

การศึกษาเส้นทางลูกกระสุนปืนเกี่ยวข้องกับการเข้าแทนที่ของอนุภาคผิวหนัง
และแบคทีเรียจากทางออกส่วนที่มีการย้อนกลับของเส้นทางกระสุนปืน

B. Vennemann & M. Große Perdekamp &

B. P. Kneubuehl & A. Serr & S. Pollak

Received: 18 January 2006 / Accepted: 2 May 2006 / Published online: 14 June 2006

บทคัดย่อ

การศึกษาเส้นทางลูกกระสุนปืนเกี่ยวข้องกับการเข้าแทนที่ของอนุภาคผิวหนัง และแบคทีเรียจากทางออกส่วนที่มีการย้อนกลับของเส้นทางกระสุนปืน โดยมีวัตถุประสงค์ที่จะทำการใช้ Gelatin block เป็นลักษณะลิ่เหลียมผืนผ้า และผิวหนังหมู โดยจะนำผิวหนังหมูไปติดไว้กับทางออกของ Gelatin block นั้น ก่อนทำการทดสอบ จะนำหนังหมูที่มีส่วนผสมของแบคทีเรียที่กำหนดไว้ ทำให้แห้ง แล้วทำการยิงทดสอบโดยใช้ปืนชนิด calibre .38 ยิ่งด้วยกระสุนชนิดแตกต่างกัน ต่อมาวิเคราะห์พบว่าการยิงทั้งหมดด้วยการผ่านทะลุของแบบที่กำหนดขึ้น เส้นทางลูกกระสุนที่มีการแทนที่ด้วยอนุภาคผิวและเชื้อจุลินทรีย์จากผิวที่ทางออก เหล่านี้สามารถตรวจพบเป็นประจำตามเส้นทางใน 6-8 ซม. ส่วนปลายของเส้นทางรอยกระสุน บางครั้งระยะห่างถึง 18 ซม. จากรูทางออก การกระจายของอนุภาคผิวและจุลินทรีย์ จะถูกนำเสนอ และกลไกที่เป็นไปได้ของการขนส่งถอยหลังนี้จะกล่าวต่อไป

คำสำคัญ บาดแผลทางออกของกระสุน, วิถีกระสุน, การปนเปื้อนของแบคทีเรีย, แบบที่กำหนดขึ้น

บทนำ

บาดแผลจากอาวุธปืนนั้นมีความหลากหลาย โดยบาดแผลจากรอยกระสุนปืนทางออกโดยที่มีการฉีกขาดของผิวคล้ายดาวบางครั้งกลม หรือรูปร่างผิดปกติ ในอีกทางหนึ่งที่บาดแผลทางเข้าลูกกระสุนปืนมีลักษณะโดยทั่วไปที่สามารถแสดงถึงการสูญเสียความสามารถในการเกิดขึ้นใหม่และการแทนที่ที่เสื่อมลงของผิวหนังในการแทนที่ของส่วนที่มองเห็นได้และผิวหนังส่วนเล็กๆนอกจากนี้ยังมีการแสดงให้เห็นว่าเชื้อจุลินทรีย์จากผิวทางเข้าไปตามความยาวทั้งหมดของวิถีกระสุน จึงอาจเป็นแหล่งของการติดเชื้อในเหยื่อที่ถูกลูกกระสุนปืน นอกจากนี้ยังมีการแสดงให้เห็นว่าเชื้อจุลินทรีย์จากผิวทางเข้าไปตามความยาวทั้งหมดของวิถีกระสุน จึงอาจเป็นแหล่งของการติดเชื้อในเหยื่อที่ถูกลูกกระสุนปืน

ภายใต้เงื่อนไขที่ปกติของผิวของทางเข้าและพื้นที่ออกเป็นอาศัยของโคโลนิจุลินทรีย์ประจำถิ่น ดังนั้นการศึกษาปัจจุบันได้ดำเนินการตรวจสอบว่าในระยะกระสุนปืนทดลอง เชื้อจุลินทรีย์สามารถแทนที่ในทิศทางที่เสื่อมลงจากผิวของพื้นที่ออกกลับสู่เส้นทางรอยกระสุนจึงสร้างแหล่งต่อการติดเชื้อในบาดแผลลูกกระสุนปืน ในการทดลองก่อนหน้านี้เราใช้แบบผสมของเจลาคตินและผิวหนังหมูสำหรับแบบในการทดสอบ

ประเภทต่างๆของกระสุน การทดสอบเบื้องต้นได้ดำเนินการโดยใช้บล็อกและเจลลาตินและผิวหนังปนเปื้อนด้วยโปรตีนเรืองแสงสีเขียว (GFPuv) – ที่มีแบคทีเรียเพื่อศึกษาว่าการขนส่งทางกลับของจุลินทรีย์กลับสู่เส้นทางกระสุนปืนสามารถแสดงให้เห็นในชุดทดสอบ ในการทดลองชุดหลักแสดงถึงอนุภาคขนาดใหญ่ของผิวหนังที่มองเห็นได้และการกระจายของจุลินทรีย์ในแนวแผลจากการตรวจสอบ โดยการใช้ *Staphylococcus epidermidis* ที่ปนเปื้อนบนผิวหนังของพื้นที่ทางออก

เครื่องมือและวิธีการ

ออกแบบการทดลอง

สำหรับแบบการทดลอง ก้อนเจลลาตินถูกวัดให้มีขนาด $26 \times 12 \times 12$ ซม. เตรียมตั้งที่อุณหภูมิก่อนหน้านี้ สำหรับการยิงทดสอบแต่ละชิ้นของผิวหนัง (25×10 ซม. ขนาด) จากพื้นที่ในส่วนท้องของสุกรที่ถูกฆ่า ก่อนทดสอบดั่งที่เคยอธิบายและแน่ใจว่าได้มีลูกกระสุนปืนในทางออกบนด้านหลังของกลุ่มเจลลาติน ในการนี้ผิวหนังถูกยึดในชั้นไม้ แล้วบล็อกเจลลาตินได้อยู่ด้านหน้านั้นและกดแน่นกับผิวหนังให้อยู่คงที่ (ภาพที่ 1b) ภาพทดสอบยิงได้ทางด้านเจลลาตินขนาดยาว 26 ซม. ทดสอบเบื้องต้นด้วยโปรตีนเรืองแสงสีเขียว(GFPuv)-labeled *Escherichia coli*

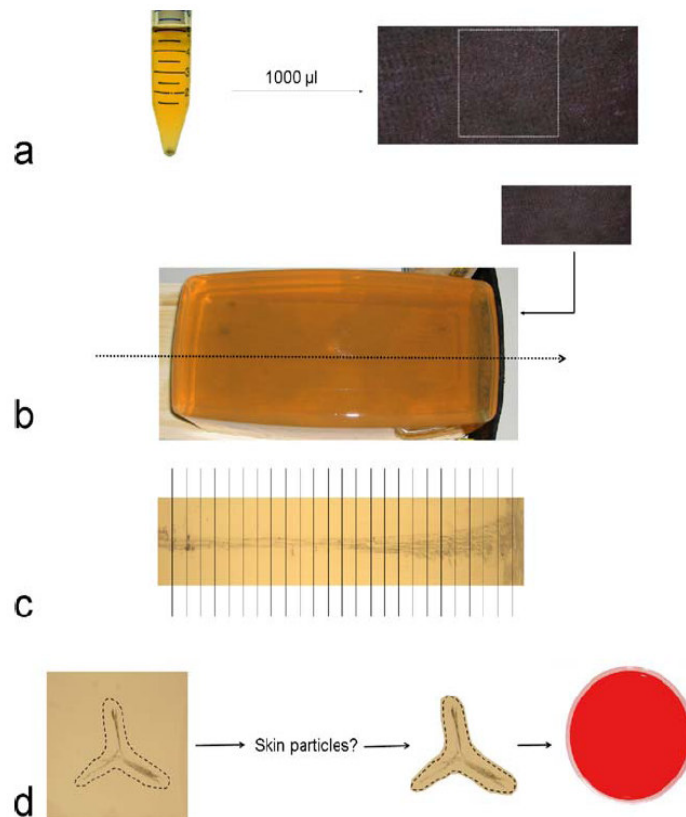


Fig. 1 Schematic illustration of the experimental studies: a disinfected blue-coloured skin from a pig is wetted with a defined bacterial suspension; b shots are fired into the composite model of gelatin and skin from the gelatin side; c after firing the shot, the gelatin block is

laminated in 1-cm-thick layers; d the sections with the bullet track are examined for skin particles visible to the naked eye, then cut out, liquefied and spread on culture media

ผิวหนังหมูหนึ่งชิ้นถูกฆ่าเชื้อก่อนที่จะยิง เมื่อยิงแล้วทำให้แห้งด้วยอากาศและคลุมด้วย 1 ml ของยาระดับเชื้อแบคทีเรียของเชื้อ *Escherichia coli* DH5 α K12 [10⁸ โคโลนี (CFU)/ml] ซึ่งเป็นองค์ประกอบแสดง GFPuv หลังจากการแปลงกับพลาสมิดที่เกี่ยวข้อง หลังจากที่ทำผิวให้แห้งด้วยอากาศอีกครั้ง มันถูกแปะบริเวณทางออกของวิถีกระสุนด้วยเจลลาตินบล็อกสี่เหลี่ยมดังอธิบายข้างต้น

การยิงทดสอบได้ยิงจากปืนพก (ปืนพกลูกปืนยิงหนัก; ; Smith & Wesson, Springfield, MA, USA; model 14-1; calibre .38 spec.) จากระยะ 5 เมตร โดยกระบอกปืนเล็งจากรอบจุมุก (Hirtenberger, Hirtenberg, ออสเตรีย) ภายในลำกล้อง กระบอกปืนและพื้นที่ผิวปืนถูกฆ่าเชื้อก่อนยิง

หลังจากยิง บล็อกเจลลาตินถูกเคลือบในชั้นหนา 1 cm ภายใต้สภาวะปลอดเชื้อและพื้นที่รอยกระสุนที่ถูกตัดออกจากเจลลาตินแต่ละชิ้น ชิ้นเจลลาตินที่ถูกตัดออกมีปริมาณ 500 μ l ทำให้เป็นของเหลวที่ 37 ° C กระจายใน Luria - Bertani (LB) agar กับ ampicillin 100 mg / l และบ่มที่ 36 \pm 1 ° C หลังจาก 24 และ 48 ชั่วโมงที่เลี้ยงมีการตรวจสอบการเจริญเติบโตของแบคทีเรียและ smears ของโคโลนีแบคทีเรียถูกตรวจสอบด้วยกล้องจุลทรรศน์เรืองแสง

ชุดทดสอบหลักด้วย *Staphylococcus epidermidis*

ผิวชิ้นหมู 9 ชิ้น แต่ละชิ้นมีขนาด 25 \times 10 ซม. ถูกข้อมด้วยฮีมาทอกซีลิน ทำให้แห้งและฆ่าเชื้อที่อธิบายไว้ในการศึกษาก่อนหน้านี้ โดยตรงก่อนที่จะยิงทดสอบ ใช้ 1 ml ของสารระดับเชื้อแบคทีเรีย (*S. epidermidis*, DSM 1798, 10⁸ CFU/ml) ถูกนำไปใช้กับผิว (รูปที่ 1a) ชิ้นส่วนของผิวในอากาศแห้งและถูกฉีดที่ด้านหลังของเจลลาตินบล็อก

สำหรับภาพการยิงโดย calibre .38 spec. ด้วยจำนวนและความแตกต่างของลูกกระสุนที่ผิวหน้าได้รับการฆ่าเชื้อด้วยแอลกอฮอล์ (ตารางที่ 1) หลังจากเคลือบของบล็อกเจลลาติน มีการตรวจสอบชิ้นส่วนผิวหมูสีน้ำเงินในส่วนที่สังเกตได้ (รูป 1c) จากนั้นส่วนกลางของพื้นที่ตามรอยกระสุนปืนถูกตัดออกจากชิ้นเจลลาตินและการตรวจสอบผลโดยใช้ Columbia blood agar เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อ (รูปที่ 1 d) หลังจากเวลาพักตัว 24 ชั่วโมง โคโลนีแบคทีเรียและถูกนับเป็นเพื่อเป็นตัวแทนจากแต่ละกลุ่มที่มีเพาะเลี้ยงต่อบน Columbia blood agar และแบ่งแยกชนิดตามที่อธิบายก่อนหน้านี้ หลังจาก 48 ชั่วโมงงาน Columbia blood agar ถูกตรวจอีกครั้งสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

เช่นการควบคุมเชิงลบ หนึ่งในรอยกระสุนที่ยิงไปยังในรูปแบบผสมกับผิวหมูที่ปราศจากการปนเปื้อนด้านทางออกของกระสุนปืน เส้นทางการกระสุนได้รับการติดตามผลในขั้นตอนภายหลัง ในลักษณะเดียวกันของการควบคุมเชิงลบเพิ่มเติมตัวอย่างเจลลาตินได้มาจากพื้นที่ห่างจากกระสุนปืนทั้งเก้าการทดสอบกับผิวหนังที่มีการปนเปื้อนและตรวจสอบการปนเปื้อนด้วย CFUs การทดสอบทั้งเก้าของชุดหลักมีการใช้กล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหวความเร็วสูง (2,000 เฟรมต่อวินาที, MotionXtra HG - 100K, Redlake, San Diego, CA, USA)

ผลการทดลอง

ทดสอบเบื้องต้นสำหรับการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย

การยิงด้วยวิถีโปรเจกไทล์ผ่านความยาวทั้งหมดของรูปแบบผสมของเจลลาตินและผิวหนังหมู หลังจากเคลือบป้องกันตามความยาวเปลือก 26 ซม. และตัดเจลลาตินออกทันทีรอบรอยกระสุนของแต่ละแผ่น การเขี่ยเชื้อทั้ง 26 smear ถูกบ่มเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมงและตรวจสอบสำหรับการเกิดขึ้นของโคโลนี GFP-*E. coli* ไปตามส่วนปลาย 10 ซม. จากวิถีกระสุน การเจริญเติบโตของโคโลนีแบคทีเรียที่ติดฉลากด้วย GFP แสดงโดยกล้องจุลทรรศน์เรืองแสง ไม่พบจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน

การแพร่กระจายของอนุภาคขนาดใหญ่ของชิ้นส่วนพื้นผิวที่มองเห็นไปตามรอยวิถีกระสุน

ห้ำการทดสอบโดยการใช้กระสุนตะกั่วหัวมนและทดสอบการยิงโดยใช้ลูกระสุนตะกั่วปลายตัดหุ้มทองแดงครึ่งหนึ่งเจาะทะลุตามความยาวของแบบที่ประกอบขึ้นและผิวหนังหมูที่เจาะเป็นรูด้านทางออก โพรงรอยกระสุนและกระสุนตะกั่วหัวมนผ่านไปยังเปลือกเจลลาตินแต่ไม่สามารถเจาะทะลุผิวที่ทางออกได้ ลักษณะวิถีโค้งที่ใช้แสดงในตารางที่ 1

Table 1 Ammunition data of the cartridges used for test shots

| Number of shots | Bullet shape | Abbreviation | Bullet type | Bullet mass (g) | Bullet velocity (m/s) | Bullet energy (J) | Manufacturer |
|-----------------|----------------|--------------|----------------------|-----------------|-----------------------|-------------------|--------------|
| 6 | Round nose | (r n 1-5) | Lead bullet | 10.2 | 226-249 | 260-316 | Winchester |
| 1 | Truncated cone | (tc) | Semi-jacketed bullet | 7.45 | 278 | 288 | Winchester |
| 1 | Hollow point | (hp) | Semi-jacketed bullet | 8.1 | 314 | 399 | Remington |
| 1 | Flat nose | (fn) | Lead bullet | 9.6 | 221 | 234 | Remington |

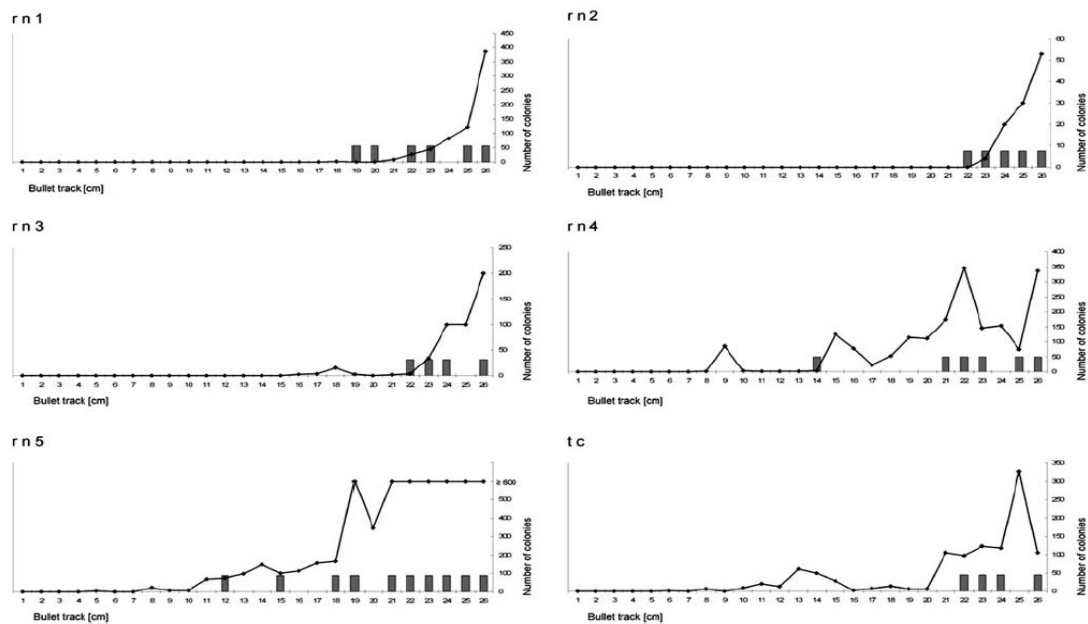


Fig. 2 Comparative illustration of skin particle distribution in the bullet tracks (grey bars) and number of bacterial colonies (black rhombi)

ในระยะ 6-8 ชม. จากรอยวิถีกระสุน ชิ้นส่วนผิวหนังที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าถูกพบรอยกระสุนทั้งหมดจากการทดสอบตรงทางออกจากผิวหนัง บางครั้งผิวหนังมีระยะทางที่แสดงระยะห่างที่มากถึง 15 ซม. จากทางออก (รูปที่ 2, แถบสีดำ) ทางที่เกิดขึ้นโดยกระสุนกรวยยอดตัดพบการกระจายของผิวหนังคล้ายกับการเคลื่อนที่วิถีโค้งของกระสุนตะกั่วหุ้มมน โดยทั่วไปผิวหนังที่มองเห็นได้แสดงไม่เพียงแต่แนววิถีกระสุนถาวร แต่ยังสามารถติดตามภายในช่องรัศมีภายในเจ็ทสอคคล้องกับช่องชั่วคราว (รูปที่ 3) แนวที่เกิดจากกระสุนที่ไม่เจาะผ่านทะลุ (จุดกลางและหัวเบน) ไม่ได้มีผิวหนังที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

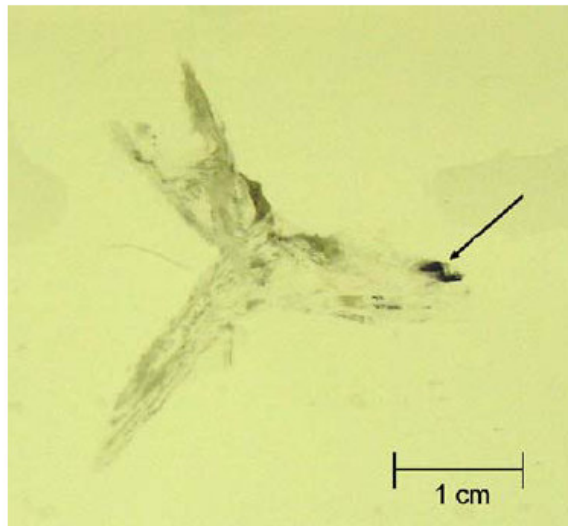


Fig. 3 Gelatin layer (1 cm thick) of the bullet track caused by a round nose bullet (*r n 2*, layer 22). The arrow indicates a skin particle ($2 \times 1 \times 1$ mm) at the end of a radial gelatin slit

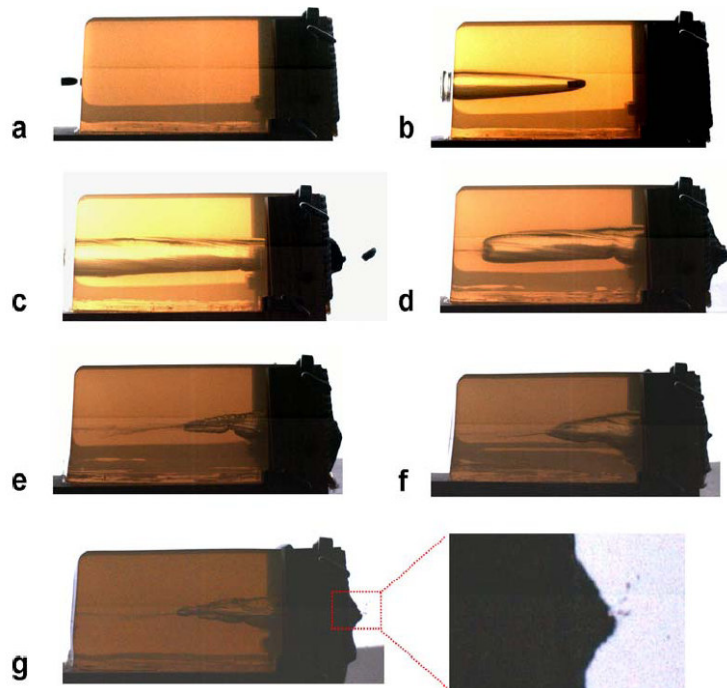
การแพร่กระจายของเชื้อแบคทีเรียมาพร้อมกับรอยกระสุน

รอยผ่านทะลุวิถีกระสุนทั้งหมดมีการเจริญเติบโตของโคโลนี *S. epidermidis* หลังจากเวลาบ่ม 24 ชั่วโมง จำนวนโคโลนีแบคทีเรียมีสูงสุดในพื้นที่ใกล้ซิดในพื้นที่ทางออก การเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรียพบว่าโดยปกติเกิดในส่วนปลายระยะห่าง 6-8 ซม. การยิงทดสอบทะลุเป็นรูของทั้งหมดครั้ง สามครั้งนำไปสู่การเจริญเติบโตของแบคทีเรียที่ระยะทางได้ถึง 18 ซม. ห่างจากพื้นที่ทางออก (รูปที่ 2) จำนวนสมบูรณ์ของ CFUs หลากหลายจากกลุ่มจากบล็อกไปยังบล็อกในกรณีของชนิดการเคลื่อนที่วิถีโค้งที่นำมาใช้ (รูปที่ 2)

ตัวควบคุมลบ วิถีกระสุนหนึ่งของการทดสอบยิงด้วยผิวหนังหุ้มที่ปราศจากการปนเปื้อนที่ด้านทางออกและชิ้นส่วนเจลาตินที่ไกลจากเส้นทางกระสุนไม่ได้แสดงการเติบโตของ *S. epidermidis* รอยกระสุนที่เกิดเป็นจุดกลางที่ไม่เจาะทะลุและยิงกระสุนด้าน ไม่มี *S. epidermidis* ทั้งโคโลนีตัวแทนจากแต่ละ

กลุ่มมีการระบุว่าเป็น *S. epidermidis* กับข้อมูลทางชีวเคมีเหมือนเป็นสายพันธุ์ *S. epidermidis*, DSM 1789, ที่ใช้ในการปนเปื้อนของผิว ปนเปื้อนรองลงมาพบในทุกเส้นทางของกระสุน ซึ่งอาจจะแตกต่างอย่างรูปแบบและโครงสร้างจากแบคทีเรียผิวใช้เพื่อทดสอบ ที่ตรวจสอบที่สองหลังจากกระยะพักตัวของ 48 ชั่วโมงมีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยในการปนเปื้อน

Fig. 4 High-speed motion camera documentation of test shot r n 1. a-c Formation of the temporary cavity, d, e partial collapse of the temporary cavity in an antegrade direction, f, g pulsation of the temporary cavity and expulsion of skin particles (detail)



เอกสารกล้องความเร็วสูง

ภาพทดสอบชุดทดสอบหลักคือการใช้กล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหวความเร็วสูง รูปที่ 4 แสดงภาพที่เลือกมาจากการทดสอบโดยใช้กระสุนหัวตะกั่วมน (r n 1) ในระหว่างการผ่านทะลุของกระสุน, ช่องชั่วคราวพัฒนาและมากกว่าขนาดของกระสุน (รูป 4a - c) เมื่อกระสุนหัวตะกั่วมนผิดรูปทำให้ผิวหมูที่ด้านออกเป็นรู ขยายช่องชั่วคราวจากทางเข้าไปยังทางออก (ภาพ 4c) แล้วช่องยุบลงบางส่วนในทิศทางด้านหน้า (รูปที่ 4d, e) และขยายต่ออีกไปยังทางเข้า (รูป 4f) ตามด้วยการยุบตรงส่วนอื่น ระหว่างการขยายตัวและหดตัวเป็นจังหวะนี้ อนุภาคผิวหนังขนาดเล็กกระจายจากทางออก (รูป 4g)

การอภิปรายผล

ผลจากการถูกยิงจะไม่ถือว่าเป็นแผลติดเชื้อ การติดเชื้อเฉพาะที่ของแผลลูกกระสุนปืนในเหยื่อที่รอดตายเป็นปัญหาร่วมกันและการศึกษาทางคลินิกจำนวนมากได้รับการดำเนินการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการป้องกันโรคและการรักษา ในการศึกษาก่อนหน้านี้พบว่าป็นเชื้อเฉพาะที่ของเส้นทางลูกกระสุนปืนอาจเกิดจากการแทนที่ ของแบคทีเรียด้านผิวจากพื้นที่ทางเข้าขนาดใหญ่ที่มองเห็นได้และผิวหนังขนาดเล็ก อาจเป็นการขนส่งของจุลินทรีย์

คำถามที่ว่าภายใต้สภาวะแบคทีเรียที่สามารถจะถูกขนส่งจากผิวของทางออกกลับสู่เส้นทางรอยกระสุนยังไม่ได้ตรวจสอบการ โดยใช้เนื้อเยื่อเทียม Luff สอบสวนด้านพลศาสตร์ที่แผลทางออกจากลูกกระสุนปืนโดย ทดลองกับเนื้อเยื่อวัยต่างๆที่ได้รับการปกคลุมด้วยซีลี้อยู่ในทางออก เขาสามารถแสดงการแทนที่ที่ถอยหลังของซีลี้อยู่ในเส้นทางของกระสุนปืน ในเกือบทุกภาพทดสอบและเสนอว่าแรงดันแตกต่างระหว่างช่องแผลชั่วคราวและบรรยากาศภายนอกมีผลต่อการทดสอบ Tian และคณะปกคลุมขาสุนัขด้วยผ้าปนเปื้อนแบคทีเรีย (เชื้อแบคทีเรีย *prodigiosum*) ด้านทางออกของกระสุนปืน หลังจากยิงทดสอบ พวกเขาสามารถตรวจพบแบคทีเรียแทนที่จากออกจากแผลที่ตรงกลางเส้นทางของแผลและเช่นเดียวกับ Luff ที่เสนอกลไกการดูดที่จะทำให้เกิดสาเหตุการถอยกลับของการขนส่ง

การทดสอบของเราแสดงอย่างชัดเจนว่าแบคทีเรียที่อยู่บริเวณทางออกจากรูปแบบที่นำมาประกอบถูกแทนที่ในทิศทางที่ถอยหลังกลับเข้าสู่เส้นทางกระสุน การทดสอบเบื้องต้นได้ดำเนินการ โดยที่ใช้แบคทีเรียที่ทราบชนิดในการติดตามเส้นทางแผลก่อนหน้านี้บนผิวหมอบนด้านทางออกของลูกกระสุนแบคทีเรียติดสารเรืองแสง UV-fluorescent GFP สามารถตรวจพบในทางออกของเส้นทางกระสุน 10 ซม. ไม่พบการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ที่ปนเปื้อน ampicillin-containing LB agar ความคุมเชิงลบไม่จำเป็นต้องพิจารณา แบคทีเรียติดสารเรืองแสงไม่เกิดขึ้นในสภาพแวดล้อมทางธรรมชาติดังนั้นการปนเปื้อนโดยไม่ได้ตั้งใจของแบคทีเรียเหล่านี้ย่อมเป็นไปได้

กับชุดทดสอบหลักเราสอบสวนการกระจายโดยทั่วไปของแบคทีเรียที่กระจายภายในเส้นทางกระสุน ในการศึกษาก่อนหน้านี้เราใช้ *S. epidermidis* เนื่องจากแบคทีเรียเหล่านี้ซึ่งอาศัยอยู่ด้วยกันโดยไม่ทำอันตรายแก่กันบนผิวหนังที่มีสุขภาพดี การยิงด้วยปืนทะเลลูด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่งทั้งหกด้วยกระสุนตะกั่วปลายมนและกระสุนกรวยตัด เราสามารถตรวจสอบ *S. epidermidis* ในช่วง 6-8 ซม. ไปตามเส้นทาง

กระสุนและยาวถึงระยะทาง 15 - 18 ซม. จากด้านทางออกจากออกสามในหกกรณี โดยทั่วไปจำนวนการตรวจพบเชื้อแบคทีเรียได้สูงสุดใกล้กับทางออกและลดลงสู่ศูนย์กลางของแบบที่ทำขึ้น รูปแบบในการกระจายและจำนวนที่แน่นอนของ CFUs ถูกตรวจพบและสามารถอธิบายได้โดยการอบแห้งไม่เป็นเนื้อเดียวกันของสารละลายแบคทีเรียบนเป็อนบนผิวหมูเรียบ ระบุชนิดของโคโลนี *S. epidermidis* เป็นตัวแทนและไม่เกิดการเจริญเติบโตของแบคทีเรียชนิดนี้ในการควบคุมเชิงลบ พบว่าเชื้อแบคทีเรียที่พบในเส้นทางของกระสุนปืนได้แก่แบคทีเรียบนผิวพื้นผิวก่อนหน้า

การกระจายของฝิวนุภาคที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าสอดคล้องกับการกระจายแทนที่ของจุลินทรีย์ในทางที่ขึ้นเจลาตินกับฝิวนขนาดใหญ่ที่มองเห็น อนุภาคจะมีหลาย CFUs เช่นนี้ชี้ให้เห็นว่าอนุภาคฝิวนอาจเป็นที่สำหรับขนส่งแบคทีเรียบนเป็อน การมีอนุภาคขนาดใหญ่ฝิวนปรากฏในชั้นเจลาตินโดยการเจริญเติบโตของเชื้อแบคทีเรีย (รูปที่ 2, r n 1) สามารถอธิบายได้โดยการแทนที่ของเศษ corium ไม่ครอบคลุมหนังกำพร้าบนเป็อนแบคทีเรีย

ข้อมูลของกล้องถ่ายภาพการเคลื่อนไหวความเร็วสูงทดสอบการยิงแสดงกลไกการดูการขยายตัวและหดตัวเป็นจังหวะของช่องชั่วคราวเป็นส่วนใหญ่สำหรับการขนส่งถอยหลังของอนุภาคฝิวนและจุลินทรีย์ นอกจากนี้เรายังสามารถถ่ายรูปแสดงเคลื่อนที่ของอนุภาคฝิวนในบริเวณทางออกจากลูกกระสุนปืนที่ถูกโยนออกมาจากช่องทางออกระหว่างการขยายตัวและหดตัวเป็นจังหวะของช่อง จำนวนการขยายตัวและหดตัวเป็นจังหวะเรียกว่า"การหายใจ"ของช่องชั่วคราว ขึ้นอยู่กับสิ่งที่อยู่ระหว่างกลางและพลังงานที่ปล่อยออกไปยังสื่อ ในน้ำระหว่างสามและแปดการขยายตัวและหดตัวเป็นจังหวะได้ถูกสังเกตและช่วงเวลาระหว่างความดันสูงสองครั้งประมาณ 20 เมตร ในน้ำ การขยายตัวและหดตัวเป็นจังหวะของความดันในระหว่างทางของอาวุธผ่านทางช่องห้องได้รับการสอบสวน การมีอนุภาคฝิวนปลายของรัศมีสไลด์ในเจลาตินสนับสนุนสมมติฐานด้านกลศาสตร์ของช่องชั่วคราวเป็นสาเหตุการแทนที่ของอนุภาคฝิวน จำนวนและความยาวของเจลาตินทำให้สามารถประมาณขอบเขตสูงสุดของช่องชั่วคราวได้

กระสุนปืนที่ใช้ในการศึกษานี้มีเลือกตามการทำให้สอดคล้องกับการศึกษาก่อนหน้านี้ เหตุผลจริงการทดสอบต้องถูกจำกัดอยู่ที่กระสุนปืนจำนวนเล็กน้อย การศึกษาเพิ่มเติมกับจำนวนมากของภาพและประเภทการทดสอบเพิ่มเติมของกระสุนปืน โดยเฉพาะกระสุนเคลือบโลหะจะดำเนินการในอนาคตอันใกล้ ถ้าการทำให้เกิดแรงดึงดูดเนื่องจากความดันแตกต่างระหว่างช่องชั่วคราวและบรรยากาศโดยรอบเป็นกลไกหลักในการแทนที่แบคทีเรียขยายช่องชั่วคราวและตำแหน่งเมื่อเทียบกับด้านทางออกอาจมีความสำคัญอย่าง

ยิ่งสำหรับระดับการทำให้เกิดแรงดึงดูนี้มีผล ดังนั้นเราคาดว่าผลการทำให้เกิดแรงดึงดูนี้จะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของกระสุนปืนที่เกี่ยวข้องกับ โอนพลังงานจำเพาะระหว่างเนื้อเยื่อหรือกระดูกและความยาวของเส้นทางจีปนาวุธเฉพาะ

สรุป ผลการวิจัยที่นำเสนอในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เห็นอย่างชัดเจนว่าการติดเชื้อของบาดแผลที่เกิดจากลูกกระสุนปืนอาจเกิดจากแบคทีเรียที่อาศัยอยู่บนผิวหนังบริเวณทางออกของวิถีกระสุน

References

1. Albrecht M, Scepanovic D, Ceramilac A, Milivojevic V, Berger S, Tasic G, Tatic V, Todoric M, Popovic D, Nanusevic N (1979) Experimental soft tissue wounds caused by standard military rifles. *Acta Chir Scand* 489:185–198 (Suppl)
2. Czymek R, Lenz S, Dusel W (1999) Prevention of infection in war wounds. *Chirurg* 70:1156–1162
3. Dahlgren B, Almskog B, Berlin R, Nordstrom G, Rybeck B, Schantz B, Seeman T (1982) Local effects of antibacterial therapy (benzyl-penicillin) on missile wound infection rate and tissue devitalization when debridement is delayed for twelve hours. *Acta Chir Scand* 508:271–279 (Suppl)
4. Gonul E, Baysefer A, Kahraman S, Ciklatekerlioglu O, Gezen F, Yayla O, Seber N (1997) Causes of infections and management results in penetrating craniocerebral injuries. *Neurosurg Rev* 20:177–181
5. Große Perdekamp M, Vennemann B, Mattern D, Serr A, Braunwarth R, Pollak S (2005) Tissue defect at the gunshot entrance wound: what happens to the skin? *Int J Legal Med* 119:217–222
6. Große Perdekamp M, Kneubuehl BP, Serr A, Vennemann B, Pollak S (2006) Gunshot-related transport of microorganisms from the skin of the entrance region into the bullet path. *Int J Legal Med* (in press) DOI: 10.1007/s00414-005-0073-7

7. Harvey EN, Whiteley AH, Grundfest H, McMillen JH (1946) Piezoelectric crystal measurements of pressure changes in the abdomen of deeply anaesthetized animals during the passage of HV missiles. *Mil Surg* 98:509–528
8. Hecimovic I, Dmitrovic B, Kurbel S, Blagus G, Vranes J, Rukovanjski M (2000) Intracranial infection after missile brain wound: 15 war cases. *Zentralbl Neurochir* 61:95–102
9. Jacob E, Setterstrom JA (1989) Infection in war wounds: experience in recent military conflicts and future considerations. *Mil Med* 154:311–315
10. Jussila J (2004) Preparing ballistic gelatine—review and proposal for a standard method. *Forensic Sci Int* 141:91–98
11. Korzinek K (1993) War injuries of the extremities. *Unfallchirurg* 96:242–247
12. Liu Y, Guo R, Wu B, Li S, Wang D (1988) Pressure variation in temporary cavities trailing three different projectiles penetrating water and gelatin. *J Trauma* 28:9–13 (Suppl)
13. Liu Y, Li S, Wu B, Wang D, Jiang S, Cheng X et al. (1988) Characteristics of cavities trailing different projectiles penetrating water. *J Trauma* 28:13–16 (Suppl)
14. Luff K (1968) Untersuchungen zur Frage des Druckdifferenzausgleichs im Schußkanal. *Beitr Gerichtl Med* 24:108–113
15. Matheson JM (1968) Infection in missile wounds. *Ann R Coll Surg Engl* 42:347–366
16. Ragsdale BD, Josselson A (1988) Predicting temporary cavity size from radial fissure measurement in ordnance gelatin. *J Trauma* 28:5–9 (Suppl)
17. Thurston AJ (2000) Of blood, inflammation and gunshot wounds: the history of the control of sepsis. *Aust N Z J Surg* 70:855–861
18. Tian HM, Huang MJ, Liu YQ, Wang ZG (1982) Primary bacterial contamination of wound tract. *Acta Chir Scand* 508:265–269 (Suppl)
19. Tikka S (1982) The contamination of missile wounds with special reference to early antimicrobial therapy. *Acta Chir Scand* 508:281–287 (Suppl)