



Title	Development of balloon-expandable stents for treatment of eccentric plaque considering surface roughening [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	Syaifudin, Achmad
Citation	北海道大学. 博士(工学) 甲第12454号
Issue Date	2016-09-26
Doc URL	http://hdl.handle.net/2115/63334
Rights(URL)	http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	theses (doctoral - abstract and summary of review)
Additional Information	There are other files related to this item in HUSCAP. Check the above URL.
File Information	Achmad_Syaifudin_review.pdf (審査の要旨)



[Instructions for use](#)

学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称	博士(工学)	氏名	Achmad Syaifudin
審査担当者	主査教授	佐々木 克彦	
	副査特任教授	成田 吉弘	
	副査教授	中村 孝	
	副査教授	大橋 俊朗	

学位論文題名

Development of balloon-expandable stents for treatment of eccentric plaque considering surface roughening

(偏心プラークのための表面性状を考慮したバルーン拡張ステントに関する研究)

近年、高齢化により動脈硬化、動脈瘤による心筋梗塞、脳梗塞、大動脈瘤などの循環器系疾病が急激に増加している。また、食生活の影響から若年層でのこれらの疾病が増加する傾向にあり、さらに安全かつ効果的な治療法の開発が望まれている。これらの疾病に対して、網目状の金属チューブ(ステント)とバルーンを組み合わせたバルーン拡張ステントを用いる治療が主に行われている。これは、患部まで挿入したステントをその内部に組み入れたバルーンにより拡張させ、血管を押し広げて血流を回復する方法である。さらに安全で効果的なステントを開発するためには、ステント、プラークおよび血管に作用する変形および応力の適切な評価が必要となる。このため本論文では、有限要素法(FEM)による構造解析により、ステントの表面性状と血管壁およびプラークの変形との関連性やステントの柔軟性に関して検討し、さらに、ステント断面が非対称である非対称ステントを提案し、その有用性についてプラーク破壊等を考慮して検討している。

まず、バルーン拡張ステントの拡張後の表面粗さを予測するために、ステント用材料を用いた引張試験により、ひずみと表面粗さの関係について検討している。レーザー顕微鏡を用いて測定した二次元表面粗さをを用いれば、ひずみと表面粗さの関係が線形になることを示し、さらに、Palmaz タイプおよび Sinusoidal タイプのステントに対して拡張シミュレーションを行い表面粗さの推定を行っている。また、ステントとプラークの相対長さの違いによる拡張後のステントに生じる表面粗さの違いを明らかにし、プラークの長さを考慮してステント長を決定することの重要性を示している。

現在使用されているステントのほとんどは、拡張前後でその断面が真円となる対称断面ステントである。しかし、プラークは血管周方向全面に均一に発生することはなく、血管横断面に対して偏って発生し血管断面は非対称となる。すなわち、従来のステントは半径方向に均一に拡張することから、プラークの存在しない血管壁に対しても大きな変形を与えることになる。このため、プラークの存在する部分に変形を集中するための非対称ステントについて検討している。ステントを非対称に拡張させるために、ステントのストラットの長さや幅を部分的に変化させ、さらに、バルーン形状も非対称に膨らむようにデザインした解析モデルを作成し拡張解析を行っている。解析により、非対称ステントはリコイルしにくいこと、また、ドックボーン型の変形がしにくいことなどを明らかにしている。

ステントは湾曲した血管内を通して患部に運ばれる。また、患部の血管のほとんどが曲率を持って

いる。このことから、拡張前後のステントには柔軟性が要求される。本論文では、ステントの柔軟性についても検討している。対称ステントと非対称ステントに対して三点曲げシミュレーションによる柔軟性評価を行い、柔軟性に富む Sinusoidal ステントと比較すると、非対称ステントは拡張前後において柔軟性が若干低いことを示している。また、非対称ステント自体については、拡張の多い部分の柔軟性は拡張が少ない部分の柔軟性より高いことを明らかにしている。

最後に、ステント拡張による強制的変形によるプラークの破壊について検討している。プラークの発達により血管断面が非対称になることから、ステント拡張後におけるプラーク内のひずみおよび応力を注意深く考察することが重要である。このことから、プラークの強度特性に分布を持たせ、対称および非対称バルーンと対称および非対称ステントを組み合わせた4種類のステントについての解析を行っている。その結果、非対称ステントと非対称バルーンの組み合わせの場合にプラーク表層に最大の周方向応力が発生すること、一方、対称ステントと対称バルーンの組み合わせの際に最大の軸方向応力が発生することを示している。

これを要するに、本論文は、バルーン拡張ステントの変形解析を機械工学的見地から行い、拡張時の表面粗さの予測、プラーク形状と表面粗さの関連性の把握、プラークによる血管の非対称性やステントの柔軟性に着目した非対称ステントと非対称バルーンの考案、および、ステント拡張によるプラークの破壊予測の検討を行っており、新たなステントの開発に対して貢献するところ大なるものがある。よって著者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与するに値するものと認める。