

# Fortbildung

## CME-Beitrag

Redaktion: W. Stoll, Münster

### Übersicht: Art und Wirkung geläufiger Nasentamponaden

A. G. Beule<sup>1</sup>, R. K. Weber<sup>2</sup>, H. Kaftan<sup>1</sup>, W. Hosemann<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Klinik und Poliklinik für Hals-Nasen-Ohrenheilkunde, Kopf- und Halschirurgie der Universität Greifswald

<sup>2</sup> Leiter der Sektion Nasennebenhöhlen- und Schädelbasischirurgie, Traumatologie, HNO-Klinik, Städtisches Klinikum Karlsruhe



**Zusammenfassung.** Nasentamponaden werden in verschiedener Konfektionierung zur Behandlung von spontanen oder postoperativen Blutungen routinemäßig eingesetzt. Den verschiedenen Materialien wird eine möglichst günstige Wirkung bei der inneren Stabilisierung der Nase und bei der Wundheilung mit Prävention von Synechien oder Hämatomen zugeschrieben. Weder für die Indikation noch für Art und Anwendung (Liegedauer) besteht ein Behandlungs-Standard.

In der vorliegenden Übersicht werden die gebräuchlichen Formen der Nasentamponade mit ihren Vorzügen und Nachteilen auch unter ökonomischen Aspekten vorgestellt. Klinisch relevante Aspekte der Pathophysiologie einer tamponierten Nasenhaupthöhle werden dargestellt.

**Schlüsselwörter:** Nasentamponade · Übersicht · Pathophysiologie

**Review: Pathophysiology and Methodology of Nasal Packing.** Nasal packing is a frequent procedure to control spontaneous nasal bleeding or postoperative oozing following different types of nasal surgery. It strives for internal stabilization of the nasal framework and for optimizing wound healing by prevention of stenosis or synechia. A lot of different materials is used and there is no accepted standard concerning the type and application. A review on pathophysiology of the packed nose is given together with a survey on customary packing materials focussing on the specific merits, demerits and side-effects including economical aspects.

**Key words:** Nasal packing · review · pathophysiology

## Einleitung: Indikation und Geschichte der Nasentamponade

In Deutschland werden nach Hersteller-Angaben ca. 350 000 Nasentamponaden pro Jahr angewendet. Sie dienen vornehmlich der Prävention und Therapie der Epistaxis, der postoperativen Stabilisation des Nasen-Gerüsts mit dem Nasenseptum oder zur Optimierung der Wundheilung durch Vermeiden von Schwellungen, Synechien oder Hämatomen.

Eine ideale Nasentamponade ist einfach einzubringen und zu entfernen, ist in der Blutstillung effektiv und gibt dem Nasen-Gerüst die nötige Stabilität. Sie besitzt einen ausreichenden Tragekomfort, verrutscht nicht, ist preiswert, erhält und fördert die örtliche Schleimhautphysiologie und wird nicht zum Ausgangspunkt spezifischer Krankheitsbilder z. B. nach bakterieller Besiedlung.

Überlegungen zur optimalen Nasentamponade sind sehr alt – Erörterungen zur Behandlung der spontanen Epistaxis gibt es nachweislich schon bei den Assyrem, d. h. seit etwa 1500 Jahren vor Christus [1]. Mit dem Beginn einer neuzeitlichen Rhinologie wurden zunächst verschiedene Salben- oder Jodoformstreifen oder einfache Gaze als Tamponadematerial eingesetzt [2]. Parallel mit einem stetigen medizinisch-industriellen Fortschritt entwickelten Rhinologen in der Folge verschiedene Alternativen, ohne dass es zur Entwicklung eines medizinischen Standards gekommen ist. Die gebräuchlichen Nasentamponaden werden in der folgenden Übersicht mit ihren jeweiligen Vorzügen, Nachteilen und speziellen Nebenwirkungen vorgestellt (Abb. 1, Tab. 1).

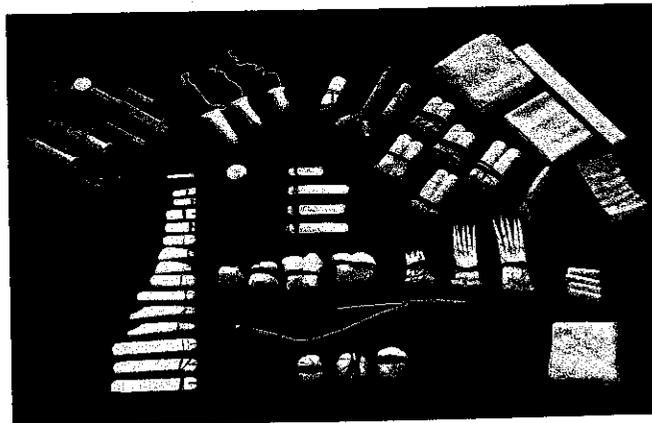


Abb. 1 Auswahl einiger gängiger, in Deutschland erhältlichen Nasentamponaden.

■ Erste Berichte über Nasentamponade bei den Assyrem.

■ Eine schmerzhafte Detamponade kann zu einem negativen Schlüssel-erlebnis werden.

Die Auswahl des Materials und die Anwendung der Tamponade wird v. a. nach Vorliebe, Erfahrung und Schule des Arztes vorgenommen. Bekanntermaßen kann das Einbringen oder Entfernen von Nasentamponaden unangenehm oder schmerzhaft sein. Aus diesem Grunde muss in Erinnerung gerufen werden, dass das Urteil unserer Patienten über den Gesamterfolg einer rhinologischen Behandlung maßgeblich beeinflusst wird von möglichen „Schlüssel-erlebnissen“ bei einer evtl. *schmerzhaften Detamponade* [3–11]. Eine diesbezügliche Optimierung hat fürsorgliche, aber auch betriebswirtschaftliche Aspekte [11,12].

Nasentamponaden verändern naturgemäß die nasale Physiologie, sie besitzen direkte und indirekte Nebenwirkungen – im Extremfall mit Todesfolge [12–17]. Auf die Pathophysiologie der tamponierten Nase wird daher im Folgenden einleitend eingegangen.

Tab. 1 Übersicht über eine Auswahl in der Bundesrepublik Deutschland gebräuchlichen Formen der Nasentamponade

	Beispiel – Handelsname (Stückpreis ca.)	Beispiel – Hersteller oder Vertrieb	Hauptbestandteil	Vorzugsweise eingesetzt	Tragekomfort	Schmerz bei Detamponade	Allergie gegen Bestandteile	Spezielle Komplikationen
Salbenstreifen-Tamponaden	Fortlaufender Salbenstreifen, z. B. Tampograss® 1 cm × 5 m (0,37–0,50 €)	Hartmann, Heidenheim	Fortlaufender Salbenstreifen mit verschiedenen Salben benetzt	OP, E, T	--	--	gegen Salbe und Jod möglich	-- [83] Paraffinom [139, 140] Pyogenes Granulom [161]
	Tamponade-bindende Salben-tamponade® 20 mm × 5 m (7,11 €)	Fesmed, Frankenberg						
	Posteriore Tamponade, z. B. AT-Gazetupfer® 15 × 15–25 × 25 mm, armiert, Rö (0,54–0,68 €)	Fesmed, Frankenberg	Gazetupfer, mit Fäden armiert	OP, E, T	--	--	gegen Salbe und Jod möglich	
Fingerlings-Tamponade	Nasen-Rachen-Bellocq® 30 × 30 mm–50 × 50 mm (4,15–4,92 €)	Spiggle & Theis, Dieburg						
	Hintere Epistaxis-Tamponade 100 × 15 × 25 mm (9,97 €)	Bess, Berlin						
	Rhinotamp® 50–80 × 10–20 × 10–25 mm, armiert (1,47–2,32 €)	Vostra, Aachen	Kautschuk (Hülle) Schaumstoff (Kern)	OP, E, T	++	++	Kautschuk/Latex	Aspiration mit Todesfolge [15]
	Nasentamponaden TRI-MED steril® 60 × 10 × 10–60 × 20 × 10 mm (1,69 €)	Heimomed, Kerpen						
	Gummifingerlinge® 50 × 10 × 10–80 × 20 × 20 mm (1,65 €)	Spiggle & Theis, Dieburg						
	Latexfreie Nasentamponaden 25 × 10 × 10–80 × 20 × 10 mm, armiert (2,08 €)	Spiggle & Theis, Dieburg	Polyurethan (Hülle) Schaumstoff (Kern)	OP, E, T	++	++	bisher nicht beschrieben	
Aufquellende Tamponaden	Merocel®, 45–80 × 15 × 20 mm (3,22–4,09 €), mit Atemröhrchen (5,31–6,13 €)	Xomed, Düsseldorf	Polyvinylacetal und Derivate	OP, E, T	++	+	möglich [132]	
	Ivalon® 45 × 10 × 20–80 × 15 × 30 mm (3,22–6,8 €), mit Atemröhrchen (5,31–8,33 €)	Bess, Berlin						
	Bi-Med Nasentamponade 120 × 30 × 10 mm (3,42 €)	Heimomed, Kerpen						
	Gerade Nasentamponade 35–100 mm lang (3,2–6,82 €) mit Atemröhrchen (5,32–8,27 €)	Spiggle & Theis, Dieburg						
	Expandacell 30–100 × 2–6 × 7 mm (7,79–10,2 €) mit Atemröhrchen 50–80 × 7 × 10 mm (10,22–19,27 €)	Mandell & Rupp, Erkrath	Polyvinylalkohol					
	Hydrocell 38–73 × 6–8 × 14–19 mm (8,87–10,2 €)	Mandell & Rupp, Erkrath	Polyurethan					
	Merocel 2000® 45 × 15 × 20–80 × 15 × 20 mm, armiert (6,96–4,06 €) mit Atemröhrchen (6,38–8,58 €)	Xomed, Düsseldorf	Polyvinylacetal/ Polyethylene	OP, E, T	++	+	möglich	
	RapidRhino®, Sinuknit® 20 × 10 × 3 mm (16–22 €)	Applied Therapeutics, Obernburg	Carboxymethylzellulose (Gel-hülle) mit oder ohne PVC/ Schaumstoff (Kern)	OP, E	0	0	bisher nicht beschrieben	
	Telfa® 75 × 50–200 mm (0,16–0,27 €)	Tyco Healthcare, Neustadt	Perforierter Polyesterfilm mit innen liegender Baumwolle	OP	-- [6]	++ [6]	bisher nicht beschrieben	

Fortsetzung nächste Seite

Tab. 1 Fortsetzung

	Beispiel – Handelsname (Stückpreis ca.)	Beispiel – Hersteller oder Vertrieb	Hauptbestandteil	Vorzugsweise eingesetzt	Tragekomfort	Schmerz bei Detamponade	Allergie gegen Bestandteile	Spezielle Komplikationen
Resorbierbare Tamponaden	Zellulose-Tamponaden: Tabotamp® 25 – 15 – 25 × 22 mm (11,90 – 84,95 €)	Johnson & Johnson, Neckargemünd	Regenerierte Zellulose	OP, E	0	(+) (Reste eventuell abzusaugen)	bisher nicht beschrieben	
	Sugomed®, Sugi® 12 × 10 – 15 × 13, 80 × 90 oder 200 × 15 mm (8,37 – 9,43; 2,89 – 5,49 €)	Kettenbach, Eschenburg	31,3% Zellulose, 68,7% Viskose					
	Gelatine-Tamponade: Gelita®-Tampon 10 × 10 × 10 – 80 × 50 × 10 mm (1,06 – 10,75 €)	BBD – Aesculap, Tuttlingen	Gelatine	OP, E	0	(+) (Reste eventuell abzusaugen)	bisher nicht beschrieben	Förderung von Granulationen [4]
	Gelaspon® (85 × 40 × 10 mm (1,61 – 1,42 €))	Dr. Mann Pharma, Berlin						
	Spongostan® 200 × 70 × 5 oder 70 × 50 × 10 mm (4,99 – 6,08 €)	Johnson & Johnson, Neckargemünd						
Pneumatische Tamponade	Hyaluronsäurehaltige Tamponade: Merogel® 40 × 40 mm (74,24 €)	Xomed, Düsseldorf	Hyaluronsäure/ PVA	OP, E	0	(+) (Reste eventuell abzusaugen)	bisher nicht beschrieben	Knochenapposition im Tiermodell erhöht [75]
	Epistaxiskatheter® mit integriertem Luftweg 97/120 mm (46,56 €), Post-Stop Epistaxis-Katheter (40,93 €)	Bess, Berlin	Silikon/ Silkolatex®	T			bisher nicht beschrieben	++ [83] Diplopie [86], Fraktur der L. papyracea [87] Perforation des weichen Gaumens [88]
	Choanalballon® 18 Ch. (27,50 €)	Rüsch, Kernen						
	Simpsons Epistaxisballon® (Eschmann) (15,6 – 18,24 €)	Heimomed, Kerpen						
	Ultra-Stat Epistaxis Katheter® n. Reuter (51,28 €) Post-Stat (38,10 €)	Spiggle & Theis, Dieburg						
	Nasal Postpac® Ballonkatheter (69,83 €)	Xomed, Düsseldorf						

Fortbildung

537

-/- schlechter als die untersuchte Alternative in einer Studie; +/+/+/+ besser als untersuchte Alternative in einer Studie; 0: keine Angaben in der verfügbaren Literatur. Vorzugsweise eingesetzt: OP: post-operativ; E: Epistaxis; T: Traumatologie. Preise per Stück (inkl. Mehrwertsteuer); Größe: Länge × Breite × Höhe; armiert mit Rückholfäden.

### Pathophysiologische Grundlagen: lokale und regionale Wirkungen der Tamponade

■ Die Tamponade bewirkt eine Fremdkörperreaktion.

Jede Tamponade wirkt auf Schleimhaut oder Wunden in einem individuellen Ausmaß als Fremdkörper. Bei intakter Mukosa kommt es zu einer gesteigerten Sekretion der seromukösen Drüsen und der Becherzellen. Der prozentuale Anteil der zilienbesetzten Schleimhaut nimmt um ca. 50% ab und die Schleimhautdicke nimmt auf etwa 5 mm zu [18].

Gravierender, aber seltener als die Fremdkörperreaktion dürfte eine toxische oder allergische Reaktion auf das Tamponadematerial sein (s. u.).

■ In Abhängigkeit der Maschengröße kann es zum Einwachsen von Granulationen kommen.

Beim Einsetzen oder Entfernen einer Tamponade können Schleimhautschäden erzeugt werden. Salbenstreifen besitzen z. B. eine Maschengröße von 0,7–3 mm. In diese Maschen oder in größere Poren von Schaumstofftamponaden kann mit zunehmender Liegedauer vermehrt Granulationsgewebe einwachsen. Als Grenzgröße der Poren für das

- Nasentamponaden fördern den epithelialen Wundverschluss.

- Nasentamponaden können im Schlaf zur verminderten Sauerstoffsättigung führen oder ein obstruktives Schlaf-Apnoe-Syndrom manifest werden lassen bzw. verstärken.

Einwachsen von Granulationen gelten 20–50 µm, da diese Größe von einwandernden Makrophagen benötigt wird [19]. Unreifes Knochengewebe wächst im Tierversuch in Poren ab 40 µm Durchmesser ein [20]. Dieses Gewebe wird bei der Detamponade abgeschert. Eine Blutung als Ausdruck der Wundsetzung mit Heilungsverzögerung ist die Folge, es treten Schmerzen auf [21, 22]. Glatte und geschlossene Oberflächen der Tamponade-Materialien verhindern diesen Effekt.

Jede Tamponade im Naseninneren wird bakteriell besiedelt. In das Innere eines Fingerringes gelangen die Keime aufgrund der geringen Porengröße des Materials (max. 0,01 µm) nicht [23]. In seltenen Fällen entsteht durch eine spezielle bakterielle Besiedelung das Toxic Shock Syndrom (s. u.).

Sind die genannten Lokalwirkungen der Tamponade gering, so soll sich ein günstiger Netto-Effekt auf die Wundheilung einstellen: Durch den äußeren Abschluss der Nase und eine „Okklusion“ von Wunden wird der Austrocknung und Bildung von Krusten oder Borken entgegengewirkt, der *epitheliale Wundschluss* wird beschleunigt [24–27]. Die natürliche, entzündliche Wundreaktion ist vermindert und die Bildung sekundärer Nekrosen wird verringert. Im späteren Wundheilungsstadium wird die Neigung zu Verklebungen und Verwachsungen reduziert [28, 29].

Zur Blutstillung oder zur Stabilisation des Nasengerüsts übt die Nasentamponade Druck auf die Schleimhaut aus. Sie wirkt damit dem Perfusionsdruck der Nasenschleimhaut entgegen, welcher im Kapillarbereich etwa 15–30 mmHg (im Mittel 25 mmHg) beträgt [30]. Insbesondere die Anwendung pneumatischer Tamponaden birgt die Gefahr, diesen Druck deutlich zu überschreiten und Drucknekrosen zu erzeugen.

Bei liegender Nasentamponade kommt es zu einer sekundären Tubenfunktionsstörung mit vermindertem Mittelohrdruck [31–33]. Diese Störungen lassen sich durch Anwendung von Atemhilfsröhrchen vermindern [32–34].

### Pathophysiologische Grundlagen: Wirkung der Nasentamponade auf nasale Reflexe und die Atemregulation

Eine anteriore oder posteriore Nasentamponade kann temporär zu einer *Verminderung der nächtlichen arteriellen Blutsauerstoff-Sättigung* führen [35–48]. Eine zusätzliche Sedierung des Patienten führt zu einer Steigerung des Effektes [37]. Über Tag ist die Reduktion geringer, aber dennoch merklich [49]. Die Entsättigung hält auch nach Detamponade noch eine Reihe von Stunden an, wobei auch hier eine gleichzeitige Sedation störend eingreift [49]. Bei Langzeit-Tamponaden bessert sich die O<sub>2</sub>-Sättigung allmählich und erreicht nach vier Tagen Normalwerte [39]. Der pCO<sub>2</sub> bleibt im Gegensatz zum Blutsauerstoff generell unverändert [35, 36, 39].

In manchen Literaturberichten erweisen sich die geschilderten Effekte der Tamponade als eher gering [50, 51]. Die hier zugrunde liegenden Daten wurden jedoch oft an gesunden Probanden gewonnen, so dass die Übertragung auf das Routine-HNO-Krankengut einer kritischen Interpretation bedarf.

Je nach Disposition des Patienten wird durch die Tamponade ein *Schlaf-Apnoe-Syndrom* manifest oder verstärkt [42, 45, 52, 53]. Pathophysiologisch werden neben einem verringerten Tonus der pharyngealen Muskulatur [40, 45] und einem gesteigerten Atemwegswiderstand [36] auch nasale Reflexe verantwortlich gemacht [35, 42], die aber bezüglich ihrer Relevanz kontrovers diskutiert werden [40].

Die Nase ist Ausgangspunkt einer Vielzahl von z.T. weniger gut definierten Reflexen [54,55]. In deren Regelkreise greift die Tamponade punktuell und zeitabhängig ein: über die erzwungene Mundatmung wird z.B. die Schleimhaut von Rachen und Kehlkopf (*N. laryngeus superior*) vermehrt stimuliert. Die Ausschaltung der nasalen Sensibilität nach Tamponade kann über eine lokale Anästhesie oder chirurgische Maßnahmen simuliert werden. Sie führt im Tierversuch zu Veränderungen der Ventilation, die nach ausschließlich posteriorer Tamponade nicht nachweisbar sind [56].

### Produktübersicht: Die drei wichtigsten Tamponade-Materialien sind aufquellende Tamponaden, Fingerlinge und Salbenstreifen

In der Bundesrepublik sind die drei wichtigsten Tamponade-Materialien aufquellende *Schaumstofftamponaden*, *Fingerlinge* und *Salbenstreifen* (d.h. mit Salben getränkte Baumwollgazestreifen).

Quellfähige Schaumstofftamponaden bestehen aus *Polyvinylacetal* (PVA) oder seinen Derivaten. Sie werden in vielerlei Größen und Formen angeboten. Geliefert werden sie in stark komprimierter Form meist als flache und rigide Stäbchen. Nach Einführen saugen diese das bis zu 20fache des Eigengewichtes an Sekret und Blut auf und expandieren dadurch gleichmäßig. Die Lösung von eingearbeitetem Kleber trägt zur Formänderung bei. Durch eine gezielte Wässerung kann die Aufquellung bei der Platzierung auf Kosten der verbleibenden Saugleistung gesteuert werden. Die Struktur des Schwammes soll eine minimale Restfunktion beim Atmen und Riechen erlauben [10]. Der vergleichsweise gute *Tragekomfort* kann durch Eingabe z.B. von Lidokainlösung nicht weiter verstärkt werden [57]. Durch eine zusätzliche Beschichtung der Außenflächen wird das Gewebstrauma bei der Detamponade vermindert und damit der Komfort verbessert. Um eine Entnahme ohne Provokation einer Blutung zu erzielen, soll der Schwamm jedoch in jedem Fall speziell gewässert und ein anschließendes Zeitintervall von 5 min abgewartet werden [10,57,58]. Eine vollständige Schmerzfreiheit wird dennoch oft nicht erreicht.

Prinzipiell ist für Wirkung und Nebenwirkung einer Nasentamponade die Kontaktfläche mit der Nasenschleimhaut maßgeblich (s.o.). Mit Blick auf diese Tatsache werden verbesserte Tamponaden aus Schaumstoff oder Ballons angeboten, die einen Mantel aus *Carboxymethylzellulose* tragen (*Rapid-Rhino\**). Nach Befeuchtung mit sterilem Wasser bildet sich aus der Zellulose ein relativ beständiges, gleitfähiges Gel, welches durch die *Förderung der lokalen Thrombozytenaggregation* darüber hinaus zur Blutstillung aktiv beiträgt. Tamponade und Detamponade sind wenig belastigend. Verbleibende Reste der Zellulose sollen nach 1–2 Wochen abgesaugt werden. Eine ausreichende Stabilität des Gewebemantels wird vom Hersteller über eingewebte Nylonfäden erzielt. Im Einzelfall ist das Verharken dieser Nylonfasern bei der Entnahme unangenehm. Vergleichende Studien zur Wirksamkeit sind in Arbeit, einer weiten Verbreitung steht derzeit vornehmlich der Preis im Wege. *Carboxymethylzellulose* ist ein bekannter *Trägerstoff* in der Pharmakologie – in der Nebenhöhlenchirurgie wird diese Eigenschaft in ersten Serien zur Wundbehandlung genutzt [59]: Die Wässerung der Tamponade erfolgt mit 250 mg Prednisolon in 20 ml sterilem Wasser für 1 Minute.

Zur Therapie stärkeren Nasenblutens ist eine Zellulose-Tamponade mit innenliegendem Ballon erhältlich. In ersten Untersuchungen zur Blutstillung zeigten sich gute Ergebnisse bei angenehmem Tragekomfort ohne wesentliche Komplikationen [60]. Wird der Ballon nur für 15 Minuten aufgeblasen, beherrscht man das Nasenbluten schon in ca. der Hälfte der Fälle [61].

■ Polyvinylacetal besitzt eine hohe Saugfähigkeit und einen guten Tragekomfort als Nasentamponade. Vor einer Detamponade sollte das Material unbedingt gewässert werden.

■ Carboxymethylzellulose fördert die lokale Thrombozytenaggregation und scheint gleichzeitig als Trägerstoff für Pharmaka benutzbar zu sein.

- Atemhilfsröhrchen können den Tragekomfort einer Nasentamponade verbessern.
- Gummifingerlinge sind in der Handhabung einfach, bergen aber die Gefahr der posterioren Dislokation.

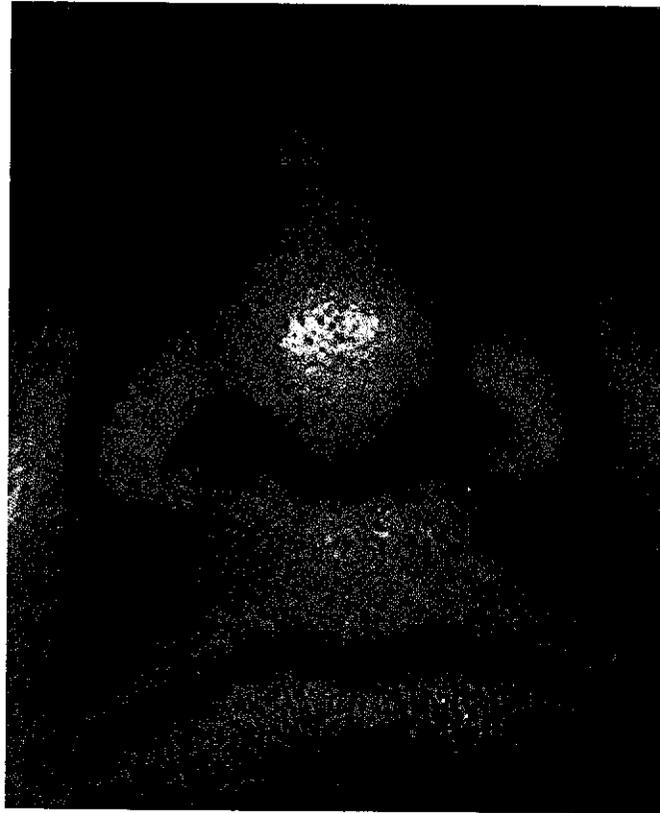


Abb. 2 Drucknekrose an der Columella durch die Armierung einer Fingerlingstamponade.

In alle Schaumstofftamponaden lassen sich vom Hersteller vergleichsweise leicht *Atemhilfsröhrchen* einarbeiten, die für einen erhöhten Tragekomfort sorgen und über eine Rest-Ventilation auch die sekundären Tubenfunktionsstörungen vermindern (Ivalon®, Merocel®) [32–34, 62–65]. Vermehrte Schleimhautschäden infolge der rigiden Röhrchen wurden nicht beobachtet [10]. Gleichartige Tamponaden lassen sich leicht auch selbst mit Hilfe von Einmal-Artikeln (Absaug-Schläuchen, Kinder-Intubationstuben) für andere gebräuchliche Tamponade-Formen herstellen [10, 66]. Patienten mit entsprechendem Vorwissen nehmen ein entsprechendes Angebot dankbar an [10].

*Gummifingerlinge* bestehen aus einem Schaumstoffkern mit Latexhülle. Sie müssen mit einer Fadenarmierung versehen sein, um die vergleichsweise leichte Dislokation zu verhindern. Hersteller raten daher zur stets beidseitigen Fingerlingstamponade und zu einer Verknotung der Haltefäden vor der Columella. Eine Einschnürung der Columella durch Fadenzug muss vermieden werden, sie kann zu Drucknekrosen führen (Abb. 2). Eine zweite Fixation der Fäden wird am Nasenrücken mit zwei Pflasterstreifen vorgenommen [67].

Die Fingerlinge sind kompressibel und elastisch. Eine Detamponade ist im Vergleich zu konventionellen PVA-Schwämmen weniger belastend und technisch deutlich einfacher [58, 68]. Als Sonderform sind „latexfreie“, farblich blau gekennzeichnete Tamponaden erhältlich, deren Beschichtung aus Polyurethan einer allergischen Reaktion gegen Latex vorbeugt. Sie sind jedoch vergleichsweise teuer (Faktor 2) und ihre etwas gröbere Form und geringere Gleitfähigkeit machen die Anwendung im Vergleich etwas schwieriger.

Salbenstreifen können mit verschiedenen Medikamenten getränkt werden. Die lokale Druckwirkung ist beim Einbringen individuell steuerbar, der Tragekomfort bleibt aber vergleichsweise gering.

■ Resorbierbare Tamponaden sind auf Basis von Gelatine oder Hyaluronsäure erhältlich. Eine Förderung von Granulationen wird für beide Materialien diskutiert.

Durch Tränken von *Baumwollgaze* in Vaseline, Jod- und antibiotikahaltigen *Salben* erzielt man eine ausreichende Gleitfähigkeit, eine Okklusionswirkung bei Wunden und erhofft sich Effekte bei der lokalen Infektophylaxe. Die Breite der Gaze liegt meist bei 1–4 cm. Bei kräftigen Blutungen ist die individuell angepasste Salbenstreifen-tamponade effektiver als Schaumstoffe oder Fingerlinge [69]. Da die Platzierung unangenehm ist, verlangen straffe Tamponaden v.a. bei Kindern eine Narkose. Auch nach dem Einsetzen verbleibt ein verminderter Komfort, Eingaben von Lidokainlösung bringen nur kurzfristige Linderung [70]. Die Entfernung einer Salbenstreifentamponade ist insgesamt schmerzhafter als diejenige anderer Tamponadearten [3–6, 58, 69, 71].

Wird ein gelegter *Baumwollstreifen ohne Salbe in eine perforierte PVC-Folie* (380 Poren der Größe  $0,051 \times 0,069$  cm per Inch<sup>2</sup>) eingeschweißt, so entsteht eine mäßig saugfähige Wundauflage mit verminderter Tendenz zur Verklebung. Dieses Produkt (Telfa®) wird vornehmlich in Großbritannien zur kurzfristigen, lockeren Tamponade der Nasenhaupthöhle eingesetzt. Der Tragekomfort ist gut, eine Detamponade wenig belästigend [6].

*Tamponaden aus resorbierbaren Materialien* wären prinzipiell vorteilhaft, da eine Detamponade entbehrlich ist. Wünschenswert ist eine vollständige Resorption ohne Auslösen von chronischen Fremdkörperreaktionen oder Entzündungen. Die derzeit verfügbaren Materialien werden i. d. R. nur punktuell im Naseninneren eingesetzt, um z. B. an speziellen Schlüsselstellen als okklusiver Wundverband zu dienen.

Produkte aus Zellulose oder ihren Derivaten, z. B. Surgicel® oder Oxycel®, wirken initial ähnlich wie die Schaumstoffe. Nach Herstellerangaben haben sie zusätzlich eine bakterizide Wirkung aufgrund eines lokalen sauren pH, eine blutstillende Wirkung über die Kompression hinaus und eine vergleichsweise starke Saugwirkung bei einer mäßigen Saugkapazität. Sie werden resorbiert bzw. mittels Hydrolyse abgebaut und zerfallen daher bei einem Versuch der Entnahme aus dem OP-Gebiet [72]. Nachteilig ist der starke Reiz zur Granulationsbildung.

Alternativ werden resorbierbare Tamponaden aus *Hyaluronsäure* (Merogel®) oder *Gelatine* (z. B. Gelaspon®, Gelfoam® oder Spongostan®) angeboten. Hyaluronsäure soll die Wundheilung verbessern und Synechien vermindern [73, 74]. Hyaluronsäure hat im Tierversuch zu einer unerwünschten Anregung der lokalen Knochenneubildung, einer verstärkten Fibrosierung und Entzündung von Schleimhautwunden geführt [75, 76]. Die Beobachtung sekundärer Sinusitiden nach Eingabe im mittleren Nasengang wird zum einen der unmittelbaren mechanischen Obstruktion von Drainagewegen zugeschrieben. Prinzipiell bekannt ist die Förderung von Granulationen nach Eingabe von Gelatine aus der Tränenwegs- [4] und Ohrchirurgie [77]. Diese Gewebereaktionen können zum anderen eine längerfristige Behinderung der Sekretwege mit sekundärer Sinusitis verursachen [78].

Eher als Versiegelung der Wunde denn als Tamponade wirkt eine Mischung aus Gelatine und Thrombin (Floreal®), die mit einer Spritze in das Naseninnere eingebracht wird. Die Gelatine-Thrombin-Matrix löst sich nach einigen Tagen. Floreal® soll eine schnell wirksame, örtliche Blutstillung im Naseninneren bei erhaltener Nasenatmung bewirken [79]. Nachteilig ist der hohe Preis und die Förderung von vermehrten Granulationen und Adhäsionen [80]. Im Tierversuch fand sich neben einer vermehrten Granulations- und Bindegewebsbildung eine Inkorporation in die Schleimhaut bei unvollständiger Resorption [76].

## Behandlung der bedrohlichen Epistaxis: die Ballon-Tamponade

- Ballon-Tamponaden: Reduktion der Wasserfüllung nach 20 Minuten minimiert das Risiko einer Drucknekrose.

*Ballon-Tamponaden* (Choanalballon®) werden nach Herstellerangabe mit 7–10 ml Wasser (Aqua dest./NaCl) gefüllt [81]. Vorteil ist der schnell und einfach erstellbare, höhere Druck zur Behandlung schwerer Blutungen aus der Nase oder in den Nasenrachen. Durch spezielle Vorkehrungen muss der Provokation von Schleimhautschäden (Nekrosen, Synechien) entgegengewirkt werden [82, 83] – unterbindet doch im Einzelfall bereits die Füllung mit ca. 1–3 ml die endonasale Schleimhautperfusion komplett durch einen Druckaufbau von 30–50 mmHg [84].

Prinzipiell können Ballon-Tamponaden sowohl mit Wasser als auch mit Luft („pneumatische Tamponade“) befüllt werden. Beide Varianten besitzen jedoch eine relativ geringe „therapeutische Breite“ zwischen notwendiger Blockung und Beeinträchtigen der Schleimhautperfusion. Der notwendige Druck ist in beiden Fällen „nach Gefühl“ schlecht einstellbar [82, 85–87]. Zur maximalen Anwendungsdauer der geblockten Ballon-Tamponade machen die Hersteller keine Angaben [81], die Literatur berichtet von Anwendungen zwischen 2 und 3 Tagen [88, 89]. Eine Wasserfüllung sollte mindestens alle 8–12 h für einige Minuten abgelassen werden soll [88]. Andere Autoren empfehlen die engmaschige Kontrolle und die Entblockung so früh wie möglich, spätestens jedoch nach 2 h [90]. Da bei Wasser-Blockung das Risiko von Drucknekrosen größer als bei Luftfüllung zu sein scheint, raten wir zur Reduktion der Wasserfüllung nach 20 Minuten. Zur Beobachtung kann die druckgeminderte oder entblockte Tamponade weiter in situ verbleiben [86, 91]. In diesem Zustand ist sie jedoch mobil – Dislokationen mit Todesfolge wurden beschrieben [17]. Die Tamponade muss z. B. mittels Pflaster oder Klemme [92] gesichert werden. Die posteriore Ballon-Tamponade verursacht im Vergleich zur konventionellen Bellocq-Tamponade ein geringeres Gaumenödem [36] und ist daher zu bevorzugen.

## Wie lange soll eine Tamponade nach Routine-Eingriffen belassen werden?

- Liegedauer: Nach Septumchirurgie oft 24 h ausreichend, nach Turbinoplastik längere Liegedauer vorteilhaft.

Nach routinemäßigen Eingriffen im Naseninneren oder bei Epistaxis werden Tamponaden i. A. über 2 Tage belassen [90, 93, 94]. Im Rahmen von Studien wurden *Liegedauern* von 1 bis 6 Tagen untersucht [32, 46, 95, 96], in Einzelfällen bis 3 Wochen [28, 29]. Der Zeitraum wird gewählt nach Indikation, Befinden des Patienten, Risikoprofil und erwarteten Auswirkungen auf die Wundheilung. Auch organisatorische und wirtschaftliche Gesichtspunkte mögen eine Rolle spielen.

Patienten mit Tamponade beider Nasenhaupthöhlen klagen häufig über Kopfschmerzen, Schluckbeschwerden, Mundtrockenheit, Schlafstörungen und eine postnasale Nasensekretion [31–33, 97]. Mindestens 48 h vergehen bis zu einer ausreichenden Gewöhnung an die erzwungene Mundatmung [39]. Oft wird bei Liegedauer länger als 48 h eine Abnahme, zumindest aber ein Gleichbleiben der Beschwerden beobachtet [39, 98]. Eine Besiedelung v. a. mit Staph. aureus oder gram-negativen Bakterien (Klebsiella, Proteus) erzeugt einen unangenehmen Geruch, sie hat im Allgemeinen jedoch keinen Krankheitswert [99].

Die oben dargestellten Eigenschaften der verschiedenen Materialien einer Nasentamponade akzentuieren sich mit der Liegedauer, so dass bei kurzer Liegedauer die Ergebnisse verschiedener Tamponadearten vergleichbar sind [6, 67, 68, 71, 82, 100, 101]. Generell profitieren Patienten mit größeren Wundflächen von einer Nasentamponade: Während nach *Septumchirurgie* die Rate der Nachblutungen oder Hämatome bei einer Liegedauer von 24 und 48 h vergleichbar war [102], erwies sich eine längere Liegedauer nach *Turbinoplastik* bei Anwendung von Fingerlingen oder Salbenstreifen als vorteilhaft [103, 104].

## Spezielle Nebenwirkungen der Tamponade: Lokale Wundinfekte, „Toxic Shock Syndrom“ (TTS)

Das Toxic Shock Syndrom ist eine durch *Staphylococcus aureus* verursachte Multiorganerkrankung.

Eine seltene, aber ernste Folgeerkrankung aller Tamponaden stellt das „Toxic Shock Syndrom“ dar. Es wurde nach verschiedenen rhinologischen Operationen mit und ohne Einlage von Nasentamponaden beobachtet. Seine Inzidenz beträgt für alle Nasenoperationen etwa 16/100 000 [105 – 112]. Nach einer lokalen Infektion mit *Staphylococcus aureus* kommt es zu einem prinzipiell lebensbedrohlichem Krankheitsbild mit Fieber, Hypotension, Erbrechen, Diarrhö und schuppendem Exanthem. Die ersten Symptome dieser *Multiorganerkrankung* treten bei Verwendung einer Tamponade oder Splints meist binnen 48 h und selten mit einer Latenz von Tagen bis Wochen nach dem rhinochirurgischen Eingriff auf [112]. Zur Diagnosestellung müssen vier Hauptkriterien und drei Nebenkriterien nachweisbar sein (vgl. Tab. 2).

Tab. 2 (nach [112]): Symptome des Toxic Shock Syndrome

Fieber	größer 38,9 °C
Erythem	diffuses makuläres Erythem
Schuppung	1–2 Wochen nach Erkrankungsbeginn, besonders an Handflächen und Sohlen
Hypotension	systolischer Blutdruck kleiner 90 mmHg für Erwachsene oder unter der fünften Alters-Perzentile von Kindern, orthostatischer diastolischer Druckverlust größer 15 mmHg bei Lagewechsel vom Liegen zum Sitzen, orthostatische Synkope
<b>Multiorganbeteiligung (drei oder mehr Kriterien müssen vorhanden sein):</b>	
Gastrointestinal	Erbrechen oder Diarrhö bei Einsetzen der Erkrankung
Muskulär	schwere Myalgien, CK-Erhöhung auf das Zweifache des oberen Normwertes
Schleimhäute	Hyperämie im Bereich der Konjunktiven, des Oropharynx oder der Vagina
Niere	Harnsäure oder Kreatinin über dem Zweifachen des Normwertes oder Urinsediment mit Pyurie in Abwesenheit einer Urogenitalinfektion
Leber	totales Bilirubin, ALAT oder ASAT über dem Zweifachen des Normwertes
Hämatologisch	Thrombozytopenie kleiner 100 000/µl
ZNS	Desorientierung, Bewusstseinsstörung ohne fokal-neurologische Symptomatik
Serologie	Fieber oder Hypotension
	negative Nachweise gegen Leptospirose, Masern und Rocky Mountain spotted fever

### Eine glatte Oberflächenstruktur einer Nasentamponade behindert die Toxinbildung

Als pathogenetischer Faktor wird die lokale Toxinproduktion durch *Staphylokokkus aureus* angesehen [113]. Eine glatte Oberflächenstruktur der gewählten Nasentamponade behindert die bakterielle Besiedelung und die *Toxinbildung*. So ist die Toxinproduktion bei Verwendung einer PVA- gegenüber einer Salbenstreifentamponade nachweislich verringert [96, 114, 115].

Das Toxic Shock Syndrom [116, 117] kann weder durch antibiotikahaltige Salben noch durch die systemische Antibiotikaphylaxe [105, 108, 116] nachweislich vollkommen vermieden werden. Zur Prävention ist eine kurze Liegedauer der Tamponade ratsam. Bei Risikopatienten und Revisionsoperationen wird man dennoch versuchen, über eine systemische *Antibiotikatherapie* lokale Wundinfekte zu verhindern [118].

Bei Verdacht auf eine relevante Wundinfektion oder sogar ein Toxic Shock Syndrom sind die sofortige Detamponade, antibiotische Therapie und intensivmedizinische Überwachung angezeigt.

- Schlaf-Apnoe-Syndrom: pulsoxy-metrische Überwachung, frühest-mögliche Detamponade, Fortsetzung einer CPAP-Therapie über Mundstück.

- Allergische Reaktionen wurden bei antibiotikahaltigen Salben, Latex- und PVA-Tamponaden beschrieben.

## Schlaf-Apnoe-Syndrom und Nasentamponade

Eine zweite für den vorliegenden Sachzusammenhang wichtige Komplikation stellt das dekompensierte *Schlaf-Apnoe-Syndrom* (OSAS) dar. OSAS kann durch eine vordere oder hintere Nasentamponade verschlechtert oder erstmals apparent werden (vgl. oben) [42, 45, 53]. Plötzliche Todesfälle sind bekannt, gefürchtet sind Fälle mit vermeintlich leerer Anamnese [36, 53]. Prädisponierende Faktoren sind Adipositas, Tonsillenhypertrophie, Adenoide, Mikrognathie und Akromegalie [45]. In allen Verdachtsfällen muss eine verstärkte *postoperative Überwachung*, z. B. mittels Pulsoxymetrie, erfolgen. Die Detamponade wird frühestmöglich ausgeführt, möglicherweise stellen Atemhilfsröhrchen bei leichten Fällen eine gewisse Hilfe dar. Für eindeutige oder signifikante Verdachtsfälle werden eine postoperative Intensiv-Überwachung und eine temporäre *CPAP-Maskenbeatmung über Mundstücke* oder eine kontinuierliche, niedrig dosierte Sauerstoffapplikation empfohlen [40, 67, 119–121].

## Allergische Reaktionen auf Nasentamponaden

In den letzten Jahren ist ein Anstieg der Häufigkeit von *Latex-Gummi-Allergien* beobachtet worden [122–125]. Ursächlich ist unter anderem der Ersatz von Talkum durch Stärkepolver [126], die größere Verbreitung von Latexprodukten und die Verwendung neuer Latexpräparationen mit höherer Allergenität [122, 124, 125, 127, 128]. Bei Patienten mit bekannter oder vermuteter Latexallergie muss die Einlage einer Fingerlingstamponade streng vermieden werden, da durch sie eine lebensgefährliche Sofortreaktion (Typ I) u. a. mit Bronchialobstruktion, Quincke-Ödem und kardiovaskulärer Reaktion ausgelöst werden kann [122, 125].

Selten tritt auch eine Allergie gegen Polyvinylchlorid (PVC) oder Polyvinylacetal auf [129–132]. In einem Fall trat eine Septumperforation auf [132]. Wir raten daher von der Verwendung von Schaumstoff-Tamponaden jeder Art bei multi-allergischen Patienten und natürlich bei Patienten mit bekannter Allergie gegen Latex, PVC oder PVA ab. Eine Alternative sollen „latexfreie“ Tamponaden aus Polyurethan darstellen, die farblich eindeutig gekennzeichnet sind und im Wirkprofil den Fingerlingstamponaden vergleichbar sind (s. o.).

## Paraffinom und Sphäruulozytose

Weitere Komplikationen von Nasentamponaden sind Paraffinome [133–141] und Sphäruulozytose (auch Myospherulose genannt) [142–144]. Klinisch bedeutsame Paraffinome des Gesichts haben eine Verletzung z. B. der *L. papyracea* zur Voraussetzung. Salbenbestandteile (Paraffin) werden von der Wunde im Naseninneren erwärmt, gelöst und aufgenommen. Sie können durch lokale Verletzungen der Periorbita z. B. in die Lid-Weichteile transportiert und dort dauerhaft deponiert werden. Die Folge sind z. T. kosmetisch sehr auffällige „Paraffinome“. Sie können nur chirurgisch angegangen werden, die Resultate sind oft enttäuschend.

## Nasentamponaden für Kinder und geriatrische Patienten

Säuglinge sind obligat auf die Nasenatmung angewiesen [45]. Daher ist das bei Kleinkindern im Schlaf beobachtete Absinken der arteriellen Sauerstoff-Sättigung unter Nasentamponade als schwer wiegender zu werten [145]. Da alle Kinder eine Detamponade als sehr unangenehm erleben und mit einem Vermeidungsverhalten gegenüber Ärzten allgemein reagieren können, sollte man bei Kindern weitestgehend auf eine

Nasentamponade verzichten oder Fingerlingstamponaden (evtl. mit Atemröhrchen) verwenden [146]. Vergleichende Untersuchungen für verschiedene Tamponaden bei Kindern fehlen.

Geriatrische Patienten besitzen eine hohe Inzidenz an kardio-pulmonalen Grunderkrankungen und erleiden häufig, auch medikamentös begünstigt, eine Epistaxis [88,147 – 149]. Ihre Multimorbidität erhöht die Gefahr einer passageren Hypoxie unter liegender Nasentamponade. Im Einzelfall ist ggf. eine Überwachung mittels Pulsoxymetrie ratsam [43,46,150]. Vorteilhaft wäre eine Tamponade mit Atemröhrchen und möglichst kurzer Liegedauer.

#### <-- Mediko-legale Aspekte

Die plötzliche und vollständige Aufhebung der Nasenatmung greift erheblich in die menschliche Physiologie ein. In Zusammenwirken mit Vorerkrankungen, speziellen Dispositionen und Komplikationen wurde eine Reihe plötzlicher Todesfälle der Tamponade beschrieben [15,151,152].

Unmittelbar lebensbedrohlich ist die *posteriore Dislokation* einer Nasentamponade. Sie stellt die in mediko-legaler Hinsicht wichtigste Komplikationen dar. Während sich ein Verrutschen nach dorsal beim wachen Patienten z.B. durch eine Fremdkörpergefühl, Husten oder Atemnot ankündigt bzw. bemerkbar macht, sind Todesfälle v.a. im Schlaf oder in der postoperativen Aufwachphase durch ein Zusammenspiel der Atemwegsverlegung mit vagalen Reflexen mehrfach beschrieben worden [15,36]. Alle Formen der Tamponade, die zur Dislokation neigen, müssen in dieser Hinsicht speziell gesichert werden. In besonderem Maße gilt diese Verpflichtung für die rutschigen Fingerlinge [15]. Für konfektionierte Schaumstofftamponaden liegen keine speziellen Literaturberichte über bedrohliche Dislokationen vor. Unklar ist die Sachlage bei voluminösen resorbierbaren Tamponaden. Bei Einlage posteriorer Nasentamponaden wurden speziell bei modifizierten Foley-Kathetern [17] Todesfälle berichtet. Besondere Gefahr besteht in jedem Fall bei anteriorer und posteriorer Tamponade mit gleichzeitiger Sedation des Patienten [36]. Daher sollte hier eine intensivierete Überwachung erfolgen und bei plötzlichem Auftreten eines Abfalls der Sauerstoffsättigung differenzialdiagnostisch immer auch an die posteriore Dislokation der Tamponade gedacht werden.

Da die Nasentamponade eine Maßnahme mit Einschränkungen der Lebensqualität und spezifischen, ggf. letalen Komplikationen ist, sind Überlegungen berechtigt, eine spezielle Aufklärung im Einzelfall vorzusehen [153,154]. Aufgrund eigener mediko-legaler Erfahrungen wurde ein Informations- und Aufklärungsblatt erarbeitet, das im Internet abgerufen werden kann ([www.rainerweber.de](http://www.rainerweber.de)). Es kann in Sonderfällen helfen, den behandelnden Arzt zu schützen.

#### Ökonomische Aspekte

Die Frage, inwieweit ein Patient mit liegender Nasentamponade ambulant betreut werden darf, lässt sich derzeit nicht abschließend und für alle Behandlungssituationen beantworten. Der Handlungsspielraum des HNO-Arzt wird individuell durch die Art und Größe der Tamponade, die ein- oder beidseitige Applikation, Fixierung mit Haltefäden, Alter, Grund- und Nebenerkrankungen des Patienten (Ausmaß der Blutung, Erstereignis, Risikofaktoren, Nebenerkrankungen, Alter, Krankheitseinsicht) sowie dessen mutmaßliche Compliance und das soziale Umfeld (alleinlebend, Wohnort, Verkehrsanbindung) vorgegeben.

■ Die posteriore Dislokation ist eine potenziell lebensbedrohliche Komplikation.

Bei Fingerlings-Tamponaden ist die ambulante Behandlung wegen der höheren Neigung zur posterioren Dislokation nicht ratsam.

- Patienten mit posteriorer Nasentamponade sollten auf einer Wachstation untergebracht werden.

... Aussagen über nichtarmierte Schaumstofftamponaden sind nicht möglich, es fehlen spezielle Literaturberichte. Vorbehaltlich weiterer Informationen steht der ambulanten HNO-Behandlung mit diesen Tamponaden prinzipiell nichts im Wege. Eine spezifische Aufklärung ist anzuraten. Varianten mit spezieller Armierung sollten vorgezogen werden.

Generell gilt, dass Patienten mit *posteriorer Nasentamponade* stationär betreut werden. Die Überwachung wird notwendig, da die Blutung meist schwer und die pathophysiologische Dysregulation (z. B. hypoxische Verwirrungszustände) relevant sind (s. o.) [36]. Die Überwachung endet, wenn das Gaumenödem nach Detamponade abgeklungen ist [36]. Stationär behandelte Patienten mit posteriorer Tamponade können prinzipiell auf einer *Normal-, Wach- oder Intensivstation* beobachtet werden. Fehlen spezielle Begleiterkrankungen, so scheint eine Wachstation oder ein ähnlich ausgerüstetes Behandlungszimmer ausreichend zu sein [89].

Blutungen nach Detamponade treten zu 90% binnen der ersten vier Stunden nach Entfernen des Tamponadematerials auf [155, 156]. In geeigneten Fällen kann man die postoperative Verweildauer des Patienten an diese Gegebenheit anpassen und den Krankenhausaufenthalt kostenwirksam verkürzen [156].

Kommt es bei liegender Nasentamponade zu einer erneuten Epistaxis, so ist in erster Linie die frühzeitige operative Intervention indiziert. Sie verkürzt den stationären Gesamt-Aufenthalt und spart sekundäre Kosten ein (z. B. Transfusionen) [157, 158]. Im Einzelfall kann eine interventionelle radiologische Maßnahme alternativ eingesetzt werden.

Zusammenfassend verlangt die Auswahl der Tamponade Fingerspitzengefühl, die Anwendung der verschiedenen Hilfsmittel oder Methoden oft Übung. Momentan existiert weder zum Material noch zur Liegedauer ein medizinischer Standard. Der Trend geht von der herkömmlichen, z. T. schwierig einzubringenden Salbentamponade [159] hin zu einfach applizierbaren und den Patienten wenig belastenden Formen der Nasentamponade. Neuentwicklungen mit Förderung der postoperativen Wundheilung und erhöhtem Patientenkomfort, zum Beispiel durch Wegfall der Detamponade, sind in Entwicklung.

Der Markt der Nasentamponaden befindet sich derzeit unter ständiger Veränderung. Zwischen Einreichen des Manuskriptes und Drucklegung ergaben sich folgende wesentliche Neuerungen:

Carboxymethylcellulose-Tamponaden sind jetzt als schneller auflösendes Vlies erhältlich. Dieses soll sich binnen 3–5 Tagen ganz auflösen. Ein Gel zur lokalen Applikation ist in Vorbereitung. Erste Anwendungen des Geles verliefen viel versprechend [161]. Zeitgleich für 9/2004 geplant ist die Einführung von RapidRhino®-Tamponaden mit Atemröhrchen.

Ferner ist Nasopore® (Polyganics, Groningen), eine binnen drei Tagen sich auflösende, synthetische Tamponade aus einer Mischung von 30% Polyethylenglykol, 70% Lactide und Glycolide und 1% Polyurethan erhältlich. Die zwei Formen „Standard“ für die postoperative Anwendung und „Forte“ für die Therapie der Epistaxis kosten pro Stück 19–45 Euro und sollen einen hohen Patientenkomfort aufweisen.

#### Danksagung

Die Verfasser danken den Firmen Applied Therapeutics, Bess, Heimomed, Johnson & Johnson, Rüscher, Vostra und Xomed für die Bereitstellung von Probeexemplaren.