

Reaktionskraftuntersuchungen bei Vorschub und Rückzug von PTCA-Kathetern in modellierten Koronargefäßen

Kraft M., Rutsch W.*, Boenick U.

Institut für Mikrotechnik und Medizintechnik, Technische Universität Berlin

* Zentrum für Innere Medizin, Medizinische Klinik und Poliklinik I, Charité, Humboldt Universität Berlin

EINLEITUNG

PTCA-Ballonkatheter werden zur Aufweitung von Verengungen der Herzkranzgefäße genutzt. Sie finden in verschiedenen Bauarten Anwendung. Zwischen diesen Kathedertypen und den Kathetern einer Bauart aber verschiedener Hersteller bestehen deutliche Differenzen in der Ausprägung anwendungsrelevanter Kathetermerkmale.

In einem neuen Prüfstand für PTCA-Katheter [1,2] werden der anatomische Aufbau (Lage, Durchmesser, Verzweigungen der Gefäße) und die Reibverhältnisse den physiologischen Verhältnissen nachgebildet. Möglich sind Messungen von Aktionskräften am Antrieb kombiniert mit Reaktionskraftmessungen in Modellgefäßen [1]. Innerhalb dieses Beitrages werden Untersuchungen vorgestellt, die neben Abstützkräften des Katheters im Führungskatheter auch auf die Gefäßwand übertragene Kräfte bei Passage eines gekrümmten Gefäßabschnittes erfassen.

MATERIAL UND METHODE

Die Kraftmessungen wurden an sterilen, für den klinischen Gebrauch bestimmten PTCA-Kathetern der Typen SCIMED® Viva™ und Long Viva™ (Fa. Boston Scientific Corp.), Bonnie™ (Fa. Schneider AG) und ACS RX® Rocket™ (Fa. Guidant), alle mit Ballonabmessungen 3,0mm/20mm bis auf Long Viva™ mit 3,0/30mm, durchgeführt. Vor Einbringung in das Modellgefäß sind alle Katheter für 15s aspiriert worden.

Das verwendete PE-Modellgefäß simuliert einen rechten Gefäßbaum mit der anatomischen Besonderheit des Vorhandenseins einer proximalen Krümmung. Aus Abb. 1 ist die Lage der Krümmungen im Modellgefäß ersichtlich. Die Ergebnisdigramme (Abb. 2-7) enthalten ebenfalls entsprechende Bezeichnungen. Die Katheter wurden 90mm tief in das Modell eingebracht. Als Meßstrecke diente der Abschnitt zwischen 20mm und 90mm. Verwendete Kraftaufnehmer befinden sich am Antrieb [2], am distalen Ende des Führungskatheters und in der 3. Krümmung des Gefäßsystems (65mm nach Beginn der Meßstrecke). Alle Kraftaufnehmer sind als Aluminium-Biegebalken (Wirklänge 28mm) mit Doppelgitter-Dehnungsmeßstreifen (Vollbrücke) bestückt.

Verwendete Zubehörkomponenten waren ein Y-Konnektor mit hämostatischem Adapter, ein 7F JR 4,0 SH Führungskatheter und ein 0,014 inch x 175cm Soft-Führungsdraht (beide Fa. Asahi Intecc Co., Japan). Die Vorschub- und Rückzuggeschwindigkeit betrug 4mm/s. Das Gefäßmodell ist vor jeder Messung über eine Spülung mit destilliertem Wasser auf $37 \pm 1^\circ\text{C}$ temperiert worden. Mit jedem Katheter (je 2 Stück der o.g. Hersteller) wurden 3 Messungen der Aktions- und Reaktionskräfte vorgenommen. Die verwendete Abtastfrequenz lag über 80Hz. Eine erste Datenaufbereitung beinhaltete eine

Reduktion der Stützstellen durch Mittelwertbildung auf 2 Werte pro Millimeter Weglänge. Zur Veranschaulichung der Ergebnisse erfolgte eine weitere Zusammenfassung durch Mittelwertbildung aus den Messungen eines Kathedertyps (6 pro Typ).

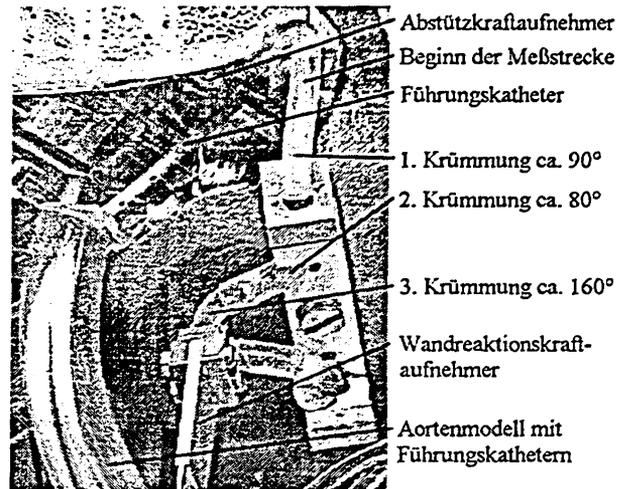


Abb. 1: Lage der Krümmungen im Gefäßmodell (RCA)

ERGEBNISSE

Die nachfolgenden Abbildungen 2-7 enthalten die Resultate der durchgeführten Messungen. Die Reaktionskräfte wurden zur Verdeutlichung um den Faktor 10 vergrößert dargestellt (Meßbereich bis 0,04N). Vorschubkräfte, Abstützkräfte in Richtung Ostium (Zug am Führungskatheter) und Wandreaktionskräfte in Richtung Mittelpunkt des Kreissegmentes wurden positiv, entgegengesetzt wirkende Kräfte negativ aufgetragen.

In allen Messungen ist ein deutlicher Zusammenhang, fast eine Proportionalität, zwischen gemessener Vorschub- bzw. Rückzugkraft und der Abstützkraft im Führungskatheter erkennbar. Diese Abhängigkeit besteht sehr ausgeprägt bei den hier untersuchten, noch industriell gefalteten Ballons. In weiteren, in diesem Beitrag nicht im Detail vorgestellten Messungen am bereits aufgeweiteten Ballon existierte sie nur im proximalen Gefäßabschnitt. Weiter distal steigt in diesem Fall die Abstützkraft weniger stark an, da der Katheter vermutlich durch erhöhte Reibung im Gefäß eines geringeren Backups im Führungskatheter bedarf. Er stützt sich wahrscheinlich schon im Ballonbereich an der Gefäßwand ab. Mit der Erfassung von Abstützkräften im Führungskatheter wird ein wichtiges Kathetermerkmal deutlich, da unter ungünstigen Verhältnissen letztlich eine Deplazierung des Führungskatheters aus dem Ostium verursacht werden kann.

Bei der Analyse der Wandreaktionskräfte fällt auf, daß bereits lange vor Eintritt des PTCA-Katheters in die Gefäßkrümmung geringe Kräfte in Richtung Innenseite

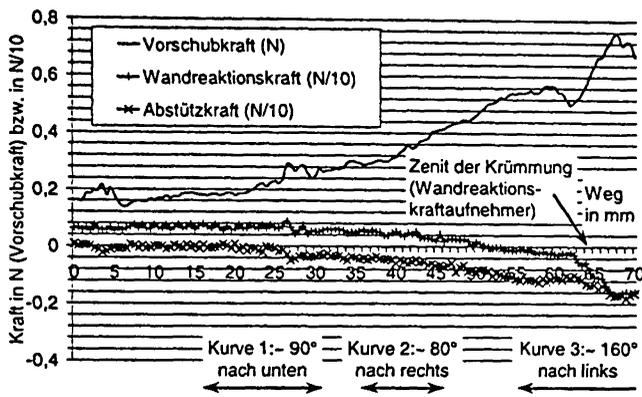


Abb. 2: Schneider Bonnie Vorschub

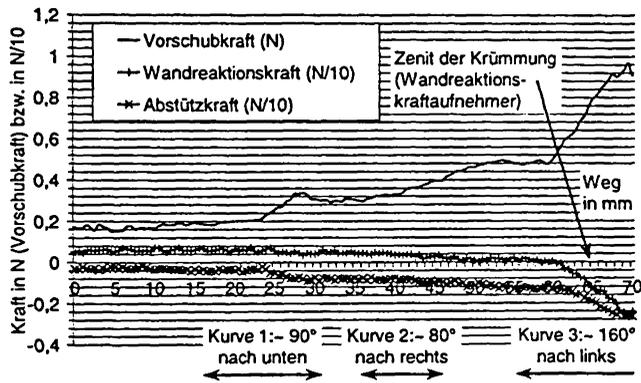


Abb. 3: Scimed Viva Vorschub

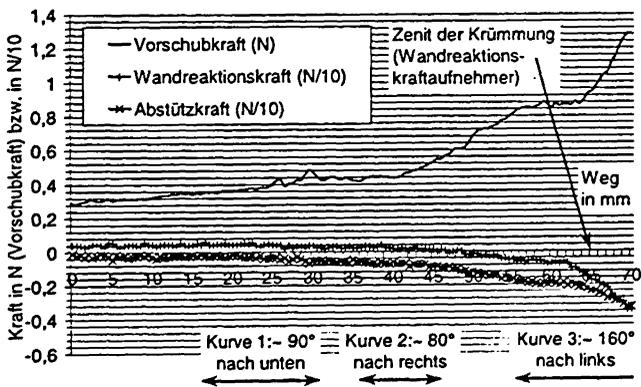


Abb. 4: ACS Rocket Vorschub

auftreten ($\approx 0,01N$). Sie werden sehr wahrscheinlich durch den Führungsdraht verursacht. Aufgrund seiner geringen, aber vorhandenen Steifigkeit liegt er vor Ankunft des PTCA-Katheter an der Innenseite der Gefäßwand an und drückt sie in Richtung Krümmungsmittelpunkt. So ist weiterhin die gleich große Wandreaktionskraft nach Rückzug des Katheter aus der Krümmung erklärbar.

Ein Maximum der Wandreaktionskraft bei Vorschub des PTCA-Katheters tritt auf, nachdem die Katheterspitze bereits rund 4mm über die Position des Aufnehmers (siehe Abb. 1) hinaus geschoben wurde. Ursache ist vermutlich die erst hier eintretende Biegung des Katheters, nachdem er zuvor von der Innen- zur Außenseite des Modellgefäßes (Durchmesser 3,5mm) wechselte. Das Maximum der Vorschubkraft tritt bei der gleichen Katheterposition auf.

Das späte Maximum der gemessenen Rückzugkraft erklärt sich auch aus dem Seitenwechsel des Katheters (Gefäß-

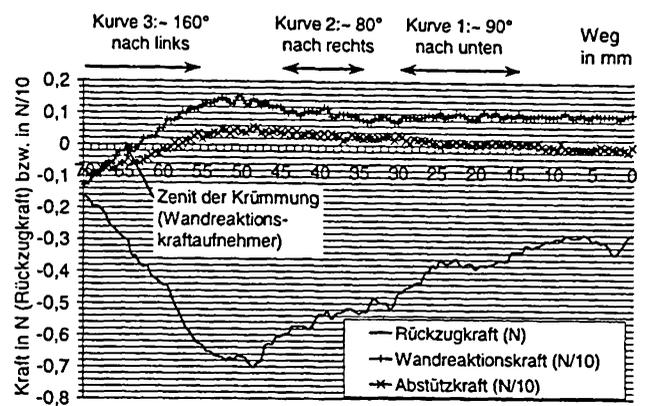


Abb. 5: Schneider Bonnie Rückzug

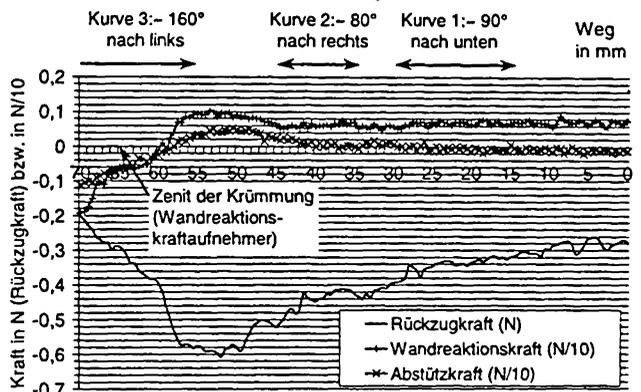


Abb. 6: Scimed Viva Rückzug

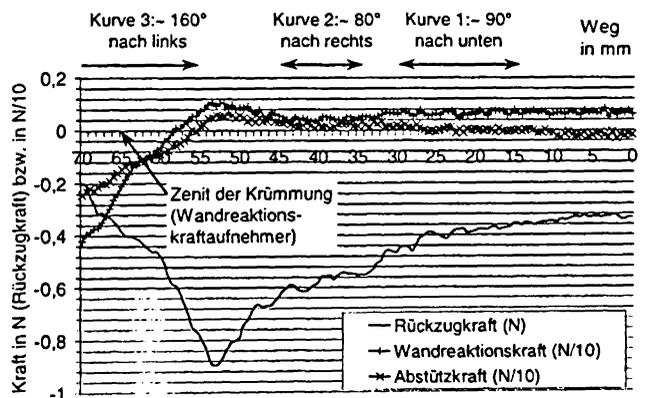


Abb. 7: ACS Rocket Rückzug

außenwände in Krümmungen bei Vorschub, Gefäßinnenwände bei Rückzug). Über die ersten 15mm bis 20mm erfolgt also im wesentlichen eine Straffung, ohne effektiven Rückzug.

An anderer Stelle werden weitere bereits durchgeführte Reaktionskraftmessungen der Kraftübertragung auf den Führungsdraht und zum Recrossingverhalten vorgestellt.

LITERATUR

- [1] Kraft, M.; Rutsch, W.; Boenick, U.: Ein multifunktionales Herzkranzgefäßmodell: Nutzungsvarianten für vergleichende Untersuchungen an PTCA-Kathetern, Zeitschrift für Biomed. Technik, Band 43 (Erg.band), 1998
- [2] Kraft, M.; Wendt, O.; Rutsch, W.; Boenick, U.: Realisierung eines Katheterantriebes und der Meßwertfassung in einem Herzkranzgefäßmodell für PTCA-Katheter, Zeitschrift für Biomed. Technik, Band 42 (Erg.band), 1997, S. 484-485