臍帯穿刺後のレーザー止血の可能性について

小林久晃、*林 琢也、*荒井恒憲、*菊地 眞、吉田 純、多賀かすみ、
山岸幸子、小林充尚

防衛医科大学校分娩部、*同医用電子工学講座

Applicability of laser hemostasis after cordocentesis

Hisaaki Kobayashi, *Takuya Hayashi, *Tunenori Arai, *Makoto Kikuchi, Atsushi Yoshida, Kasumi Taga,
Sachiko Yamagishi, Mitsunao Kobayashi

Department of Perinatal and Maternal Medicine and *Department of Medical Engineering,
National Defense Medical College

Abstract

To develop a method for post-cordocentesis hemostasis with a laser equipment, the anatomy and optical properties of the umbilical cord were studied.

First, we obtained umbilical cords from 3 healthy pregnant women and cut them 2 cm long. We measured the thickness of the thinnest portion of their tissues between the lumen of umbilical vein and the surface of the umbilical cord(N=18). Furthermore, coefficients of absorption on the same portions of the tissues were calculated with an absorption spectrum on an absorptiometer and with the intensity of transmitted light on diode laser irradiations.

Consequently, the thickness of the tissue averaged 1.69 ± 0.37 mm (mean $\pm$ SD). The coefficients of absorption were between 5.81 cm^{-1} and 9.50 cm^{-1} . The penetration depth ranged between 1.05mm and 1.72mm.

Because, in vivo, there is blood around the puncture hole which almost absorbs the energy of diode laser, we do not believe this laser injures the intima of the umbilical vein.

緒 言

胎児学の進歩に伴い、胎児血を臍帯静脈から採取する胎児血採血や、逆に、胎児腹腔内のリンパ系を経由せずに、濃厚赤血球を臍帯静脈から直接胎児に輸血する胎児輸血が、近年ますますその臨床的必要性を増

している。しかし、その安全性については未だ解決できない多くの問題を抱えている。特に、合併症として最も頻度の高い穿刺部位からの出血は臍帯穿刺を行った症例の50%前後にのぼると報告されているにもかかわらず¹⁾、現状では羊水腔内に浮遊する

臍帯を母体外から有効に止血する方法はない。細径ファイバーに伝送可能なレーザー光による穿刺部位の止血方法開発が期待される所以はここにある²⁾。今回われわれは、臍帯穿刺後のレーザー止血法を開発する基礎的段階として正常分娩後に得られた臍帯の構造および半導体レーザー光に対する光吸収性について検討した。

方 法

1. 臍帯壁厚の測定

正常妊婦3例から得られた臍帯を2cm長に切断して合計18個の試料を作成し、マイ

図1 臍帯壁厚の測定

クロメーターを用いて各臍帯試料の臍帯外表面から臍帯静脈内面までの法線方向の最短距離(図1)を臍帯壁の厚さとして測定した。

2. 臍帯(試料壁)の光吸収性に関する測定

臍帯試料壁(臍帯の壁厚を測定した部位)の光吸収性を以下2通りの方法で測定した。

- 日立社製 U-3410 分光光度計を用いて、臍帯試料壁の 300nm から 1300nm までの光吸収スペクトルを測定した。
- コア径 600 μm の石英ファイバーで導光した発振波長 805nm の半導体レーザー (オリンパス社製ダイオメッド 25) をスライドガラス上に固定した臍帯試料壁の外表面に接触照射し、透過してくるレーザー光の強度を 3mm 直径のアパーチャーを通した後、パワーメーターで測定した(図2)。半導体レーザーの出力は 5w。

結 果

1. 臍帯壁厚の測定結果

臍帯試料合計 18 個の壁厚は、 1.69 ± 0.37 mm (mean $\pm$ SD) であった。

2. 臍帯(試料壁)の光吸収性に関する測定結果

図2 半導体レーザーの透過光強度測定

a. 光吸収スペクトルの測定

臍帯試料壁の光吸収スペクトルは臍帯壁厚2.35mmの試料について測定した。410nm, 538nm, 575nm 付近にピークを認める以外にはほぼ平坦なスペクトルを示した(図3)。半導体レーザーの波長である805nmの吸光度は、0.617Absであった。

b. 臍帯試料壁に対する半導体レーザーの透過光強度

臍帯壁厚1.35mmと2.12mmの2つの試料について、半導体レーザーの透過光強度を測定した。

半導体レーザーの出力を5wとして、臍帯試料を載せない状態のスライドガラスに接触照射した場合(コントロール)、power meterの表示は60mwであったが、壁厚1.35mmおよび2.12mmの臍帯試料をスライドガラス上の載せて接触照射した場合には、それぞれ25mw、8mwに減衰した。

c. 吸収係数の計算

分光光度計で得られた805nmの吸光度(0.617Abs, 試料壁厚: 2.45mm)からは、吸収

係数 5.81cm^{-1} が、半導体レーザーの透過光強度(60mw、25mw、8mw)からは吸収係数 6.48cm^{-1} (1.35mm 試料)と 9.50cm^{-1} (2.12mm 試料)が算出された。

考 察

今回、厚さや光吸収性を検討した臍帯部位(臍帯外表面から臍帯静脈内面まで距離が法線方向で最短となる部位)は臍帯穿刺が行われる場合に、穿刺部位として一般に選択される部位である。臍帯壁としては最も薄く、穿刺しやすい反面、穿刺孔周囲のワルトン鞘に厚みがないため、ワルトン鞘による穿刺孔の閉鎖効果は他の部位に比べて小さく、穿刺後の出血も止まりにくいと考えられる。

この部位でのレーザー止血を考える場合、まず第一に考えるべきことは、静脈内皮を傷害しないということである。静脈内皮が傷害されると、たとえ穿刺孔を閉鎖することに成功したとしても、当該部位に血栓が付着しやすくなるし、内皮傷害が臍帯静脈

図3 臍帯壁(外表面から静脈内面までの厚さ)の吸光度

の vasospasm を誘発し¹⁾、それが胎児徐脈へと発展してしまう可能性もある。

実験で得られた分光光度計の吸光度や半導体レーザー光の透過強度から、臍帯壁に対する半導体レーザーの吸収係数を計算すると $5.81\text{cm}^{-1}\sim 9.50\text{cm}^{-1}$ となる。この値から光侵達長を求めると $1.05\text{mm}\sim 1.72\text{mm}$ となり、計測された臍帯壁厚の $1.69\pm 0.37\text{mm}$ (mean $\pm$ SD) よりやや小さめの値となる。臍帯外表からレーザー光を接触照射した場合、血液の存在しない in vitro では今回検討した半導体レーザーの power が内皮細胞まで及ぶ可能性があるが、血液の存在する in vivo では、エネルギーの大半が血液に吸収されるため、実際の光侵達長は $1.05\text{mm}\sim 1.72\text{mm}$ よりもはるかに小さくなると考えられ、臍帯壁厚を超えて半導体レーザーが内皮細胞にまで到達するとは考えにくい。

以上の検討内容だけで、レーザー止血の安全性が確認できたとは言えないが、臍帯穿刺後のレーザー止血は、特発性血小板減少性紫斑病 (ITP) 患者における分娩様式決定³⁾や胎児貧血に対する胎児血管内輸血⁴⁾⁵⁾などのように、臍帯穿刺後の持続性出血が特に問題とされているケースにおける止血対策としては現在最も現実性があると思われる。今後は、安全性のみならず、確実性なども含めて、さらなる検討が望まれる。

結 論

1. 臍帯試料合計 18 個の壁厚(臍帯外表面から臍帯静脈内面までの法線方向の最短距離)は、 $1.69\pm 0.37\text{mm}$ (mean $\pm$ SD) であった。
2. 分光光度計で得られた 805nm の吸光度からは、吸収係数 5.81cm^{-1} が、半導体レーザー

の透過光強度からは、吸収係数 6.48cm^{-1} (1.35mm 試料)と 9.50cm^{-1} (2.12mm 試料)が算出された。

3. 以上より、半導体レーザーの臍帯壁における光侵達長は $1.05\text{mm}\sim 1.72\text{mm}$ と計算され、計測された臍帯壁厚よりやや小さめの値となった。

4. 血液の存在する in vivo では、エネルギーの大半が血液に吸収されて光侵達長は著しく減少するため、半導体レーザーのエネルギーが内皮細胞にまで及ぶ可能性はほとんどないと考えられた。

文 献

- 1) Ghidini A, Sepulveda W, Lockwood CJ, Romero R. Complications of fetal blood sampling. Am J Obstet Gynecol, 168:1339-44, 1993.
- 2) 小林久晃、荒井恒憲、山岸幸子、林 琢也、ほか：レーザー照射法を用いた臍帯穿刺後の持続性出血予防に関する検討 -Nd:YAG レーザーと半導体レーザーの比較-、日本レーザー医学会誌, 17: 印刷中.
- 3) 八神喜昭、花田征治：合併症妊娠の取り扱いー特発性血小板減少性紫斑病と妊娠ー、日本産科婦人科学会雑誌, 42: N67-N70, 1990.
- 4) 鈴森 薫：胎児水腫の診断と治療、日本産科婦人科学会雑誌, 44: N131-N134, 1992.
- 5) Weiner CP, Williamson RA, Wenstrom KD, Sipes SL, et al. Management of fetal hemolytic disease by cordocentesis, II. Outcome of treatment. Am J Obstet Gynecol 165:1302-7, 1991.