

Die Spontanluxation von Hüftgelenkmodellen im Vakuum als indirekter Beweis für die permanente hüftstabilisierende Wirkung des atmosphärischen Druckes

Prietzl T.¹, Kaßbaum E.², Thomas L.³, Schleifenbaum S.², Hammer N.⁴, Grunert R.⁵

¹Orthopädische Universitätsklinik Leipzig, ²Gelenkphysikalisches Labor Leipzig, ³Institut für Biophysik Leipzig, ⁴Institut für Anatomie Leipzig, ⁵Fraunhofer IWU Dresden

Fragestellung

Die hüftstabilisierende Wirkung des atmosphärischen Druckes wurde 1836 durch die Gebrüder Weber experimentell nachgewiesen (1). Die permanente Wirksamkeit dieses Effektes wird bis heute angezweifelt, indem eine Zugkraft und der daraus resultierende Unterdruck im Gelenkspalt als obligate Voraussetzungen postuliert werden (2). Ein Unterdruck kommt jedoch im Hüftgelenk unzweifelhaft nur selten vor. Die vorliegende Studie sollte überprüfen,

ob der atmosphärische Druck das Hüftgelenk permanent und unabhängig von der Existenz eines intraartikulären Unterdruckes stabilisiert. Zu diesem Zweck sollte die Spontanluxation verschiedener Hüftgelenkmodelle demonstriert und analysiert werden, die bei starker Verminderung des Umgebungsdruckes (Eliminierung des atmosphärischen Druckes, Vakuum) aus dem Dampfdruck der Gelenkflüssigkeit resultiert.

Methoden

- Aufbau der Gelenkmodelle von 22, 28, 32, 36, 40 sowie 44 mm Durchmesser aus Polyethylen-Prüfkörpern (Sonderanfertigung, bezüglich der Gelenkfläche mit realen Pfannen identisch, zentrale Bohrung mit Schlauchverbindung), Keramikköpfen „BioloX delta“ und Halsmodulen aus Aluminium (Abb. 1)
- Montage einer weit bemessenen, faltig aufliegenden, die Gelenke dicht umschließenden Gummikapsel (Abb. 2), Entlüftung und Befüllung mit geringer Menge physiologischer Kochsalzlösung
- Verbindung mit einem Wegaufnehmer zur Messung der Dislokation und einem Drucksensor zur intraartikulären Druckmessung (Abb. 3)
- Aufstellung in einem Glasgefäß, dessen Binnendruck mit einer Vakuumpumpe abgesenkt und mit einem Drucksensor gemessen werden konnte (Position: Pfanne unten - alternativ oben, Abb. 4)
- im Versuchsablauf kontinuierliche Messung der Dislokation, des intraartikulären und des Umgebungsdruckes, während der Binnendruck im Glasgefäß von atmosphärischem Druck bis auf 0,5 kPa abgesenkt und anschließend wieder normalisiert wurde



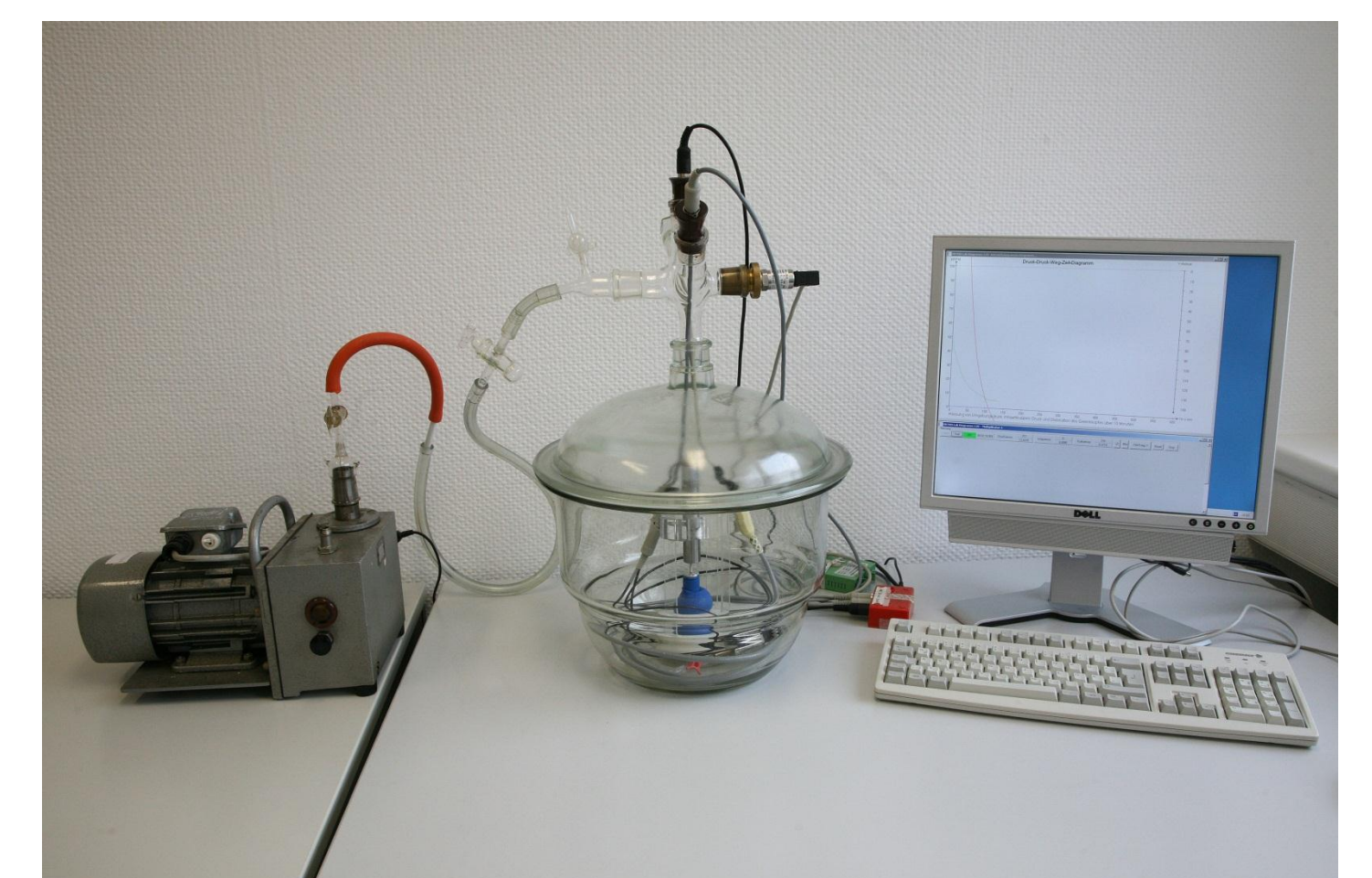
▲ Abb. 1: Gelenkköpfe in Pfannenkörpern mit Schlauch



▲ Abb. 2: gekapselte Gelenkmodelle (d= 28, 32 u. 36mm)



▲ Abb. 3: Gelenkmodelle, links mit Weg- u. Drucksensor



▲ Abb. 4: Versuchsaufbau im evakuierbaren Glasgefäß

Ergebnisse

- bei zehnfacher Untersuchung der sechs Gelenkmodelle führte die Absenkung des Umgebungsdruckes unter 10 kPa stets zur langsamen Auftreibung der Gelenkkapsel (Abb. 5, in Abb. 5-7 zusätzliche Darstellung eines Manometers mit Relativdruckanzeige)
- bei einem Umgebungsdruck <3 kPa kam es schließlich zur Gelenkdislokation, wobei die Schwerkraft des Gelenkkopfes überwunden wurde (Abb. 6)
- bei Druckerhöhung über 3 kPa rasche Minimierung des Kapselvolumens und somit dauerhafte Gelenkreposition (mit Unterstützung der Schwerkraft des Kopfes) (Abb. 7)
- intraartikulärer Druck initial und bei Versuchsende jeweils identisch mit Umgebungsdruck (Abb. 8)
- während der Absenkung des Umgebungsdruckes zeigte der intraartikuläre Druck stets etwas höhere Werte als dieser und erreichte Minimalwerte, die mit 4-5 kPa etwas höher lagen als der Dampfdruck der als Gelenkflüssigkeit eingesetzten physiologischen Kochsalzlösung (Abb. 8)
- bei inverser Versuchsanordnung (Pfanne oben) analoger Versuchsablauf, dabei Luxation mit Unterstützung der Schwerkraft des Kopfes und Reposition gegen diese



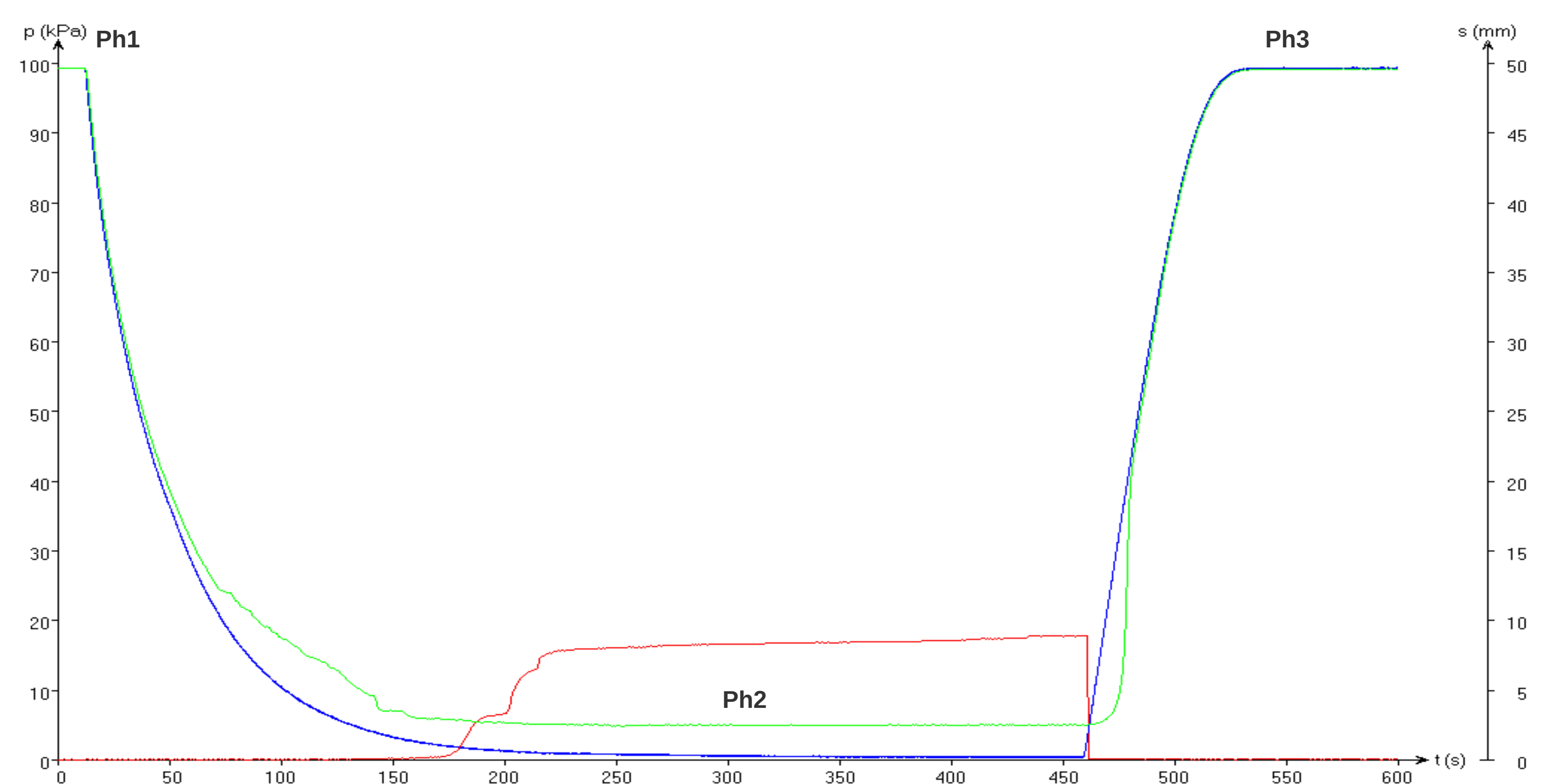
▲ Abb. 5: Gelenk initial zentriert (Ph1)



▲ Abb. 6: Gelenk disloziert (Ph2)



▲ Abb. 7: Gelenk rezentriert (Ph3)



▲ Abb. 8: Messwerte (blau - Umgebungsdruck, grün - intraartikulärer Absolutdruck, rot - Dislokation)

Schlussfolgerungen

Hüftgelenkmodelle ohne externe mechanische Krafteinwirkung werden im Vakuum durch den Dampfdruck der Gelenkflüssigkeit unter geringer Mitwirkung der gelösten Luft disloziert und durch eine Erhöhung des Umgebungsdruckes dauerhaft reponiert. Dies beweist die permanente hüftstabilisierende Wirkung des atmosphärischen Druckes, dessen Stellenwert in Relation zu anderen hüftzentrierenden

Kräften durch weitere Untersuchungen geklärt werden muss. Ein intraartikulärer Unterdruck war für den gezeigten Effekt nicht erforderlich. Die Nutzung der permanenten hüftstabilisierenden Wirkung des atmosphärischen Druckes in der Hüftendoprothetik durch Kapselrekonstruktion und Verwendung größerer Gelenkpartner führt praktisch zur Reduktion der HTEP-Luxationsgefahr (3).

Literatur:

- Weber E, Weber W. Über die Mechanik der menschlichen Gehwerkzeuge nebst der Beschreibung eines Versuches über das Herausfallen des Schenkelkopfes im luftverdünnten Raume. Ann Phys Chem 1837; 40: 1-13
- Prietzl T, Drummer N, Richter KW, Pilz D, von Salis-Soglio G. Die Weberschen Versuche zur hüftstabilisierenden Wirkung des atmosphärischen Druckes – ein historischer und experimenteller Rückblick. Z Orthop Unfall 2008; 146: 644-650
- Prietzl T, Richter KW, Pilz D, von Salis-Soglio G. Die stabilisierende Wirkung des atmosphärischen Druckes auf das Hüftgelenk bei Einwirkung einer Zugkraft – eine experimentelle Studie. Z Orthop Unfall 2007; 145: 468-475