Interventional Radiologyにおける人間工学的課題

○篠原一彦（東京工科大学医療保健学部）

Investigation on the problems of Interventional Radiology

Kazuhiko Shinohara (School of Health Science, Tokyo University of Technology)

1. はじめに

血管造影の技術을治療に活用する Interventional Radiology (IVR)は、従来の手術と同等の治療効果を可能とする低侵襲治療の代表として幅広く普及した。しかし術者への負荷については放射線被曝対策以外は殆ど考察されてこなかった。今回、IVRの人間工学的課題と対策について調査、考察した。

2. 対象と方法

消化器領域の代表的IVRである肝動脈内カテーテル留置と消化器系ステント留置術の工程に存在する術者への人間工学的課題を調査した。

(図1)

図1 血管造影室でのIVR風景

3. 結果

1: IVR 共通の課題

- * 放射線プロテクター（体幹・頸部・眼鏡）着用による筋性疲労、発汗、移動時の転倒リスク
- * モニタ・検査台・放射線線源の位置に起因する作業姿勢および操作性低下
- * モニタおよび室内減光による眼精疲労・器材判別性低下

- * ディスポーザブル機器のパッケージ・取扱い説明書へのアクセスおよび取扱い

2: 肝動脈カテーテル留置固有の課題

- * 細径カテーテル回転時の操作性・筋性疲労
- * 減光による薬剤判別性低下

3: 消化器系ステント留置術の課題

- * 超音波診断装置、内視鏡装置と透視用モニタ併用による作業姿勢・操作性低下

4. 考察

IVRはX線透視下でカテーテルを選択的に挿入する血管造影技術을、治療に応用したも

のである。IVRは従来開頭・開胸・開腹手術を要していた治療手技を、極めて低侵襲に代行できるので、脳・心臓・肝胆道・消化管などを初め、全身の幅広い領域における管腔臓器の拡張・ステント留置、血管塞栓、薬剤の選択的投与などに幅広く活用されている。

IVRは内視鏡外科手術とともに低侵襲治療の代表である。X線透視下の機器操作が術者の高度な技術に依存することも、内視鏡外科手術と同様である。

IVRの技術とそれを支える種々のデバイスは急速な研究開発が進んでいるが、術者への人間工学的な負荷軽減については考察されることすら少なかった。

IVRを担当する医療従事者は、放射線健康管理学的見地から、十分な放射線防護と定期検診が行われている。

しかし4kg以上の重量を有する放射線防護衣の着用（頸部防護具とX線防護用眼鏡も適宜着用）が不可避なことから、発汗や筋肉疲労（頸肩腕症候群）さらには移動時の転倒リスクの原因となっている。

また放射線発生装置、モニタ、検査台の自由度が少ないこともあり、患者の体格、穿刺部位などによっては、不自然な作業姿勢下で、カテーテルなどのデバイス进行操作する必要がある。

特に左大腿動脈や右上腕動脈からの挿入が必要な場合は、ガイドワイヤやカテーテルの操作を「順手」方向で行なうには、きわめて不自然な作業姿勢が要求される。（図2）

図2 IVRの機器配置と血管穿刺部位

加えてX線透視時の室内減光下でのモニタ凝視による眼精疲労や機材の判別性低下は、作業精度への影響とともに、術者の疲労増加の根本的原因の一つである。これは放射線防護着用下に不自然な姿勢でモニタを凝視することによって一層増悪する。

血管内カテーテルやステントなどIVRに使用する器具は、滅菌されたディスポーザブル製品である。(図3) 同種の治療器具であってもパッケージ・取扱説明書へのアクセス・取扱い方法などの標準化が欠如している。これは術者への負担とともに、エラー誘発因子となっている。

図3 カテーテルイントロデューサー

IVRで管腔内に挿入するカテーテル類は先端に自走できる駆動力はない。(図4) その移動は術者の指先の駆動力を先端に伝える必要がある。肝動脈への選択的カテーテル操作時の速度を自験例から計測した結果は、目的血管近傍までの挿入速度は $6.1 \pm 1.9 \text{ cm/sec}$ 、選択的な血管探索と挿入時の微動操作は $2.5 \pm 1.3 \text{ cm/sec}$ 、カテーテルの回転速度約 $180^\circ/\text{sec}$ であった。¹⁾

ヘパリン化生理食塩水で湿潤させた直径2mm以下のカテーテル操作を滅菌手袋着用下に操作する際、細径カテーテルの回転操作を長時間続けること自体が術者の手指に過大の負荷となる。さらにカテーテルと手袋間の‘滑り’や手袋の過伸展等が操作性を悪化させている。

図4 血管造影用カテーテル

また消化管や胆道へのステント挿入時にも、X線装置と超音波診断装置・内視鏡装置本体及びモニタの競合が発生する。(図5)

血管用カテーテルやステント同様、消化器用ステントデリバリーシステムなども、メーカー毎に操作法が異なることが術者への負担となっている。

これらの根本的な解決策としては、カテーテル操作用のマニピュレータ開発が求められる。しかし複数のデバイスや薬剤などを出し入れするIVRでは、単なる血管撮影用のカテ

ーテルマニピュレータ以上の高度な技術的課題の克服が必要である。

X線防護着用時の発汗に対しては冷却用素材の工夫も可能であるが、重量については放射線防護機能とのトレードオフや物理的限界も存在する。

モニタはじめ種々の機器の配置と競合の課題については、踏み台などの工夫、複数モニタの設置、統合型モニタ機器の開発まで種々の方策が存在する。

同様の課題に対し内視鏡外科手術ではHead Mounted Displayの使用や操作方向に合わせた画像の反転表示などが試みられたが、十分な人間工学的検討に欠けたこともあり普及しなかったことも教訓となる。²⁾

図5 消化器系IVRにおける機器配置例

IVRの低侵襲性を鑑みると、カテーテルの細径性自体は変更できないが、操作用の治具・滑り止め付きの手袋などが検討されよう。

また高価な滅菌済ディスポーザブル製品の取扱法については、紙媒体では理解しづらいことが数多くの医療従事者の見えざる負荷となっている。デバイス自体の標準化には、知財ならびに技術的限界も存在するが、ハード・ソフト両面にわたる訓練システムの開発と標準化も必要である。

5.まとめ

IVRの抱える人間工学的課題について検討した。IVRや内視鏡外科手術などの低侵襲治療の発展段階では、術者の高度な技術と負荷に依存することが多いのが現状である。医療従事者に対する人間工学的負荷軽減は、安全で効率的な治療自体の前提でもある。医工連携のなかで人間工学者も交えた治療システムの改善が必要である。

6.文献

- 1) 篠原一彦、三浦健：血管造影用マニピュレータ開発のための基礎データ調査、日本コンピュータ外科学会誌、4(3)、219-220、2002
- 2) 篠原一彦：内視鏡外科手術の人間工学的課題調査、人間工学 48 (Suppl.)、342-343、2012