetlendirilmekte, filtre edil-mekte, deri, saç, vernix, mekonyum, ven, kemik ve subkutise ait pulsatil olmayan veya sabit refleksiyonlar elimine edilmekte, ekranda Oksijen satürasyon değeri  $SO_{2POx}$  ve online sinuzoidal dalgalar olarak iz-lenebilmektedir. Bu sayede pulsatil olmayan veya ar-teriyel pulsasyonlara uymayan asinkrone dalgalar vi-zuel olarak tespit edilip (Şekil 2), fetal veya maternal

## ARI KAN ve Ark. İNTARPARTAL REFLEKSİYON PULSOKSİMETRİSİ



Şekil 2: Yukarıdan aşağıya ilk sırada pulsatil, ikinci sırada ha-rekate bağlı artefaktaria bozulmuş nonpulsatil refleksiyonlar.  
Figure 2: Above: pulsatile reflections. Below: non pulsatile ref-lections due to motion artifacts

hareketlere bağlı artefaktlar elimine edilebilmektedir. Sistem her 9 pulsasyonda modifiye edilmiş Lambert-Beer yasasına göre ortalama oksijen satürasyonunu hesaplamaktadır. Sensorun tatbiki, plasenta previa, ağır amnion infeksiyon sendromu gibi haller dışında her vakada mümkündür.

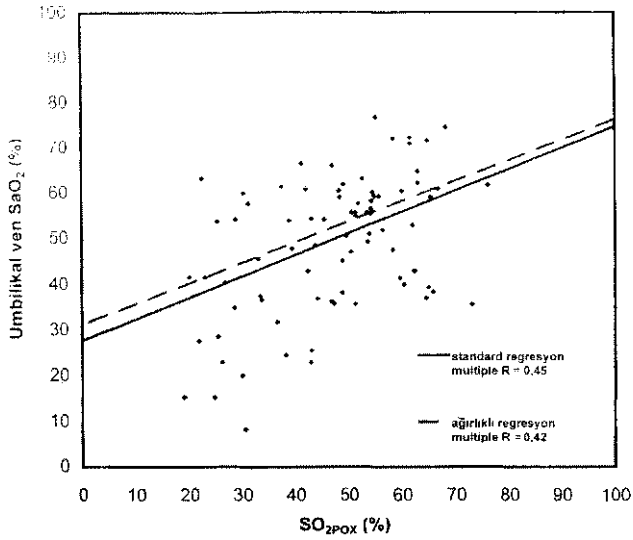
Çalışmamızda rutin CTG'nin yanısıra refleksiyon pulsoksimetrisi ile monitorizasyon uyguladığımız ilk 110 baş prezantasyonunun pulsoksimetrik kayıtları in-celendi. Çalışma Avusturya, Graz Üniversitesi Etik Ko-misyonunca onaylandı. Anneler doğumdan önce yön-tem hakkında bilgilendirildi ve tatbikat ancak annenin yazılı rızasından sonra başlatıldı.

Bu vaka grubunda toplam 94 spontan doğum, 9 forceps ve 7 sezeryan doğum gözlemlendi. Grupta toplam 16 vakada epidural anestezi uygulandı.

Analiz edilen sürenin kısalığı nedeniyle hemen önce pulsoksimetri aracılığı ile izlenemeyen ve do-ğuma kadar süren bradikardi gibi ağır CTG de-ğişiklikleri, bradikardi öncesi ölçümlerin kordon kanı oksijen satürasyon değerleri ile uyum içinde olması beklenemeyeceğinden, böyle vakalar istatistik de-ğerlendirmeye alınmadı.

Doğumdan hemen sonra kordon iki uçtan klempe ederek alınan kordon ven ve arter kanından en geç 10 dakika içinde spektrofotometrik oksijen satürasyonu (AVL CO-Oxylite 912, Graz, Avusturya) ve pH (İL 1306 pH Ğ blood - gas analyzer, Milano, İtalya) değerleri ölçüldü.

Travayın son 10 dakikasına ait ortalama pul-soksimetrik ölçüm değerlerinin umbilikal arter ve ven kanından yapılan spektrofotometrik oksijen ve pH ölçümleri ile olan korelasyon ve regresyonu incelendi. Ayrıca geçerli sinyal oranının bu regresyon üzerine olan etkisi ağırlıklı regresyon yöntemi ile araştırıldı.



Şekil 3:  $S_{O_{2POX}} \sim S_{aO_2}$ , standard ve ağırlıklı regresyon eğrileri. Ağırlık faktörü: Geçerli sinyal oranı (%). multiple  $R_{standard}=0.45$ , multiple  $R_{ağırlıklı}=0.42$

Figure 3: Standard and weighted regression between  $S_{O_{2POX}}$  and  $S_{aO_2}$ . Weighting factor: Rate of valid seconds (%). multiple  $R_{standard}=0.45$ , multiple  $R_{weighted}=0.42$

İstatistik değerlendirmede Pearson ve Spearman korelasyon testleri, standard ve ağırlıklı regresyon yöntemleri ve SAS, SPSS software kullanıldı.

## BULGULAR

Refleksiyon pulsoksimetrisi ile izlenen 96 vaka istatistik değerlendirmeye alındı; 110 vakanın 10'unda sensor aplikasyonu ve geçerli sinyal alınması mümkün olmadı. Bunlardan 3'ünde hatalı sensorlar, diğer vakalarda muhtemelen maternal hareketlere bağlı aşırı artefaktlar, bos teşekkülü, gür saçlı deri, aşırı vaginal mukus gibi nedenler rol oynadı. 4 vaka yukarıda ifade edildiği gibi pulsoksimetri ile izlenemeyen terminal bradikardi nedeni ile değerlendirme dışı bırakıldı.

Vakaların ortalama gözlem süresi  $104 \pm 93$  dakika idi. Doğumun son 10 dakikasındaki geçerli sinyal oranını ortalama 27 % olarak hesaplandı. Bu değer vakadan vakaya geniş bir deviasyon gösterdi ve minimum 5 % maximum 60 % olarak hesaplandı ( $47 \pm 13$ )  $S_{aO_2}$  ( $48,3 \pm 17$ ).

Ortalama pulsoksimetrik oksijen saturasyon değeri ( $S_{O_{2POX}} = 47 \pm 13$ ) ile kordon veni kanından spektrofotometrik olarak ölçülen oksijen saturasyon (umbilikal ven  $S_{aO_2} = 48,3 \pm 17$ ) değerleri arasında iyi bir korelasyon bulundu ( $r = 0.45$ ;  $p < 0.0005$ ). Kordon arter oksijen saturasyonu (art.  $S_{aO_2}$ ) ve kordon arter  $\bar{G}$  ven pH değerleri,  $S_{O_{2POX}}$  ile korelasyon göstermediler ( $p < 0,05$ ).

$S_{O_{2POX}}$  ile  $S_{aO_2}$  arasındaki standard regresyon analizi multiple  $R_{standard} = 0,45$  katsayısını verdi. Şekil 3'de görüldüğü gibi geçerli sinyal oranının ağırlığı kullanılarak yapılan regresyon analizi önemli bir fark göstermedi (multiple  $R_{ağırlıklı} = 0,42$ ).

## TARTIŞMA VE SONUÇ

Vakum pompası sensorun fetus için atravmatik, anne için en az invaziv yöntemle sensor fiksasyonunu ve buna rağmen hemen her vakada pulsoksimetrik ölçümleri mümkün kılmaktadır. Bazı vakalarda kullanılan sensorların fonksiyonunun yetersizliği, maternal hareket artefaktları, caput succedanum, gür saçlı deri, aşırı vaginal mukus (12,18,20) gibi nedenler vakum sensor aplikasyonunu güçleştirebilmektedir.

Ölçümlerin doğruluğunun araştırılmasında intra partal fetal kan analizleri (FBS) ile karşılaştırma yöntemi, FBS'in ancak patolojik CTG bulgularında uygulanabilmesi ve alınan kanın kapiller yatağa ait olup gerçek arteriyel değerleri göstermemesi gibi nedenlerle mümkün olmamıştır.

Fetal monitorizasyon esnasında sıkça gözleendiği gibi fetusun oksijen saturasyonu çok kısa süre içinde önemli ölçüde değişebilmekte olduğundan pulsoksimetrik değerlerin fetal kan değerleri ile korelasyon analizinde, pulsoksimetrik ölçümle kan örneklemesi arasındaki sürenin olabildiğince kısa tutulması gerekir.

Bilindiği gibi travayın ikinci fazı ve özellikle son dakikalar son derecede şiddetli ağrı faaliyetine sahne olmakta ve buna bağlı artefaktlar pulsoksimetrik ölçümleri önemli ölçüde engellemektedir (20).

RPOX ölçümlerinde artefaktların visuel olarak tanınması ve elimine edilmesi yolu ile geçerli sinyal oranı diğer yazarların ifade ettikleri (13,22,24) oranlara göre önemli ölçüde düşmüştür. Buna karşın sistemin pulsoksimetrik değerleri kısa aralıklarla hesaplaması, artefaktlara hassasiyeti arttırmaktadır. Ağırlıklı regresyon analizinde geçerli sinyal oranı ağırlık faktörü olarak kullanılmış ve çok düşük geçerli sinyal oranlı vakalarda pulsoksimetrik ölçümlerin doğruluğunun artefaktlardan etkilenmediği saptanmıştır.

Böylelikle fetal refleksiyon pulsoksimetrisinin travayın son dakikalarında bile efektif ölçümler yapabildiğini görülmüştür.

Artefaktların efektif olarak elimine edilmesini sağlayan bu açık yöntemin kullanılması, uygulanması güç olmasına rağmen araştırma fazındaki refleksiyon pulsoksimetrisinin geliştirilmesi ve klinikte uygulama olanaklarının araştırılması açısından önemli bir adımdır.

## KAYNAKLAR

1. Salin E. Kardiotokographie mit oder ohne Fetaltalblutanalyse: Geburtsh. u. Frauenh. 1985, 45:190-193.
2. Hammacher K, Werners PH. Über die Auswertung und Dokumentation der CTG-Befunden. In: Hammacher ed. Gynaecologia. Basel: 1968, pp 410-422.
3. Fischer WM. Kardiotokografie. Stuttgart: Thieme. 1981.
4. Heinrich J, Seidenschnur G. Praxis der Kardiotokographie, Leipzig: Barth. 1977.
5. Hon. An atlas of fetal heart rate patterns. New Haven: Hartly Press. 1968.
6. Lyons, E. R., M. Brylsma Howel, S. Shansi, M. E. Towell: A scoring system for nonstressed antepartum fetal heart rate monitorizasyon. Am. J. Obstet. Gynaecol. 1979,133:242-249.
7. Goeschen K: Kombinierte Geburtsüberwachung: Mütterliche und kindliche Ergebnisse. Z. Geburtsh. u. Perinat. 1992,196:103-105.
8. A.Huch, R.Huch, R.Buchholds, D.W Lübbbers: Erste Erfahrungen mit kontinuierlicher transkutaner P02-Registrierung bei Mutter und Kind subpartu". Geburtsh.U.Frauenheilk. 1973,33:856-858.
9. A.Huch, R.Huch, D.W.Lübbbers: Quantitative polarographische Sauerstoffdruckmessung auf der Kopfhaut des Neugeborenen. Arch.GynSk. 1969,207:443-451.
10. Gardosi J. O. , Schräm C. M. , Symonds E. M: Adaptation of pulse oximetry for fetal monitorizasyon during labour. Lancet. 1991,337:1265-1267.
11. KFaisst, V.König, J.S.Jorgensen, A.Huch, R.Huch: Erfahrungen bei der Messung der Sauerstoffsättigung mittels eines eigenen Reflexions-Pulsioximetrie-Systems bei Erwachsenen und Neugeborenen sowie bei ersten Messungen während der Geburt. In: Hypoxische Gefäßverengung des Fetus sub partu.Knftza R, Darmstadt Steinkopf. 1994, pp 233-237.
12. G Arikan, M Haeusler, F Gücer, F Kainer, V Koenig, A Huch, R Huch: Erste Erfahrungen mit der intrapartumen Reflektionspulsoximetrie. Obstetrik Jinekoloji. 1996, in press
13. Luttkus A, Fengler TW, Friedmann W, Dudenhausen JW: Continuous monitorizasyon of fetal oxygen saturation by pulse oximetry. Obstet Gynecol. 1995,85:183-186.
14. Johnson N: Development and potential of fetal pulse oximetry. Contemp Rev Obstet Gynecol. 1991,3:193-200.
15. Gardosi J, Carter M, Becket T: Continuous intrapartum monitorizasyon of fetal oxygen saturation. Lancet 1989,2:692-693.
16. McNamara H, Cung CD, Lilford R, Johnson N: Do fetal pulse oximetry readings at delivery correlate with cord blood oxygenation and acidaemia? Br J Obstet Gynaecol 1992,99:735-738.
17. Huch R, Ullrich G, König V, Huch A: Reflectance pulse oximetry potential and problems. In: Clinical oxygen pressure measurement III. Ehrly AM, Oxford Blackwell, 1992, pp 24-31.
18. Gardosi JO, Damianou D.Schram CMH: Artifacts in fetal pulse oximetry: Incomplete sensor-to-skin contact. Am J Obstet Gynecol 1994,170:1169-1173.
19. Schram CMH, Gardosi JO: Artifacts in fetal pulse oximetry: Nonarterial pulsatile signals. Am J Obstet Gynecol. 1994,170:1174-1177.
20. Johnson N, Johnson VA, Bannister J, Lilford RJ: The accuracy of fetal pulse oximetry in the second stage of labor. Neonatal Int Care. 1992,5:46-49.
21. G. Arikan, M.C.H. Haeusler, F. Kainer, J Haas: Visual online signal identification and the accuracy of fetal pulse oximetry in second stage of labour. Am J Obstet Gynecol. 1996, 174: 491.
22. Johnson N, Johnson VA, Fisher J, Jobbings B, Bannister J, Lilford RJ: Fetal monitorizasyon with pulse oximetry. Brit J Obstet Gynaecol. 1991,98:36-41.
23. Johnson N, Lilford RJ: Continuous intrapartum measurement of fetal oxygen saturation. Lancet 1988,2:517.
24. Knitza R, Bushmann J, Rail G: Ein neues Verfahren zur kontinuierlichen Messung der fetalen Sauerstoffsättigung sub partu. Geb Frauenheilk. 1992,52:319-321.
25. Dildy GA, Clark SL, Loucks CA: Intrapartum fetal pulse oximetry: The effects of maternal hyperoxia on fetal arterial oxygen saturation. Am J Obstet Gynecol 1994,171:1120-1124.