

論文内容の要旨

論文提出者氏名 中山 力恒

論文題目

A novel method for ultrasound-guided radial arterial catheterization in pediatric patients.

論文内容の要旨

近年、視認や触知によるアプローチ（従来法）が難しいとされる小児の橈骨動脈カテーテル（Aライン）留置において超音波ガイド下に留置を行う方法（超音波ガイド下法）の有用性が検討され、超音波ガイド下法は成功率が高く、留置所要時間が短いことが報告されている。しかし、その成功率において過去の報告間で差があり、明らかになっていない何らかの要因が留置成功に影響していることが考えられていた。それらの背景から、我々は、1) 超音波ガイド下Aライン留置に影響する要因を解明すること（Assessment Phase）、2) その要因に対する改善法を考案すること、3) 改善法の有用性を検証すること（Validation Phase）を研究の目的とした。

当院でAライン留置下に手術が予定されている患者のうち、同意が得られた患者を対象にした。留置を実際に行う麻酔科医は、超音波ガイド下Aライン留置50例以上の経験を有する2名に限定し、技術的に差がないことを確認した。[級内相関係数 = 0.90 (95% confidence interval [CI], 0.70 - 0.97; $p < 0.001$)] 超音波ガイド下Aライン留置は次のように行った。全身麻酔導入後、手首背側にロールを置き、テープにより穿刺部位に適切な緊張を得たのち、標準予防策を実施した。超音波機器及びプローブは Sonosite M-turbo Ultrasound System (FUJIFILM SonoSite Japan, Inc., Japan), SLAx / 13 - 6 MHz transducer (ホックーステック型) を用いた。動脈を短軸像で描出し、24 G カテーテル (Jelco Plus, Smiths Medical Japan Ltd., Japan) で、プローブから約2 mm 付近を刺入点とし、 10° - 30° の角度で穿刺を行った。動脈のセンターライン上に穿刺針を調整し、前壁を穿通させ、動脈内に穿刺針を描出させた。逆血を確認後、カテーテルをやや倒しつつ、後壁を貫かないよう僅かに前進させた。内筒をやや抜き、逆血が継続している場合はカテーテル留置を行った。また、逆血が認められなかった場合は、引き抜き法で留置を行った。ガイドワイヤーなどの補助手段は用いなかった。次の項目について記録した：身長、体重、月齢、性別、ASA physical status, Risk Adjusted classification for Congenital Heart Surgery (RACHS-1 scoring system), チアノーゼの有無、肺高血圧の有無、trisomy 21 の有無、穿刺時血圧、血管径、血管の皮膚からの深さ (< 2 mm, $2 - 4$ mm, ≥ 4 mm)、留置所要時間、成功率（初回及び最終）

Assessment Phase では患者 102 名について、初回及び最終成功率を目的変数、血圧や血管径など 11 つの要因を説明変数として、ステップワイズ法のロジスティック回帰分析を行った。その結果、血管の皮膚からの深さが初回及び最終成功率の両方に影響する要因として有意差を得た。[相対リスク; 0.58 (95% CI, 0.40 - 0.83) ≥ 4.0 vs $2 - 4$ mm, $p = 0.001$, 0.69 (95% CI, 0.52 - 0.92) < 2 vs $2 - 4$ mm, $p = 0.01$] さらに、留置所要時間についてそれら 3 群で比較したところ、 $2 - 4$ mm の群で留置所要時間が最も短かった。[$2 - 4$ vs < 2 mm, $p = 0.01$, $2 - 4$ vs ≥ 4 mm, $p < 0.001$, < 2 mm vs ≥ 4 mm, $p = 0.31$, 3 群の留置所要時間 (中央値); < 2 mm (145 秒), $2 - 4$ mm (58 秒), ≥ 4 mm (220 秒)]

Assessment Phaseの結果、血管の深さ $2 - 4$ mmの群が最も成功率が高く、留置所要時間が短かったことから、血管の深さ < 2 mmの血管に対し、超音波ガイド下に血管前壁直上へ少量の生理食塩水を注入することで、深さを $2 - 4$ mmに変化させる方法（生理食塩水注入法）を考案した。

Validation Phaseでは、患者60名を血管の深さ $2 - 4$ mm, < 2 mm, 及び生理食塩水注入群 (< 2 mmの血管の直上にあらかじめ生理食塩水の注入を行った群) の3群に無作為に割り付け、成功率と留置所要時間を比較した。その結果、生理食塩水注入群で血管の深さ $2 - 4$ mm群と同程度にまで、成功率及び留置所要時間が改善した。[最終成功率： < 2 mm vs 生理食塩水注入群 55.0 (95% CI, 33.2 - 76.8%) vs 90.0% (95% CI, 76.9 - 100.0%), $p = 0.02$, $2 - 4$ mm vs 生理食塩水注入群 85.0 (95% CI, 69.4 - 100.0%) vs 90.0%, $p > 0.99$, < 2 vs $2 - 4$ mm, $p = 0.04$] [留置所要時間： < 2 mm vs 生理食塩水注入群, $p = 0.002$, $2 - 4$ mm vs 生理食塩水注入群 $p = 0.2$, < 2 vs $2 - 4$ mm, $p = 0.012$, 3群の留置所要時間 (中央値); 生理食塩水注入群 (38秒), $2 - 4$ (55秒), < 2 mm (149秒)]

今回、我々は小児患者における超音波ガイド下Aライン留置に強く影響する要因が皮膚からの血管の深さであり、特に $2 - 4$ mmに位置する血管が最も成功率が高いことを解明した。小児の橈骨動脈径はおおよそ 1.0 mm 前後 (0.9 - 1.1 mm, 25 - 75th percentile, 本研究より) であり、通常、留置に使用される24Gカテーテルの外径 (0.7 mm) と比較しても余裕がなく、動脈の最大径上にアプローチすることが重要である。(成人の橈骨動脈径3.0 mm前後 vs 22G カテーテル径 1.1 mm) したがって、物理的に深い血管 (≥ 4 mm) は最大径上にアプローチすること自体が難しく、逆に、浅すぎる血管 (< 2 mm) では、皮下で針を細かく調整するスペースがないため、 $2 - 4$ mmが適切な深さとして導き出されたと考えている。また、生理食塩水注入法については、血管を穿刺に適した深さに変化させることが最大の目的ではあるが、生理食塩水注入部位の後方エコー増強による血管前壁と針先の視認性の向上や、puncture pressure による偶発的な血管貫通を軽減させる効果がさらなる利点ではないかと考えている。