OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	各種胆道ステントの物性比較に関する基礎的研究
Author(s)	三浦, 幸子; 吉岡, 哲也; 古市, 欣也 他
Citation	日本医学放射線学会雑誌. 2003, 63(5), p. 201-209
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/16407
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

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

The University of Osaka

各種胆道ステントの物性比較に関する基礎的研究

三浦　幸子[1)]　吉岡　哲也[2)]　古市　欣也[3)]
田中　健寛[1)]　吉川　公彦[4)]　大石　元[2)]

1）星ヶ丘厚生年金病院放射線科　2）奈良県立奈良病院放射線科
3）奈良県立三室病院放射線科　4）奈良県立医科大学放射線科

Mechanical Properties of Biliary Metallic Stents: An Experimental Comparison

Sachiko Miura[1)], Tetsuya Yoshioka[2)], Kinya Furuichi[3)], Takehiro Tanaka[1)], Kimihiko Kichikawa[4)] and Hajime Ohishi[2)]

PURPOSE: To assess the physical properties of biliary self-expandable metallic stents.
MATERIALS AND METHODS: Six different types of biliary self-expandable metallic stents (Wallstent, ZA stent, Accuflex, S.M.A.R.T. stent, Spiral Z stent, and NT stent) were evaluated for the flexibility, trackability, and resistance of stent release for the introducer, and for repulsion force, flexibility, radial force, radio-opacity, and kink resistance for the stent.
RESULTS: The Wallstent showed the best repulsion force, radio-opacity, and kink- resistance, while the ZA stent showed the best flexibility and trackability of the introducer and better radial force and radio-opacity. Accuflex showed the least resistance during stent release and better flexibility and radial force. The S.M.A.R.T. stent showed the largest radial force, and the Spiral Z stent showed better trackability of the introducer and better radio-opacity. The NT stent seemed to require overall improvement. *CONCLUSION:* The Wallstent appears preferable for placement in the extrahepatic bile ducts. The ZA stent can be applied for various approaches, but placement in comparatively straight bile ducts is preferable. With the Accuflex, insertion through routes where an acute angle exists should be avoided. In addition, balloon expansion before or after stent placement is preferable. The S.M.A.R.T. stent is placed in straighter intrahepatic bile ducts, while the Spiral Z stent should be placed through a straight approach. Balloon expansion before or after stent placement is preferable for the NT stent. No stent exhibited all of the ideal properties required. These results may contribute to the selection of biliary metallic stents.

Research Code No.: *209.9*

Key words: *Stents, Mechanical properties, Bile duct*

Received Oct. 9, 2002; revision accepted Feb. 15, 2003

1) Department of Radiology, Hoshigaoka Kohseinenkin Hospital
2) Department of Radiology, Nara Prefectural Nara Hospital
3) Department of Radiology, Nara Prefectural Mimuro Hospital
4) Department of Radiology, Nara Medical University

別刷請求先
〒573-8511　大阪府枚方市星丘4-8-1
星ヶ丘厚生年金病院放射線科
三浦　幸子

はじめに

近年，多くの胆道用メタリックステント(以下ステント)が開発，市販されているが，いまだ理想的なステントはなく，これら多くのステントの中から症例に応じて最適なものを選択しなければならない．しかし，これらを選択するための指標となるステントの力学的特性については，血管や食道ステントでは検討されているものの[1)-9)]，胆道ステントではほとんど報告されていない[10)]．実際肝外胆管にひとつのステントを留置する場合はステント選択に難渋することは少ないと考えられるが，複数のステントを肝門部から肝内胆管へ留置する場合のステント選択は難渋する．そこで今回，われわれはこのステントの選択の指標となるように6種類のステントおよびステントイントロデューサーの物性比較を行い評価したので報告する．

対象および方法

ステントおよびイントロデユーサー

今回対象としたステントおよびイントロデューサーは経皮経肝的に挿入するWallstent(Boston Scientific社)，ZA stent(William Cook Europe社)，Accuflex(Boston Scientific社)，S. M. A. R. T. stent(Cordis, Johnson&Johnson)，Spiral Z stent(Medico's Hirata社)，NT stent(テルモ社)の6種類である．それぞれのイントロデューサーおよびステントのサイズは以下のようである．イントロデューサーについては，Wallstentが外径7Fr／有効長60cm，ZA stentが8Fr／60cm，Accuflexが10Fr／55cm，S.M.A.R.T. stentが7Fr／80cm，Spiral Z stentが8.5Fr／32cm，NT stentが11Fr／32cmであった．ステントについてはWallstentが径8mm／長さ60mm，ZA stentが10mm／60mm，Accuflexが8mm／60mm，S.M.A.R.T. stentが10mm／60mm，Spiral Z stentが10mm／60mm，NT stentが10mm／70mmであった．

検討項目

イントロデューサーについては，1)柔軟性，2)追従性，

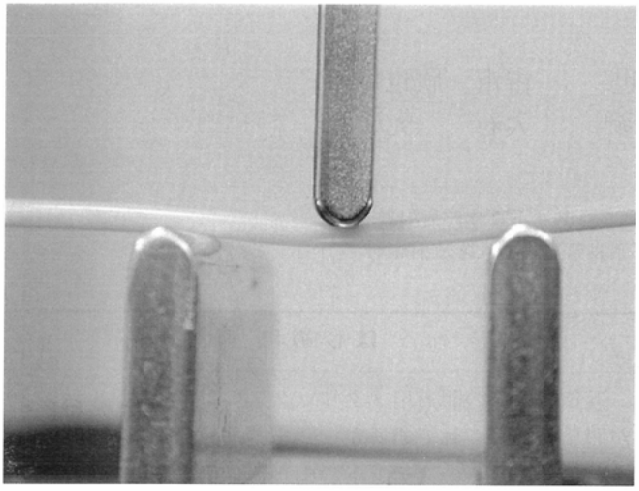

Fig. 1 Photograph of the system for measuring the flexibility of introducers.

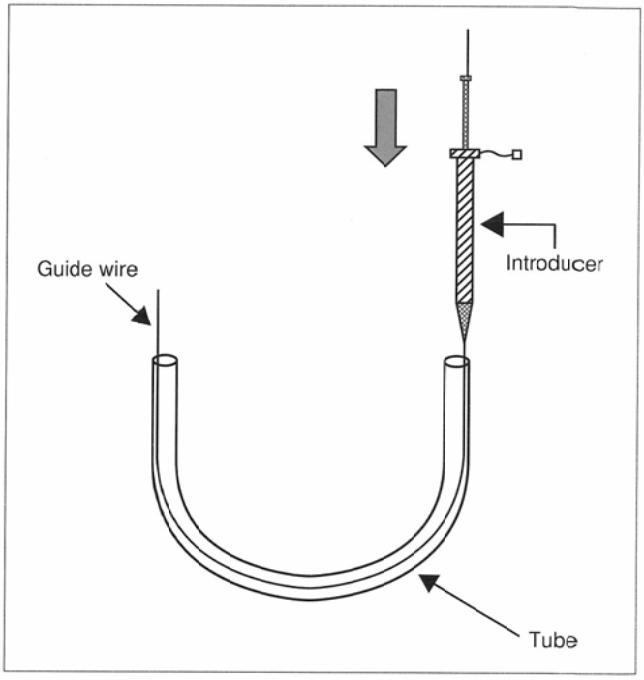

Fig. 2 Schema of the system for measuring the trackability of introducers.

3)ステントリリース時の抵抗を，ステントについては，1)ステントを変形させる時の力(反発力)，2)柔軟性，3)拡張力，4)X線不透過性(視認性)，5)キンク性を検討した．

実験方法

イントロデューサー

1)柔軟性：1inchの間隔を開けたコの字型の金属板上にイントロデューサーを置き，その中央部をオートグラフ(島津社)を用いて5mm／分の速度で2mm圧した時の力を計測し，最大値を求めた．なお計測はステントが内蔵されていないシャフト部とステントが内蔵されているマウント部で行った．Spiral Z stentについては他のステントとデリバリー方法が異なるため，ステントを挿入する前のシースとダイレーターが2重になっている部位をシャフト部とし，ステントをシース内に進めた部位をマウント部とした(Fig. 1)．

2)追従性：内面にシリコンオイルを塗布した径5mmの塩化ビニルをそれぞれ半径45mmと30mmになるように弧状に固定し，このチューブ内に通した0.035inchのガイドワイヤーに沿わせて進めたイントロデューサーが1/4円周および半円周する時にかかる抵抗値をオートグラフを用いて計測し，最大値を求めた．なお，ワイヤーとイントロデューサーにはオイルが塗布されていない(Fig. 2)．

3)ステントリリース抵抗：シースのハブ部を固定しインナーシャフトあるいはプッシャーを5mm／分の速度で押し進め，ステント全体がシースから完全にリリースされるまでのインナーシャフトあるいはプッシャーにかかる力をオートグラフを用いて測定し，最大値を求めた(Fig. 3)．

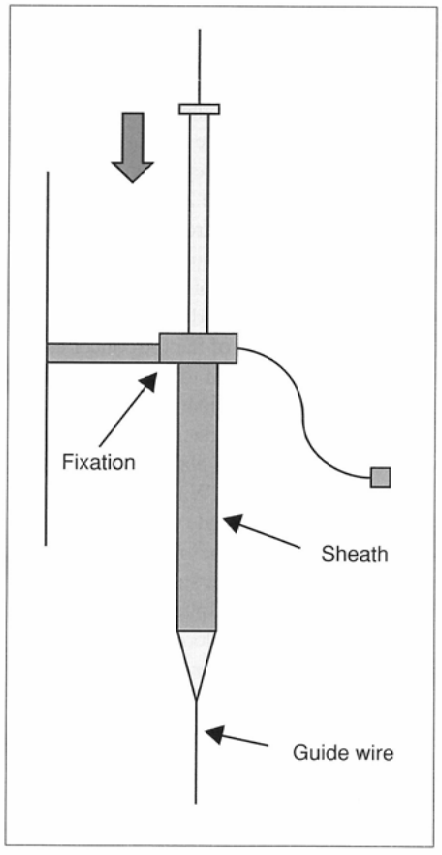

Fig. 3 Schema of the system for measuring resistance during stent release.

ステント

1)反発力：ステントを上下2枚の金属平板に挟み，オートグラフを用いて上板を5mm／分の速度で圧し，ステント径が半分になる時の力を計測し，最大値を求めた[4](Fig. 4)．

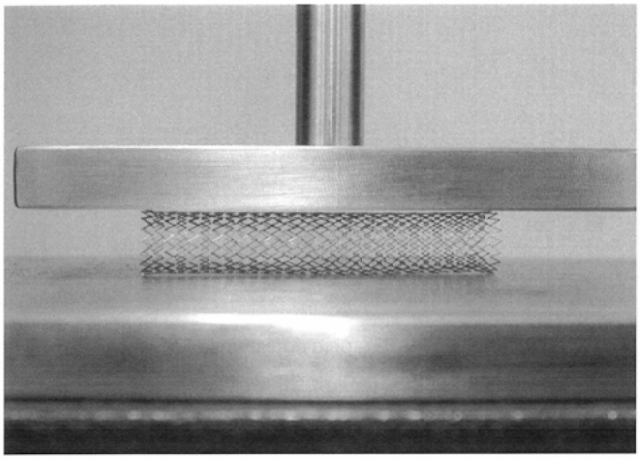

Fig. 4　Photograph of the system for measuring the repulsion force to press stents.

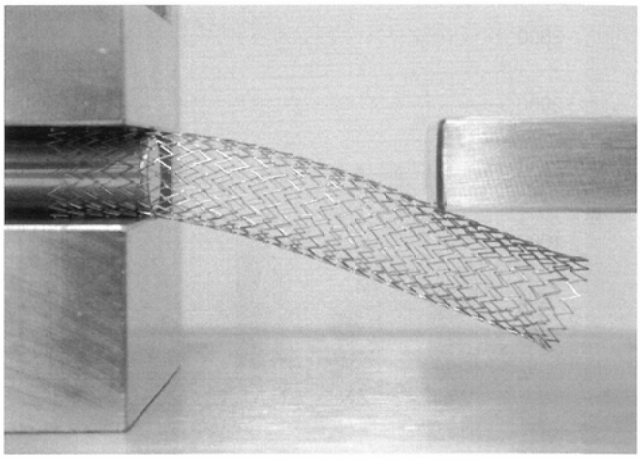

Fig. 5　Photograph of the system for measuring the flexibility of stents.

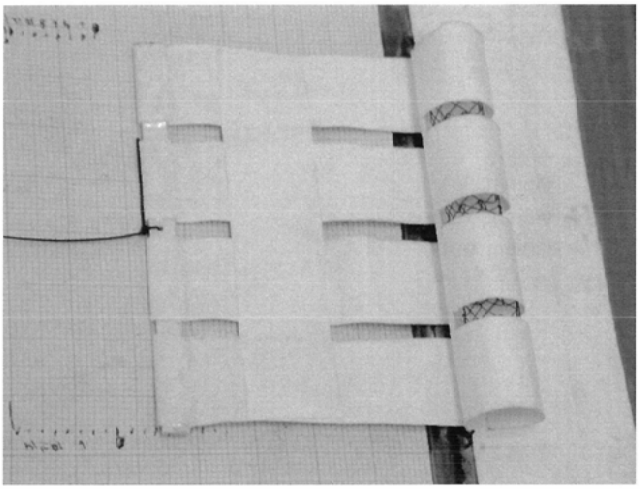

Fig. 6　Photograph of the system for measuring the radial force of stents.

2)柔軟性：一方のステント端から10mmのところを固定し，この部分から30mm離れた位置を5mm／分の速度で10mm圧した時の力をオートグラフを用いて測定し，最大値を求めた[1), 2)](Fig. 5)．

3)拡張力：片側を固定したnon woven fabric (Dupont社)を筒状にし，その内にステントを置き圧縮していった時の力をプッシュプルゲージ(イマダ社)を用いて測定した[1), 3), 4), 11)](Fig. 6)．

4)視認性：ステントを58KV/2.0mAで撮影したX線像を，デンシトメーター(Pharmacia社)を用いてステント横断面の不透過性を計測した．なお金属マーカーを有するZA stentとSpiral Z stentについては同部を通る断面で計測した(Fig. 7)．

5)キンク性：ステント両端を用手的に近づけていきステントがキンクした時にキンク部と両端がなす角度を求めた[9), 12)]．

なお，各実験におけるデータは視認性を除いて少なくとも2回以上計測し，それぞれ平均値を算出した．

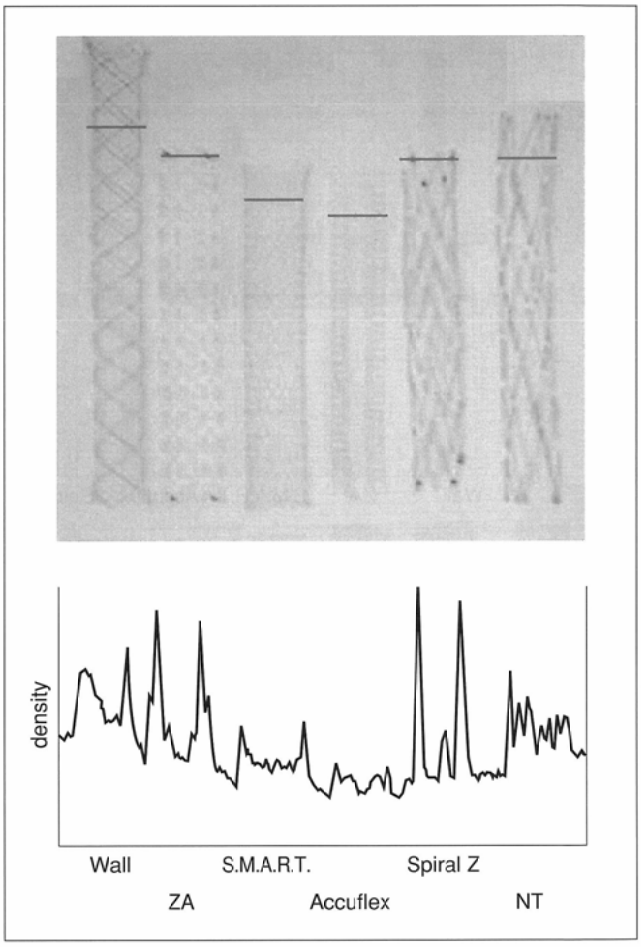

Fig. 7　Radiophotograph of stents and graphic depiction of results of measuring radio-opacity of marking on the radiophotograph.

結果

イントロデューサー

1)柔軟性：各イントロデューサーのマウント部の最大値は371.97～1714.35gf，シャフト部の最大値は485.31～1929.98gfを示し，シャフト部よりマウント部のほうが柔

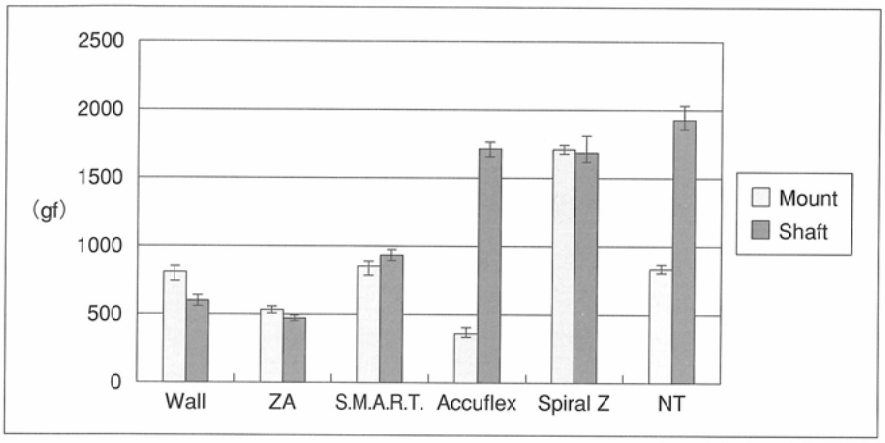

Fig. 8 Graphic depictions of results of flexibility of introducers.
Marking of maximal and minimal points of each datum.

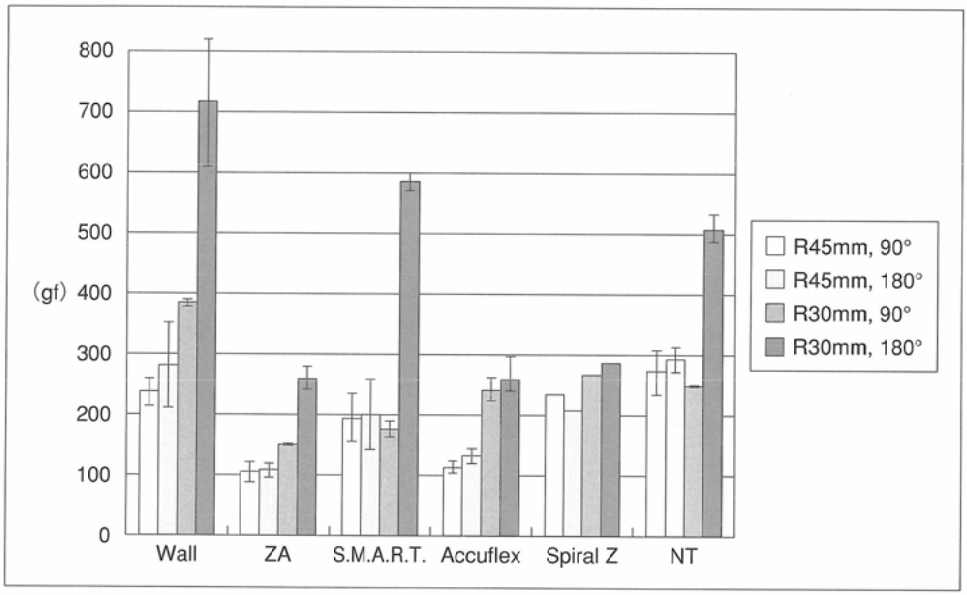

Fig. 9 Graphic depictions of the results of trackability of introducers.
Marking of maximal and minimal points of each datum.

軟性が高い傾向にあった．マウント部ではSpiral Z stentが他の5種類のステントに比べて柔軟性が低く，シャフト部ではWallstent，ZA stent，S.M.A.R.T.stentがAccuflex，Spiral Z stent，NT stentに比べて柔軟性が高かった．Wallstent，ZA stent，S.M.A.R.T.stent，Spiral Z stentはマウント部とシャフト部の間には柔軟性に差がなく比較的均一であった．なかでもZA stentは他のステントに比べて最も柔軟性に富んでいた(Fig. 8)．

2)追従性：各イントロデューサーにおける抵抗の最大値は，半径45mmで1/4周させた時が103.75～272.63gf，半周させた時が107.00～292.38gfを示し，両者間にほとんど差がなかった．しかし，半径30mmで1/4周させた時は150.13～384.25gf，半周させた時は256.00～713.75gfを示し，相対的に半周させた時のほうが大きな力を要した．いずれのイントロデューサーも角度が急峻になるほど抵抗値が増す傾向にあった．半径30mm，半周ではWallstent，S.M.A.R.T.stent，NT stentで大きく変動し，他の3種類のステントに比べて抵抗値が高かった．ZA stentはいずれの角度でも他のイントロデューサーに比べて抵抗値が低かった．AccuflexとSpiral Z stentもどの設定環境にもそれほど大きな変化を示さず，比較的低値であった(Fig. 9)．

3)ステントリリース抵抗：各イントロデューサーにおけるリリース抵抗の最大値は432.87～1374.75gfを示し，いずれのステントもリリースしはじめる時が最も高い値を示した．S.M.A.R.T.stentとZA stentが他の4種類のイントロデューサーに比べてリリース抵抗が高い傾向にあった(Fig.10)．

ステント

1)反発力：各ステントにおける反発力の最大値は37.94～104.14gfを示した．Wallstentは他のステントに比べて最も反発力が強く，AccuflexとNT stentに比べて2倍以上の値を示した(Fig.11)．

2)柔軟性：Accuflexは荷重をかける前にすでに垂れ下がっていたため計測不可能であり，最も柔軟性が高かった．

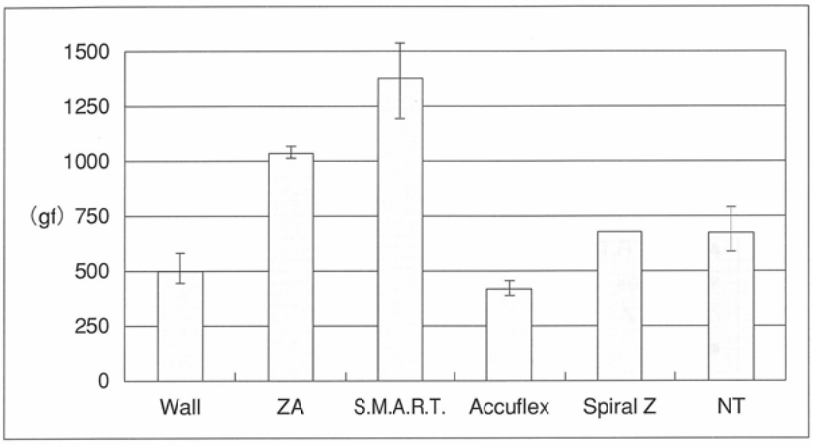

Fig.10　Graphic depictions of the results of resistance during stent release.
Marking of maximal and minimal points of each datum.

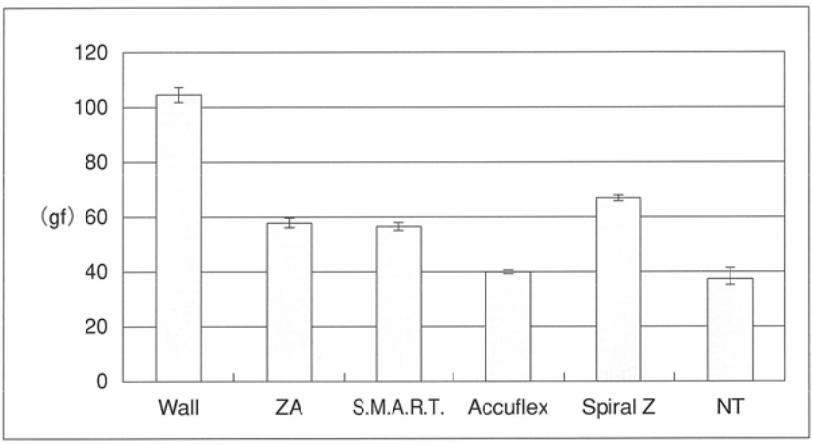

Fig.11　Graphic depictions of the results of repulsion force to press stents.
Marking of maximal and minimal points of each datum.

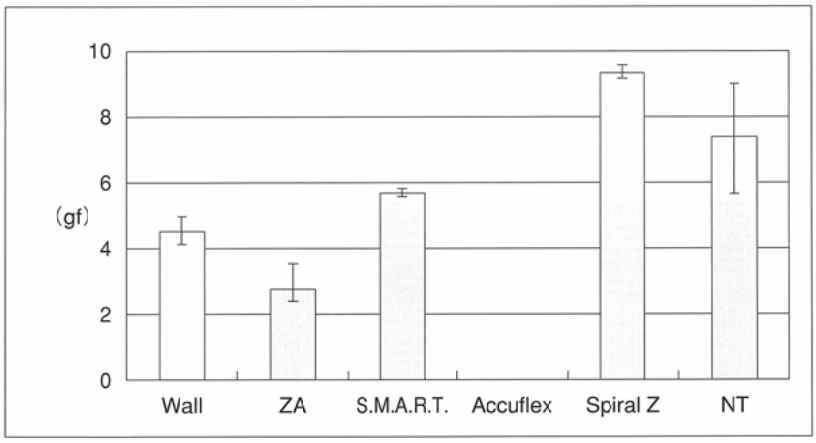

Fig.12　Graphic depictions of the results of flexibility of stents.
Marking of maximal and minimal points of each datum.

他の5種類のステントは2.87～9.25gfを示した．なかでもZA stentは他の4種類のステントと比べて柔軟でありSpiral Z stentと比べて3倍以上柔軟であった(Fig.12)．

3)拡張力：S.M.A.R.T.stentが最も拡張力が強く，つぎにZA stentとAccuflexが強い拡張力を示した．Spiral Z stentとNT stentの拡張力は他のステントに比べて劣る傾向にあった(Fig.13)．

4)X線不透過性(視認性)：ステントの骨格を形成している金属のX線不透過性については，コバルト合金製のWallstentが最も高く，これに比べてステンレス製のSpiral Z stentやナイチノール製のZA stent，Accuflex，S.M.A.R.T. stent，NT stentはやや低い傾向があった．なかでもAccuflexは最も劣っていた．シルバーマーカー(Spiral Z stent)やゴールドマーカー(ZA stent)を用いているマーカー部分はどの金属よりも高いX線不透過性を示した(Fig.14)．

5)キンク性：Wallstentはキンクしなかった．他の5種類のステントでは36°～74°でキンクした(Fig.15)．

各イントロデューサーおよびステントにおける順位付け

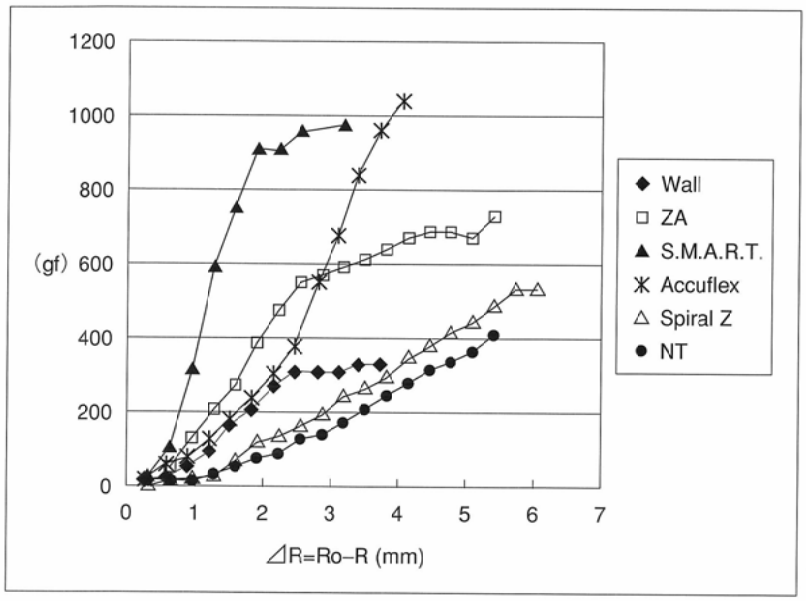

Fig.13 Graphic depictions of the results of radial force of stents.
R and Ro are the stent radius with and without, respectively, the application of external force.

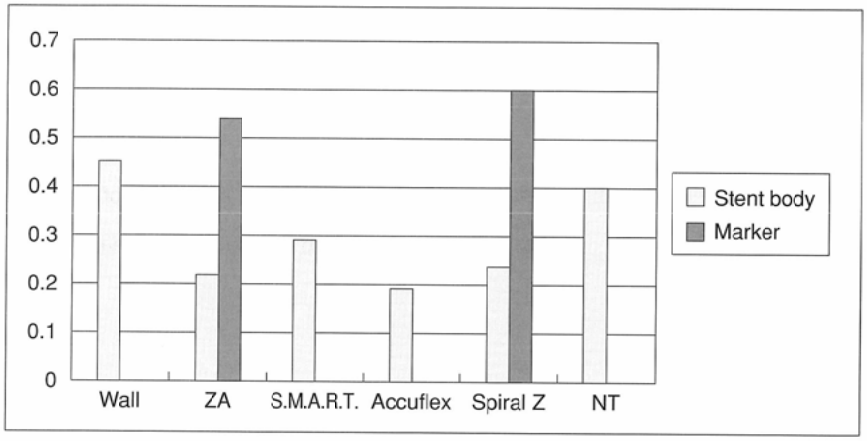

Fig.14 Graphic depictions of the results of radio-opacity of stents.
Radio-opacity of stents was measured at the stent bodies of all stents and the metallic markers of ZA stent and Spiral Z stent.

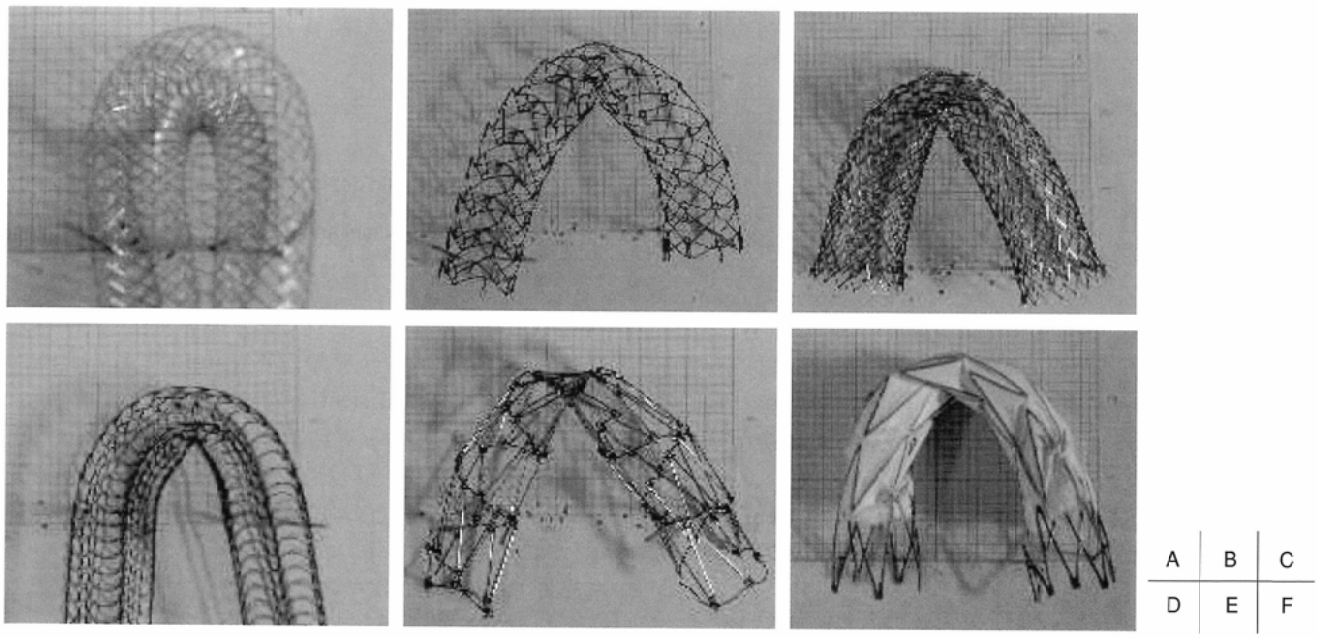

Fig.15 Photograph of stents with the application of buckling force to kink.
A：Wallstent（θ=0°）, B：ZA stent（θ=74°）, C：S.M.A.R.T. stent（θ=36°）, D：Accuflex（θ=53°）, E: Spiral Z stent（θ=67°）, F: NT stent（θ=66°）

Table 1　Ranking of each material from the result of each experiment.

	Wall	ZA	S.M.A.R.T.	Accuflex	Spiral Z	NT
Introducer						
flexibility	2	1	3	4	5	6
trackability	6	1	4	2	3	5
releasing resistance	2	5	6	1	4	3
	10	7	13	7	12	14
Stent						
repulsion force	1	3	4	5	2	6
flexibility	3	2	4	1	6	5
radial force	4	3	1	2	5	6
radio-opacity	3	2	5	6	1	4
buckling force to kink	1	6	2	3	5	4
	12	16	16	17	19	25
Total	22	23	29	24	31	39

をTable 1に示した．なお，イントロデューサーについては1)柔軟性の高い順に，2)追従性の抵抗が小さい順に，3)ステントリリース抵抗の小さい順に，またステントについても1)反発力の大きい順に，2)柔軟性の高い順に，3)拡張力の強い順に，4)X線不透過性(視認性)の高い順に，5)キンク性についてはキンクしにくい順に順位付けした．

Wallstent：イントロデューサーは追従性に劣る傾向にあったが，リリース抵抗は低かった．ステント自体は反発力が強く最も変形しにくい傾向にあった．またステント全体の視認性は最も高く，キンクしなかった．

ZA stent：イントロデューサーは柔軟性および追従性に優れていたが，リリース抵抗は高かった．ステント自体は拡張力に優り，マーカーにより視認性は高かったが，最もキンクしやすい傾向にあった．

S.M.A.R.T. stent：イントロデューサーのリリース抵抗は最も高かった．ステントの拡張力は最も優っており，キンクしにくい傾向にあった．

Accuflex：イントロデューサーはシャフト部の柔軟性は低かったが，マウント部は最も柔軟性が高く，リリース抵抗も低かった．ステント自体は反発力が弱く変形しやすい傾向にあったが，柔軟性は最も高かった．また拡張力に優っていたが，視認性は最も劣っていた．

Spiral Z stent：イントロデューサーの追従性は良い傾向にあったが柔軟性は最も劣っていた．ステント自体は柔軟性に乏しく，拡張力は低い傾向にあった．視認性はマーカーにより高かった．

NT stent：イントロデューサーはマウント部とシャフト部間の柔軟性の差が大きく，シャフト部は他の5種類のイントロデューサーと比べて最も柔軟性に劣っていた．また追従性においても半径45mmの設定では他のステントに比べて劣る傾向にあった．ステント自体は反発力が弱く変形しやすい傾向にあり，柔軟性も乏しく，拡張力も低かった．

考　察

近年，胆道ステント留置術は悪性胆道閉塞に対して盛んに行われ，その留置は総胆管だけに留まらず，肝門部から肝内胆管へも積極的に行われている[13)-15)]．市販されているステントの挿入・留置にはステントとステントを胆管内に挿入するためのイントロデューサーで構成されたデリバリーシステムが用いられる．本法を低侵襲でより確実に実施するために，イントロデューサーにはステント留置の目的部位まで挿入するためにあらゆる胆管走行に対応でき，ステントを容易かつ正確に留置できることが求められる．一方ステントには留置直後から速やかに拡張して狭窄胆管を広げ，いかに胆汁の流れを良好に保つかが要求される．しかし，市販ステントにおけるこれらの物理学的特性については明らかでないことから，今回われわれはステント選択の指標とするために6種類の市販ステントの物性比較を行った．

イントロデューサー

イントロデューサーがあらゆる胆管走行に対しても低侵襲で挿入されるためには，細径でかつ高い柔軟性と追従性が求められる．通常経皮経肝的ステント留置は胆道ドレナージ(PTBD)に引き続いて行われる．PTBDには通常7～8Frのドレナージチューブが用いられることが多く，今回評価したステントイントロデューサーは外径が7～11Frであり，9ないし10Fr以上のイントロデューサーでは軽度侵襲が高くなる．あらゆる胆管走行，特に左肝から総胆管や右肝内分枝への急峻な角度をなす走行に対応するには高い柔軟性と追従性が不可欠であるが，一般的に追従性を高めるとシャフトは硬くなり，柔軟性が低下するためこの両者には相反する性質がある．イントロデューサーは均一な構造でないためマウント部とシャフト部で柔軟性を計測したが，そ

の柔軟性は均一ではなかった．ZA stent，Wallstent，S.M.A.R.T. stentはマウント部とシャフト部の柔軟性が均一に近くかつ柔軟性に富んでいた．追従性は比較的急峻な胆管走行を設定した実験モデルで評価した．Dudaら[1]や，Dyetら[2]はiliac modelを作成しイントロデューサーの追従性を評価しているが，われわれは径5mmの塩化ビニルをそれぞれ半径45mmと30mmになるように弧状に固定したモデルを作成し，このチューブ内に進めたイントロデューサーが1/4円周および半円周する時にかかる抵抗値を求めた．半径45mmで1/4円周と半円周，ならびに半径30mで1/4円周の設定ではそれほど抵抗値は変動しなかったが，半径30mm，半周の設定では，すべてのステントにおいて大きく変動したことからこの設定は現在のイントロデューサーの限界点に近いと考えられる．そのなかでもZA stent，Accuflex，Spiral Z stentがどの設定にも対応しやすいと考えられた．しかし，Spiral Z stentはステントイントロデューサーのみについてこの実験を施行したため，ステントを挿入した場合このような設定に対応可能であったかどうか疑問である．総合すると一見相反する柔軟性と追従性のどちらにも相対的に良好な結果を示したのはZA stentと言える．ステントリリース時にはステントが見やすいことに加えてリリースされるステントが設定した位置からずれないように，イントロデューサーから抵抗なくステントがリリースされることも必要である．今回の実験では，S.M.A.R.T.stentとZA stentは他の4種類のシステムに比べてリリース抵抗が高かった．抵抗値は低いほど良いが，どの程度が許容範囲かを決定するのは困難である．

ステント

ステントの反発力はステントがいかに内腔を円形に保持しようとするのかを評価したものである．ステント断面が円形であることは最も内腔面を大きくとれることになる．また胆管も正常では断面が円形を呈していることから胆汁の流れをより生理的でかつ流量を確保するには円形がよいと思われる．しかし，たとえ円形を呈しても拡張力が弱ければ内腔を大きくとれないことからステントには全拡張できるだけの拡張力が望まれる．今回の実験結果からはS.M.A.R.T.stentが最も拡張力が強く，Spiral Z stentとNT stentの拡張力は他のステントに比べて劣る傾向にあったが，市販されているステントの多くは多くの症例で90％以上の拡張が得られている[16),17)]．加えてステントに胆管走行に合致する柔軟性があればより生理的な状態を保てることになる．今回の実験ではわずかな角度での柔軟性を求めたが，これは言い換えるとどの程度の力でまっすぐになろうとするのかを求めていることをも意味する．より急峻な角度での留置はこの方法では評価できないためキンクについての実験を付加した．より柔軟性が高いことを評価するのにはこの2者を総合的に評価しなければならないが，ステントは留置直後には胆管走行にある程度合致していたとしても全拡張時には直線化していることを総胆管への留置時にしばしば経験することから，最も柔軟性があると思われるAccuflexでも柔軟性が低すぎるかもしれない．しかし，ステントにはどの程度の反発力や拡張力，柔軟性が至適なのかを明らかにしなければならないが，宿主側の因子である胆管狭窄との相互関係にあるので明らかにすることは難しい．ステントを正確な位置に留置し，その拡張程度を判断するにはステント自体の高いX線不透過性(視認性)が求められる．今回のステントの材料はさまざまで，Spiral Z stentはステンレス鋼線，Wallstentはコバルト合金，その他はナイチノールが用いられている．さらにZA stentとSpiral Z stentはマーカーを有している．したがってそれぞれのステントの骨格を形成する金属の視認性とマーカーの認識度について評価した．Dudaら[1]は体内モデルに入れたステントをフィルム上に撮像することで評価し，Dyetら[2]はステントを視認できなくさせるのに必要なアルミニウム量を測定することで視認性を評価している．われわれはステントをフィルム上に撮像することで評価し，いかなるステントの骨格を形成する金属よりもマーカーのほうが視認性は高かった．しかし実際臨床では透視上でステントはリリースされる．用いる透視機器の性能により透視上でのステントの視認性は異なるため，いかなる透視機器にも対応できるようにすべてのステントにマーカーがつけられることが望まれる．

各イントロデューサーとステント

今回の実験結果から各ステントおよびイントロデューサーの評価として，Wallstentはイントロデューサーの追従性が劣り，ステント自体が短縮することから，より正確な位置への留置が求められる胆管末梢枝には適さないが，反発力が強くステントの断面が円形を保持しようとする力に優れているため肝外胆管の留置に適している．ZA stentはイントロデューサーの柔軟性および追従性に優れているため，あらゆる胆管走行にも対応可能で，ステントの拡張力も比較的大きいことから末梢枝への留置に適すると考えられる．しかし，マーカーによりステントの視認性は高いものの，リリース抵抗が高いことからリリース時には留置位置がずれないように留意すべきであり，また最もキンクしやすいので急峻な角度をなす胆管への留置は避け，比較的直線的に走行する胆管への留置を心がけるべきである．Accuflexはイントロデューサーのシャフト部の柔軟性がかなり低かったことから，できれば急峻な角度を経るような挿入経路は避けるべきである．リリース抵抗は低いが，視認性は最も劣っているためステントを正確な位置に留置したい場合，リリース時には細心の注意が必要であり，できれば高性能の透視装置を用いるべきである．ステントは最も高い柔軟性を有し拡張力に優っていたが，反発力が弱く変形しやすい傾向にあることからバルーン拡張を留置前あるいは後に施行するほうがよいと考えられた．S.M.A.R.T. stentは，イントロデューサーのリリース抵抗が高いことからステントリリース時に留置位置がずれないように留意す

べきである．ステントは最も拡張力に優れキンクしにくい傾向にあるが，柔軟性に乏しかったことから末梢枝への留置は直線的な走行の胆管への留置を心がけるべきである．Spiral Z stentはイントロデューサーの追従性は良いものの，柔軟性は最も劣っていたことから直線的なルートで挿入することが望まれる．またマーカーにより視認性は高かったことから正確な留置が可能である．しかし，ステントは柔軟性に乏しく，拡張力も低かったことから総胆管あるいは直線的な走行の胆管への留置が適応であろう．NT stentはcovered stentであり，現時点での適応は肝外胆管への留置に限定される．イントロデューサーのマウント部とシャフト部間の柔軟性の差が大きく，シャフト部は他の5種類のステントと比べて最も柔軟性に劣り，追従性においても他のステントに比べて劣る傾向にあったから，できれば総胆管へは右肝ルートから挿入すべきである．またステント自体は反発力が弱く変形しやすい傾向にあり，柔軟性も乏しく，拡張力も低かったことからバルーン拡張を留置前あるいは後に施行するほうがよいと考えられた．今回おのおののイントロデューサーとステントにおける各物性の評価から順位付けを行い，その結果として総合的にはWallstent，ZA stent，AccuflexがS.M.A.R.T. stent，Spiral Z stent，NT stentに比べて物性に優れていた．イントロデューサーについてはZA stentとAccuflexが最も優れ，前3者が後3者に比べて優れていたが，ステントにおいてはWallstentが最も優れ，NT stentを除く他の4 stent間には差がみられなかった．しかし，ステント選択にはこの物性の他，ステントの口径や長さ，短縮性およびメッシュのサイズ，複数のステントを用いる時のステントの組み合わせやside by sideやY字型，T字型などそれぞれのステントの留置形態[16]などの因子を考慮しなければならないが，今回の実験結果はこれらの因子を決定するために，より確実な情報を与えうると考えられた．

結　語

今回の結果から，各ステントの物性は一長一短であることから，個々の病態に対して対応可能なステントは存在するかもしれないが，すべての病態に対応できる単一のステントは存在しないと考える．そのため術者は，個々の症例に適合したステント選択を自らの経験と判断で行わなければならないが，今回の結果はその選択の指標になることが期待された．

謝　辞

本研究の実験にご協力頂いたテルモ社の森内陽助氏，高橋誠氏と，ステントをご提供頂いた各社の方々に深く感謝致します．
本論文の要旨は，第60回日本医学放射線学会総会(神戸，2001)で発表した．

文　献

1) Duda SH, Wiskirchen J, Gunnar T, et al: Physical properties of endovascular stents: An experimental comparison. JVIR 11: 645–654, 2000
2) Dyet JF, Watts WG, Ettles DF, et al: Mechanical properties of metallic stents: How do these properties influence the choice of stent for specific lesions? Cardiovasc Intervent Radiol 23: 47–54, 2000
3) Fallone BG, Wallace S, Gianturco C: Elastic characteristics of the self-expanding metallic stents. Invest Radiol 23: 370–376, 1988
4) Flueckiger F, Sternthal H, Klein GE, et al: Strength, elasticity, and plasticity of expandable metallic stents: In vitro studies with three type of stress. JVIR 5: 745–750, 1994
5) Berry JL, Newman VS, Ferrario CM, et al: A method to evaluate the elastic behavior of vascular stents. JVIR 7: 381–385, 1996
6) Schrader SC, Beyar R: Evaluation of the compressiive mechanical properties of endoluminal metal stents. Catheterization and Cardiovascular Diagnosis 44: 179–187, 1998
7) Jedwab MR, Clerc C: A study of the geometrical and mechanical properties of a self-expanding metallic stent-theory and experiment. Journal of Applied Biomaterials 4: 77–85, 1993
8) Losef SV, Lutz RJ, Mundorf J, et al: Comparison of mechanical deformation properties of metallic stents with use of stress-strain analysis. JVIR 4: 341–349, 1994
9) Chan ACW, Shin FG, Lam YH, et al: A comparison study on physical properties of self-expandable esophageal metal stent. Gastrointestinal Endoscopy 4: 462–465, 1999
10) Maeda M, Timmermans HA, Uchida BT, et al: In vitro comparison of the Spiral Z stent and the Gianturco Z stent. JVIR 3: 565–569, 1992
11) 斎藤誠一郎，澤田　敏，小谷和彦，他：Expandable metallic stentの物理的特性－ステント作成方法の紹介を含めて－．臨床放射線 35: 549–556, 1990
12) 奥田良和，澤田　敏，森岡伸夫，他：ストレッカーステントの物理的特性．Nippon Acta Radiologica 55: 129–132, 1995
13) 吉岡哲也，打田日出夫，阪口　浩，他：Expandable Metallic Biliary Endoprosthesis－悪性胆道閉塞190例の検討－．胆と膵 18: 877–882, 1997
14) LaBerge JM, Doherty M, Gordon RL, et al: Hilar malignancy: Treatment with an expandable metallic transhepatic biliary stent. Radiology 177: 793–797, 1990
15) Becker CD, Glattli A, Maibach R, et al: Percutaneous palliation of malignant obstructive jaundice with the Wallstent endoprosthesis: Follow-up and reintervention in patients with hilar and non-hilar obstruction. JVIR 4: 597–604, 1993
16) 鐘撞一郎，吉岡哲也，打田日出夫，他：悪性胆道閉塞に対するWallstentを用いた胆道内瘻術．胆と膵 16: 1167–1174, 1995
17) Yoshioka T, Sakaguchi H, Yoshimura H, et al: Expandable metallic biliary endoprostheses: preliminary clinical evaluation. Radiology 177: 253–257, 1990