



Title	高電圧X線撮影法の臨床への適用に関する基礎的研究 (第4報) 造影剤使用時の高圧撮影について
Author(s)	木村, 幾生
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 1959, 19(3), p. 632-638
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/20162
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

The University of Osaka

特別掲載

高電圧X線撮影法の臨床への適用に関する基礎的研究

(第4報) 造影剤使用時の高圧撮影について

レントゲン技術専修学校(滝内 政治郎校長)

京都大学医学部放射線医学教室(福田 正教授)

木村 幾生

(昭和34年5月25日 受付)

第1章 緒論

胸部高圧撮影技術は既に実験段階を経過し、臨床的に盛んに実施されている。然し造影剤使用部位に対する高圧撮影技術は^{9,18}未だ診断的価値が固定されず、種々論議されつゝある状態と考えられる。我々は造影高圧撮影法についての基礎実験を行い、その診断的価値、最適電圧、その他造影高圧撮影に際して考慮しなければならない条件等につき検討を加えた。

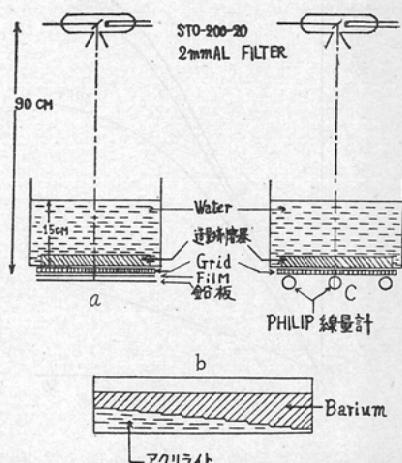
従来の造影剤充填部位の撮影では、使用造影剤の実効吸収係数の最大値に相当する線質を選定する事に依り周囲組織と造影器官との contrast の増大を計るのが通常である。然し高圧にする事に依り、造影剤自身の実効吸収係数が減少する結果、周囲組織と造影器官との contrast は低下する反面、造影器官内の起伏状態或は造影器官の重複部位の contrast は顕著となり、診断価値を高めるであろう事が期待される。この点に関し我々は Ba 系増影剤についての基礎実験を行った。使用した Ba 粥は Ba 100gr に対し水 200cc の混合液である。

第2章 実験方法及び結果

「A」 フィルム法による実験

実験装置を Fig. 1a に示す。人体腹部に準じる深さ 15cm の水 phantom 中に、Fig. 1b に示すが如き Ba 容器を沈めた。Ba 容器及び水 phantom の底部は水と等価なアクリル酸樹脂を使用した。再に Ba 容器中にアクリル階段を沈めたが、これ

Fig. 1. Contrast 測定装置



によつて生じる Ba 階段は階差 1 mm 10 階段からなり、最高 Ba 厚さ 4.5 cm 迄調節出来るようになつてゐる。これは丁度消化器管内の起伏部に相当するものと考えられる。従つて上記 Ba 階段を 15 cm 深さの水 phantom 内に沈める事は、人体の腹部に種々な厚さの起伏を有する造影剤充填器官の存在と同等と考えてよい。

実験を遂行するにあたり、写真 contrast の増大を計るため、出来得る限り散乱線を除去する必要があり、予備実験の結果 Lucidex cross grids が良好な結果を与えたので、以下の実験はすべてこれを使用した。

上記 phantom (と grid) の下に no screen のフィルムを挿入し、back scatter を除く為 Pb 板を

Fig. 2.

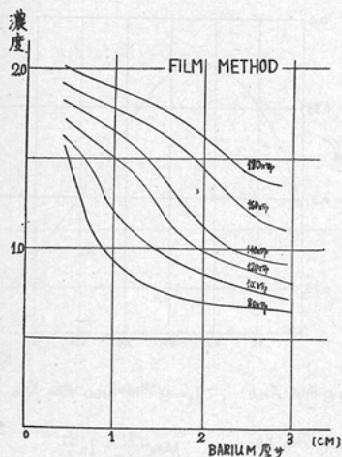
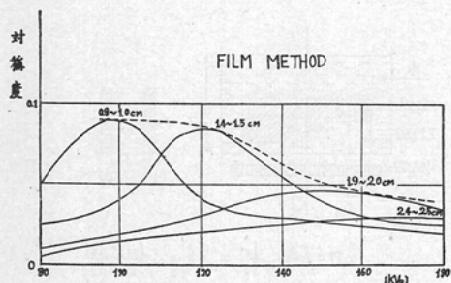


Fig. 3.



敷いた。実験電圧範囲は 80kVp～180kVp。使用フィルターは 2mmAl。グライナッヘル回路。得られた結果を Fig. 2 に示す。Fig. 2 は横軸に Ba 厚さ (cm)、縦軸には film 濃度を電圧を parameter にして示してある。写真 contrast は Fig. 2 に於ける曲線の接線の傾斜から求められる。即ち

一定厚さの Ba 層における Ba 階段差の写真 contrast (層間 contrast) = $\left[\frac{dD}{dX} \right]_{X=X_0}$, X_0 :Ba 層の厚さ。かくして Fig. 2 から $\left[\frac{dD}{dX} \right]_{X=X_0}$ を求め、得られた値を相対的に示したものが Fig. 3 である。Fig. 3 は横軸に kVp、縦軸に相対写真 contrast を Ba 階段の厚さを parameter にして示してある。Fig. 3 に於て、Ba 階段 0.9cm～1.0cm に相当する contrast curve を調べてみると、約 100kVp の線質で peak が現れている事がわかる。一方少し Ba 層が厚くなつて例えば

1.4cm～1.5cm の層間 contrast curve になると contrast peak は 120kVp に移行し、而も peak 値が先の場合より降下する結果となる。図中点線で示した Curve が contrast peak 値を結んだ Curve である。以上の実験結果から次の結論が導き出せる。消化管造影撮影に於いて、器官のレリーフに相当する起伏部を現出するには、造影剤の厚さが大いに問題となり、比較的 Ba 層の薄い範囲では 100～120kVp 程度の高電圧で撮影するのが最適条件である。然し Ba 層が厚くなると、實に 140～160kVp 程度迄電圧を上昇させる必要が生じる。即ち最適電圧は Ba 層の厚さの函数として定まる。然し Ba 層が厚くなり高電圧撮影を行う場合は、薄い場合に比し contrast は急激に減少するから、層間 contrast を出来るだけ大きくして、器官のレリーフ像を鮮明に現出させるには、支障のない限り造影器官全体の厚さを圧迫し薄くし、その厚さに対して最大 contrast を有するような上記最適電圧を選定する事が望しい。Ba 粥の Ba 濃度を減少させてもある程度この要求にかなうであろう。

「B」 線量計による実験

「A」項で述べたフィルム法による実験方法は、現像条件に原因する誤差が大きいと考えられる。故に我々は線量計を用い、各厚さの Ba 層を透過した X 線量を測定し、これより relative co-

Fig. 4.

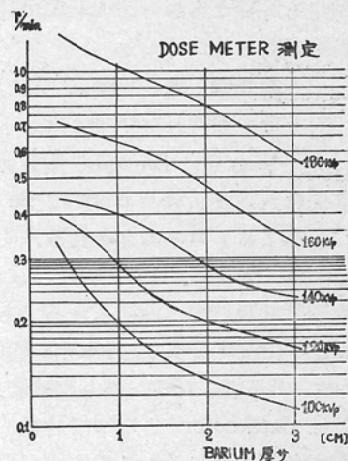


Fig. 5.

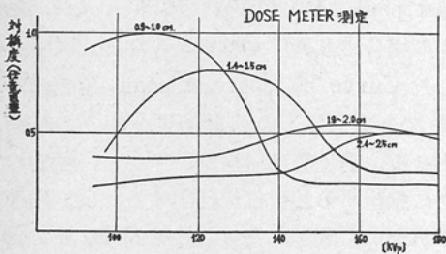
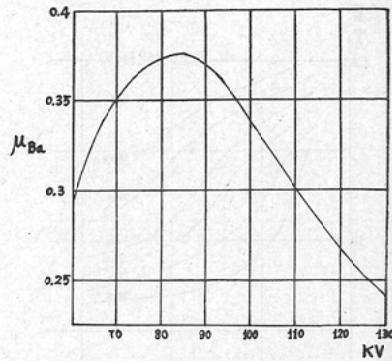


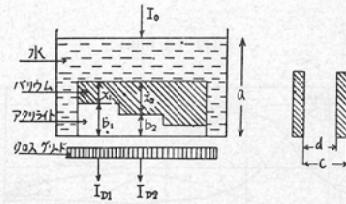
Fig. 6.



$$I_1 = e^{-\mu_{Ba} \cdot X_{Ba0}} ; I_2 = e^{-\mu_{Ba} \cdot X_{Ba0} - \mu_{Ba} \cdot X_{Ba}}$$

$$\frac{I_1}{I_2} = e^{-\mu_{Ba} \cdot X_{Ba}} \quad \mu_{Ba} = \frac{1}{X_{Ba}} \cdot \ln \frac{I_1}{I_2}$$

Fig. 7.



$$\Delta D = \delta \log_{10} \frac{I_2}{I_1} = \delta \log_{10} \frac{I_{D2} + I_{S2}}{I_{D1} + I_{S1}}$$

$I_s = 0$ の場合

$$\Delta D_m = \delta \log_{10} \frac{I_{D1}}{I_{D2}}$$

$$I_{D1} = I_0 e^{-\mu_{Ba}(a+b_1) - \mu_{Ba} \cdot X_1 \cdot \alpha}$$

$$I_{D2} = I_0 e^{-\mu_{Ba}(a+b_2) - \mu_{Ba} \cdot X_2 \cdot \alpha}$$

$$\alpha = (d/c)^2 \dots \text{grid 素率}$$

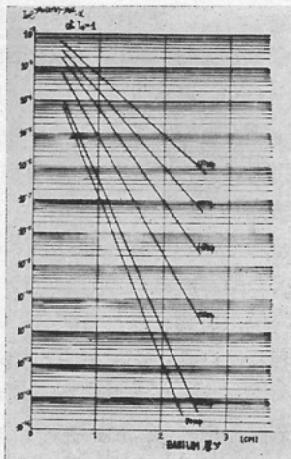
は次の如く考えた。第1の点は水の吸収係数の影響が加算されること、第2は水及びBaから出る散乱線の影響について、以上2点について以下考察を加える。

今Fig. 7に示す如く散乱線 I_s を全く無視し直接線 I_D のみについて、指數函数法則を用いphantomを透過して線量計に到達する線量を計算してみた。その結果をFig. 8に示す。到達線量は全ての線質について直線状となる。Fig. 8はフィルム法による実験結果Fig. 2及び線量計による実験結果Fig. 4に相当するもので、これが直線である事より、Fig. 3, Fig. 5で見られるcontrast

第3章 考 按

「A」「B」項で得られた結果に対し下記検討を加えた。先ずFig. 6にBaの吸収係数曲線を示す。曲線に現れた吸収係数のpeakはBaの実効K吸収端に相当するものと考えられる。明らかな如く、contrast max. は Ba 吸收係数の max. point 即ち実効K吸収端に期待されるであろう。従つて Ba 自身に関する限り、80kVp程度に contrast. max. が予期される。然し実験結果では、Ba 層厚さが parameter となつて比較的高圧側に peak 値が移行している。この原因に関し我々

Fig. 8.



の peak 値の存在及び Ba 厚さに對しての高圧側への移行現象が認められない事が結論される。従つてこれらの原因は直接線ではなく、散乱線の影響によるものと考えられる。

この問題に關し、水及び Ba により散乱線及び直接線が管電圧、Ba 層の厚さの変化と共に如何に変化するかを調べてみた。

一般に Radiation contrast は簡単には次の如く考えられる。contrast は R.C 値により決定される。

$$R.C = \mu \frac{I_D}{I_D + I_S} = \frac{\mu}{1 + I_S/I_D}$$

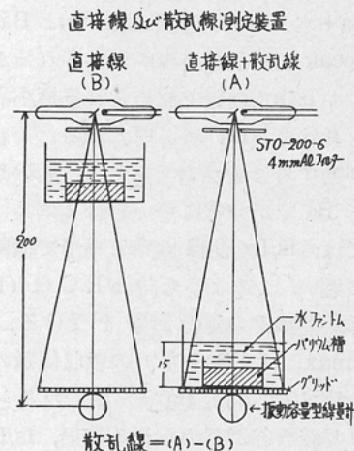
I_D : phantom, grid 通過後の直接線の強さ

I_S : phantom, grid 通過後の散乱線の強さ

μ : Ba の実効吸収係数

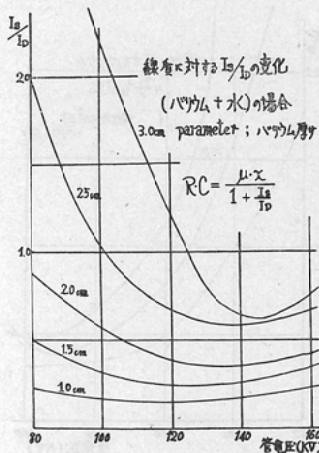
上式に於いて Ba の実効吸収係数 μ は Fig. 6 から求められる。従つて I_D と I_S , 或は I_S/I_D がわかれれば R.C が計算出来ることになる。よつて我々は (水 phantom + Ba 層) の I_D, I_S 及び Ba 層のみの I_D, I_S を求める実験を行つた。 I_D, I_S 測定装置の概略を Fig. 9 に示す。使用線量計は東芝製振動容量型線量計である。測定線質範囲は、この線量計の線質特性が直線である領域 (30kV ~ 2000kV) 内である。直接線の測定は phantom-chamber 間距離を大きくして散乱線を除去する方法をとつた。尙予備実験より phantom-chamber 間距離を 150cm 程度離せば phantom よりの散乱線は線量計に捕捉されない程に減少する事が

Fig. 9.



明らかにされた。散乱線量 I_S は $I_D + I_S$ 値から、上で求めた I_D を減すればよい。以上の如き測定装置で、先ず (水 phantom + Ba 層) に於いて、Ba 層の厚さと共に I_D, I_S が如何に変化するかを測定した結果が Fig. 10 である。Fig. 10 では、 I_S/I_D の値を管電圧に対し、Ba 層の厚さを parameter にして示してあるが、明らかに I_S/I_D 値は各増影剤厚さについて極小点をもち、Ba 層が厚くなるとこの極小点が短波長側に移行する現象が認められる。かくして Fig. 6 に示した Ba 吸收係数曲線、水の吸收係数曲線及び上記 I_S/I_D 曲線を併せ考へることによつて R.C の変化の傾向を知る事が出来る。水の吸收係数曲線については、実験線

Fig. 10.

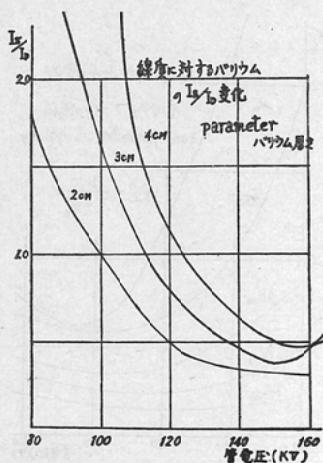


質範囲では線質の硬化と共に単調に減少する。従つて (Ba+水) の吸収係数曲線では Ba の影響により peak 値が現れる事が期待されるが、この peak 値は I_s/I_d 曲線で認められる極小点の移行の影響を受けて、Ba 層が厚くなるにつれて短波長側へ移動することが考えられる。例えば Fig.10 に於いて Ba 層が非常に薄い場合（例えば 1.0cm 程度）では、 I_s/I_d 曲線は殆ど平滑で横軸に平行な直線に近い。このような時は R.C は (Ba+水) の吸収係数曲線その儘の影響を受ける。従つて R.C の max. は (Ba+水) の吸収係数の max. と殆ど一致する。然し Ba 層が厚くなると、 I_s/I_d 曲線には明確な谷が認められる結果、 I_s/I_d 値の最初の急勾配の減少部が (Ba+水) の吸収係数曲線の peak 部分を打消してしまい、 I_s/I_d の極小点は (Ba+水) の吸収係数曲線の peak を過ぎた裾の部分に強く影響して、結果として contrast の peak 値は高圧側に移行する。

以上の結果が水の吸収散乱に原因するか、或は Ba 層の吸収、散乱に原因するかについて決論を得る為に我々は再び Ba 層のみについて I_s/I_d 曲線をとつてみた。

実験方法は先に (水+Ba) の場合と全く同様である。結果を Fig.11 に示す。明らかに Fig.11 は Fig.10 とその傾向を一にする。かくして我々は R.C に peak が現れ、Ba 層の増加と共にそ

Fig. 11.



れが高圧側に移行する原因是 Ba の I_s/I_d の変化にあると決論した。この事は又 I_s を無視した I_d に関する計算（上述）からは contrast peak の存在を説明出来ない点から考えて、むしろ Ba 層の I_s が電圧、Ba 層の厚さと共に一様ならざる変化をするに原因すると考える方が適當であろう。

第4章 結論

以上結論として要約すると次の如くになる。Ba 系造影剤使用の撮影にあたり、器官のレリーフ像や重影部分の現出が要求される場合には、次の如き考慮を払わねばならない。即ち出来るだけ散乱線除去能率の高い grid を使用せねばならない事は勿論であるが、Fig. 3, Fig. 5 の如き contrast 曲線を参照して、層間 contrast のなるべく高い状態で撮影すべきである。それには一般的な原則として Ba 層をなるべく薄くするよう考慮して、120~140kVp 程度の電圧で撮影すればかなりの層間 contrast を維持する事が可能であろう。或は Ba 濃度を少しく薄くすることによって同様効果を期待出来よう。しかしこれにも限度がありあまり濃度を薄くすると当然層間 contrast は低下するであろう。又 140kVp 以上の高電圧で撮影する事は当然造影器官と周囲組織との contrast を悪くするばかりでなく、器官内起伏部の層間 contrast も低下するから余り有利とは言えない。Fig. 3, Fig. 5 に見られる如き層間 contrast の peak 値の現出する原因、及び Ba 層が厚くなるにつれ peak 値が高圧側へ移行する原因に関しては、結局 Ba による散乱状況が管電圧、Ba 層の厚さの重畳した影響を受けて直線状に変化しない事によると考えられた。

以上の結論を実際診断面に応用するに当り、どの程度活用されるかについては実際的な今後の研究にまたねばならないであろう。唯一つ附言すれば、基礎実験に際し、水 phantom 中の Ba 層に対し Ba 階差 1 mm に相当するフィルム濃度差（層間 contrast）は最高で約 0.1 であつた。この実験は既述の如く no screen で実施されたから、screen 使用の時は、濃度差は若干増加するであろう。従つて実際 screen 使用の撮影に當つて、上

述の考慮を払うならば効果は強張され充分な診断的価値はあるものと考えられる。

この報告の実験はレントゲン技術専修学校山田勝彦氏及び京都大学医学部放射線科平井昭一氏の協力の下になされた。両氏に渡甚な謝意を述べる。

全報告の結語

高電圧撮影法に関する理論的及び実験的基礎研究を行つたが結論は次の如く要約出来る。

1) Grid 使用の高圧撮影に際し, Film Contrast を主に支配する因子, Radiation Contrast は散乱を Compton Single Scatter として取り扱うことにより理論的に導出可能である。

2) 被照射体から Film 面(或は Grid 面)への散乱線強度分布は 1)で述べたと同じく Compton Single Scatter を考える事により理論的に導出出来、その結果は実験結果とよく一致する。

3) Groedel 法に関し、散乱線除去率及び Radiation Contrast の観点につき Grid 法と比較検討した。その結果 Lucidex cross Grid は散乱線除去量に関する限り、Groedel 距離 40~50cm に相当し、Radiation Contrast に関しては Groedel 距離 20~25cm に相当することが見出された。

4) 造影剤使用の高圧撮影に際しては、造影剤充填部位の厚さに対し適切な高電圧を使用する事により、造影剤充填器官内の detail がある程度鮮明になる。この現象は造影剤に対する透過散乱線強度と透過直接線強度の比 (Is/Id) が造影剤層の厚さの影響を受け直線的に変化せず、各線質に対し造影剤層の或る一定値で極小値をもつことに原因すると考えられる。

以上結論の要約を述べたが、この研究を通じ特に着目重視した点は被照射体から発しフィルム面に到達する散乱線強度 Is と直接線強度 Id である。これらの量は各々独立に作用するものではなく、その比 Is/Id によって作用することを強調した。この事は臨床上特に大切で、例えば Grid に関しては唯散乱線除去に重点をおく余り、直接線

も同時に除去される点を閑過し勝ちである。然し現実に有効なのは Is/Id であつて個々の単独な値でない。この他高圧撮影についての現象はすべて Is/Id によつて説明づけられると思われる。

稿を終るに臨み、終始御懇篤な御指導、御校閲を賜つた京都大学医学部放射線医学教室福田正教授に深甚なる謝意を表します。

又本研究の実施に便宜を与えられ、かつ御激励を賜つたレントゲン技術専修学校々長流内政治郎先生及び本研究の実験遂行に多大の協力をして頂いた同校専任教官山田勝彦氏、京都大学医学部放射線科 X 線技師平井昭一氏に厚く感謝申し上げます。

文 献

- 1) Weber, E.: Fortschri. Röntgenstr. 32, 585 (1924). —2) Fuchs, A.W.: Am J. Roentgenol. 50, 358 (1943). —3) Trout, E.D., Graves, D. E., and Slauson, D.B.: Radiology 15, 669 (1949). —4) Wachsmann, F., Breuer, K und Buchheim, E.: Fortschri. Röntgenstr. 76, 147 (1952). —5) Frick, W., Gajewski, H., Wachsmann, F. and Buchheim, C.E.: Fortschri. Röntgenstr. 83, 330 (1955). —6) Fenner, E.: Fortschri. Röntgenstr. 80, 649 (1954). —7) Trout, E.D., Kelley, J.P., and Cathey, G.A.: Am. J. Roentgenol. 67, 946 (1952). —8) Gajewski, H.: Fortschrit. Röntgenstr. 80, 643 (1954). —9) Cocchi, U.: Fortschri. Röntgenstr. 81, 24 (1954). —10) Spiegler, G.: Fortschri. Röntgenstr. 80, 754 (1954). —11) Uhl, H.: Röntgenblätter 9, 342, (1954). —12) Tuddenham, W.J., Gibbon, J.F., Hale, J. and Pendergrass, E.P.: Radiology 63, 184 (1954). —13) Nemet, A., Cox, W.F., and Hills, T.H.: Brit. J. Radiol. 26, 185 (1953). —14) Wilsey, R.B.: Am. J. Roentgenol. 9, 58 (1922). —15) Groedel, F.M. und Wachter, R.: Fortschri. Röntgenstr. 38, 226 (1928). —16) 神田: 日本医学放学会誌, 15巻, 3号, 196(1955). —17) 神田: 日本臨床結核, 15巻, 3号, 235, 1956. —18) 草谷: 日立評論, 38巻, 6号, 1. —19) 吉村, 江藤, 駒井, 西堀: 日本臨床結核, 13巻, 7号, (1954). —20) 藤本, 岡西: 日本医放会誌, 16巻, 1号, 4 (1956). —21) Mattson O.: Acta Rad., 46, 261 (1956). —22) Seemann, H.E.: Radiology 62, 575 (1954).

Fundamental Study on the Application of the High Voltage
X-ray Radiography to the Clinics.

By

Ikuo Kimura

Department of Radiology, Faculty of Medicine, University of Kyoto.

(Director: Prof. Masasi Fukuda)

X-ray Technicians Training School

(Director: Masaziro Takiuchi)

The fundamental studies of the high voltage x-ray radiography were carried out experimentally and theoretically.

The conclusions are followings.

- 1) The radiation contrast at the time of the radiography using the grids is able to be derived theoretically, if we assume that the scattering phenomenon is single Compton's scatter.
- 2) The angular intensity distributions of the scattered rays from the phantom to the film surface (or the grid surface) are able to be derived theoretically from the above mentioned assumption and the derived results agreed well with the experimental ones.
- 3) The Groedel method was examined and compared with the grid method from the angles of the ability of cutting off the scattered and the radiation contrast.

With regard to the ability of cutting off the scattered, the groedel distance 40~50 cm is equivalent to the Lucidex Cross Grids. But regarding the radiation contrast, the groedel distance 20~25 cm is equivalent to the latter.

- 4) At the time of the high voltage radiography using the contrast medium, the details in the organs filled with the contrast medium are represented clearly by using the proper high voltage.

The most proper voltage changes and moves to the higher voltage side as increasing the thickness of the contrast medium. This phenomenon is thought to be caused by the unlinearity of the change of the ratio I_s/I_d of the contrast medium itself.

Generally speaking, I mentioned the change of I_s/I_d especially throughout these studies, because the radiographic effects are mostly influenced by the I_s and I_d not individually but through their ratio.