

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วัสดุบูรณะฟันอมัลกัม (amalgam restorative materials)

1. นิยามและประวัติ

1.1 อมัลกัม (amalgam โลหะเข้าปรอท) หมายถึง โลหะผสมที่ได้จากการผสมระหว่างปรอทกับโลหะอื่น ๆ โลหะนั้นอาจเป็นโลหะบริสุทธิ์ชนิดเดียวหรือหลายชนิด (โลหะผสม) ก็ได้

ในทางทันตกรรม โลหะที่ใช้เป็นวัสดุบูรณะฟันก่อนผสมกับปรอทเป็นโลหะผสมของเงินกับดีบุก จึงเรียกว่า โลหะผสมเงิน-ดีบุก (silver-tin alloy) เมื่อโลหะผสมนี้ผสมกับปรอท ได้สารประกอบใหม่ เรียกว่า เงิน-ดีบุก อมัลกัม (silver-tin amalgam)

หลักการบูรณะฟันด้วยเงิน-ดีบุก อมัลกัม มีดังนี้ บดผงโลหะผสมเงิน-ดีบุกกับปรอทให้รวมกันจนอยู่ในสถานะปั้นได้ (plasticity) มีลักษณะนุ่ม สามารถคืบ (plastic flow) เมื่อปั้นเป็นก้อนได้แล้วนำไปอุดในโพรงฟันที่ได้เตรียมไว้ ถ้าทิ้งไว้จะแข็งตัว

เงิน-ดีบุก อมัลกัม มีคุณสมบัติที่ดีหลายประการ กำลังความแข็งแรงสูง วิธีผสมสะดวก ง่าย ราคาถูก จึงได้รับความนิยมมาถึงปัจจุบัน

1.2 ประวัติ วัสดุบูรณะฟันอมัลกัมเริ่มใช้ครั้งแรกเมื่อ พ.ศ. 2369 ในประเทศฝรั่งเศส โดยนำเอาเหรียญเงิน (silver coin) ตะไบเป็นผง แล้วผสมปรอท ส่วนในสหรัฐอเมริกาได้นำมาใช้เป็นครั้งแรกใน พ.ศ. 2396 เมื่อใช้ระยะหนึ่ง ทันตแพทย์บางกลุ่มคัดค้านว่าปรอทผสมนั้นอาจเป็นพิษต่อร่างกาย ต่อมาได้มีการพิสูจน์และสรุปว่า ถ้าปรับปรุงส่วนผสมและวิธีผสมให้ถูกต้องจะไม่เป็นอันตรายต่อร่างกาย

ทาวน์เซนด์ (Townsend, 1895 อ้างถึงใน เจน รัตนไพศาล, 2533) ใช้โลหะผสมของเงินกับดีบุก ในอัตราส่วนเท่า ๆ กันผสมกับปรอท ได้คุณสมบัติสูงกว่าใช้ส่วนผสมของเหรียญเงิน และต่อมา J.F. Flagg ปรับปรุงส่วนประกอบของโลหะผสมของ Townsend ใหม่ มีเงิน 60% ดีบุก 35% และทองแดง 5%

แบล็ค (Black, 1896 อ้างถึงใน เจน รัตนไพศาล, 2533) เปลี่ยนปริมาณของเงินในโลหะผสมเป็น 68% และกล่าวว่าส่วนประกอบนี้ทำให้กำลังแรงอัดของอมัลกัมสูงขึ้นและ

ชี้ให้เห็นว่าการหดตัวหรือขยายตัวเกิดขึ้นขณะอมัลกัมกำลังก่อตัว ต่อมา James McBain (อ้างถึงใน เจน รัตนไพศาล, 2533) กับผู้ร่วมงาน ได้เขียนรายงานในอังกฤษเกี่ยวกับปฏิกิริยาการก่อตัวและวิธีทดสอบคุณสมบัติของอมัลกัมตามส่วนประกอบของ Black

สมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา (1929 อ้างถึงใน เจน รัตนไพศาล, 2533) ได้วางข้อกำหนดกฎเกณฑ์ คุณสมบัติ วิธีทดสอบ การเก็บรักษา ตลอดจนการบรรจุของทันตวัสดุและให้ออมัลกัมเป็นทันตวัสดุหมายเลข 1

หลังจากนั้นเป็นต้นมา การค้นคว้าเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติและอื่น ๆ ของอมัลกัมได้เริ่มจริงจังตามหลักวิชา ทั้งในยุโรป ออสเตรเลีย และเอเชีย จนได้ออมัลกัมที่มีคุณสมบัติสูงขึ้น และได้รับความนิยมมากขึ้นชนิดหนึ่งของกลุ่มวัสดุบูรณะฟันในปัจจุบัน

2. องค์ประกอบของโลหะผสมสามัญนิยม (conventional alloy) โลหะผสมสามัญนิยมของอมัลกัม หมายถึง ผงอมัลกัมที่นิยมใช้เป็นประจำโดยทั่วไป มีเงินกับดีบุกเป็นส่วนประกอบหลัก (binary alloy) โลหะอื่น ๆ ที่ผสมเป็นเพียงส่วนช่วยให้ได้คุณสมบัติบางประการตามต้องการ

2.1 ส่วนผง ประกอบด้วย

2.1.1 เงิน เป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ของโลหะผสม ประมาณ 2 ใน 3 ส่วน เมื่อผสมกับปรอท ได้สารประกอบเงิน-ปรอท

2.1.2 ดีบุก ประมาณ 1 ใน 3 ส่วน เมื่อผสมกับเงินที่ 480°C (896°F) ได้สารประกอบระหว่างโลหะ (intermetallic compound) คือ Ag_3Sn

2.1.3 ทองแดง ผสมในโลหะผสมในปริมาณเล็กน้อย เพื่อช่วยเพิ่มกำลังความแข็งแรง

2.1.4 สังกะสี ผสมเล็กน้อยเพื่อป้องกันไม่ให้เงิน ดีบุก และทองแดง ถูกออกซิไดส์ขณะหลอม

ตัวอย่าง โลหะผสมเงิน-ดีบุกชนิดหนึ่ง ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2 แสดงตัวอย่างโลหะผสมเงิน-ดีบุกชนิดหนึ่ง (American Dental Association, 1972 อ้างถึงใน เจน รัตนไพศาล, 2533)

โลหะ	เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก
เงิน	65 ต่ำสุด
ดีบุก	29 สูงสุด
ทองแดง	6 สูงสุด
สังกะสี	2 สูงสุด หรืออาจไม่มีก็ได้

2.2 ส่วนเหลว ได้แก่ ปรอต ปรอตที่ใช้ผสมควรบริสุทธิ์ 99.99 เปอร์เซนต์

3. อัตราส่วนระหว่างโลหะผสมกับปรอต

3.1 อัตราส่วน โดยเฉลี่ยใช้โลหะผสมหนัก 5 ส่วนและปรอต 8 ส่วน อัตราส่วนนี้อาจเปลี่ยนได้ขึ้นอยู่กับขนาดของโลหะผสม โลหะผสมที่หายากใช้ปรอตผสมมากกว่าชนิดละเอียด และพบว่า อัตราส่วนผงโลหะผสมต่อปรอตเท่ากับ 5 : 8 นี้ ใช้ปรอตเพียง 48-54 เปอร์เซนต์ หลังบดแล้วปรอตที่ตกค้างนี้ทำให้เกิดการขยายได้ภายหลัง จึงมีการลดอัตราส่วนผงโลหะผสมต่อปรอตเหลือ 1 : 1 (eames technic) ผลปรากฏว่าสามารถลดส่วนเกินของปรอตได้มาก

3.2 การหาอัตราส่วน มี 2 วิธี คือ การชั่งด้วยน้ำหนัก และวัดเป็นปริมาตร (volumetric or proportioning)

3.2.1 การชั่ง ชั่งด้วยตาชั่ง ทั้งโลหะผสมและปรอตตามอัตราส่วนที่กำหนด ถ้าเป็นชนิดเม็ด หันดแพทย์ผู้ใช้เพียงแต่ชั่งน้ำหนักของปรอตเท่านั้น บางชนิดบรรจุทั้งโลหะผสมและปรอตในแคปซูลเดียวกัน เมื่อต้องการผสมจะเจาะผนังกันระหว่างส่วนผสมทั้งสอง

3.2.2 การวัดเป็นปริมาตร เครื่องมือที่ใช้เรียกว่า เครื่องจ่ายอมัลกัม (amalgam dispenser) มีหลายแบบ แบบที่นิยมมากชนิดหนึ่งมีลักษณะเป็นขวดแก้วปากกว้าง 2 ไร่ สำหรับบรรจุผงโลหะผสมกับปรอตอย่างละ ไร่ จุกขวดมีเครื่องควบคุมปริมาณของผงและปรอตให้ไหลออกตามปริมาณที่ต้องการก่อนใช้ควรตั้งเครื่องควบคุมให้ตรงกับอัตราของผงโลหะผสมกับปรอตตามที่กำหนดของแต่ละบริษัทเสียก่อน

เครื่องจ่ายอมัลกัมสามารถจ่ายส่วนผงกับปรอตในอัตราส่วนที่ถูกต้องและรวดเร็วเพียงระวังอย่าให้ผงตกค้างตามซอกตามมุมของเครื่องควบคุม มิฉะนั้นจะได้อัตราส่วนที่คลาดเคลื่อน และเครื่องจ่ายต้องมีปริมาตรของผงโลหะผสมและปรอตอยู่ครึ่งหนึ่งของปริมาตรของเครื่องจ่ายเสมอ

อัตราส่วนผงโลหะผสมกับปรอตที่ถูกต้อง ได้แก่ ชนิดแคปซูล รองลงมาเป็นชนิดเม็ดและผงตามลำดับ

4. คุณสมบัติ

4.1 การเปลี่ยนมิติ วัสดุบูรณะฟันที่ดีไม่ควรเปลี่ยนมิติทั้งขณะก่อดัวและแข็งตัวแล้วถ้าเปลี่ยนก็ควรเปลี่ยนมิติไม่เกิน 10 ไมครอนหลังแข็งตัว

4.2 เวลาแข็งตัว (hardening time) คือ ระยะเวลาแข็งตัวของอมัลกัม โดยเฉลี่ย เวลาเริ่มก่อดัวภายใน 20 นาที ซึ่งเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการปฏิบัติกับผู้ป่วย และตกแต่งผิวหน้าตามต้องการ เวลาแข็งตัวสิ้นสุด 1-7 วัน

4.3 กำลังความแข็งแรงของอมัลกัม หลังผสมจะค่อยๆสูงขึ้นตามระยะเวลา โดยเฉลี่ยจะสูงสุดเมื่อครบ 7 วัน อัตราความแข็งแรงเพิ่มขึ้น ดังนี้

หลังผสม 20 นาที กำลังแรงอัดมีเพียง 6 เปอร์เซ็นต์ และเพิ่มเป็น 70 เปอร์เซ็นต์ หลังผสม 8 ชั่วโมง ของกำลังแรงอัด 7 วัน

4.3.1 กำลังแรงอัดสูงสุด 45,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (3,163.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ 310.3 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร) ค่ากำลังอัดลดลงประมาณ 15 เปอร์เซ็นต์ จากค่าสูงสุด เมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนจาก 37 องศาเซลเซียส (98.6°F) เป็น 60 องศาเซลเซียส (140°F) ซึ่งเป็นอุณหภูมิของเครื่องคีมหรืออาหารเหลวที่ร้อน

4.3.2 กำลังแรงดึงที่มีค่าต่ำเพียง 8,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (562.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ 55.2 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร) เพราะเป็นสารประกอบวิวิธพันธุ์

4.3.3 กำลังความแข็งแรงของอมัลกัมเปลี่ยนแปลงจากเดิมได้ ถ้าหาก

4.3.3.1 ไม่เป็นเนื้อเดียวกันหลังผสม เช่น ระยะเวลาบดไม่ถึง 10 วินาที (เมื่อใช้เครื่องบดอมัลกัมชนิดความเร็วต่ำ) โลหะผสมกับปรอทไม่ผสมเป็นเนื้อเดียวกัน กำลังความแข็งแรงต่ำกว่าเดิม

4.3.3.2 เพิ่มเวลาบดให้นานกว่าที่กำหนด ค่าของกำลังความแข็งแรงและการคืบเพิ่มขึ้น

4.3.3.3 ปริมาณของปรอทตกค้างหลังอุด ทำให้กำลังความแข็งแรงลดลง พบว่าถ้ามีปริมาณปรอทตกค้างเกินกว่า 50 เปอร์เซ็นต์หลังอุด กำลังความแข็งแรงลดลงตามอัตราส่วนของปรอทที่เกิน เช่น อมัลกัมที่มีปรอท 54 เปอร์เซ็นต์มีกำลังอัด 41,600 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (2924.5 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ 286.8 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร) เมื่ออมัลกัมที่มีปรอท 59 เปอร์เซ็นต์ กำลังแรงอัดเหลือ 29,200 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (2052.8 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร หรือ 201.3 เมกะนิวตันต่อตารางเมตร)

รูพรุนในเนื้อของอมัลกัมลดกำลังความแข็งแรง ถ้ามีรูพรุน 1 เปอร์เซ็นต์ของพื้นที่เท่ากัน ทำให้กำลังแรงอัดลดลง 10 เปอร์เซ็นต์ ของเนื้อที่นั้นที่ไม่มีรูพรุนเลย รูพรุนสามารถป้องกันไม่ให้เกิดหรือน้อยลงได้ โดยการอัดให้แน่นขณะอุด

4.4 พื้นที่โพรงฟันบางมาก เมื่อถูกกระแทก พลังงานรวมอยู่เป็นหย่อม ๆ โดยเฉพาะบริเวณที่มีเนื้อที่น้อยกว่า หรือบางกว่า เช่น ตามขอบของอมัลกัม จึงพบขอบของอมัลกัมแตกง่าย

4.5 การคืบของโลหะ (creep) และการคืบเนื้อปั้น (plastic flow) การคืบของโลหะ หมายถึง การผิดรูปถาวร (plastic deformation) ของโลหะ โดยโลหะนั้นผิดรูปอย่างช้าด้วยแรงที่

ต่ำกว่ากำลังคลาดปกติ (normal yield strength) และการผิครูปนี้เกิดรวดเร็วเมื่อโลหะอยู่ในอุณหภูมิเกิดผลึกใหม่ (recrystallization temperature) ถ้าหน่วยที่กระทำเป็นค่าคงที่ เรียกการคืบนั้นว่า เป็นการคืบแบบสถิต (static creep) ถ้าหน่วยแรงเคลื่อนไหว (fluctuating) เรียกว่า การคืบพลวัต (dynamic creep) และถ้าค่าการคืบต่ำ วัสดุนั้นผิครูปถาวรได้ยาก

ส่วนการคืบเนื้อป็นเป็นการเปลี่ยนรูปถาวรของวัสดุที่เป็นออสถิตฐาน เช่น ชีฟิ่งเมื่อถูกน้ำหนักคงที่กด สามารถแผ่อกได้อีกภายหลังแผ่ครั้งแรก โดยน้ำหนักของชีฟิ่งเอง

วิธีหาค่าของการคืบของอมัลกัม ทดอมัลกัมที่ต้องการทดสอบด้วยน้ำหนักคงที่ น้ำหนักหนึ่งเป็นเวลา 21 ชั่วโมง ซึ่งให้เป็นเวลาที่แข็งตัวเต็มที่แล้ว วัดความยาวก่อนและหลังกด ค่าที่แตกต่างกัน คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ เป็นค่าของการคืบ ข้อกำหนดไม่ควรเกิน 3 เปอร์เซ็นต์ ถ้าสูงกว่านั้นจะผิครูปมาก

ส่วนค่าของการคืบสถิตของอมัลกัมอยู่ระหว่าง 1-8 เปอร์เซ็นต์ อมัลกัมที่มีค่าการคืบสูงมีโอกาสด่างกว่าพวกที่มีค่าต่ำ โดยเฉพาะตามของโพรงฟัน ทำให้เกิดช่องระหว่างอมัลกัมกับขอบฟัน (micoleakage)

การควบคุมให้ค่าของการคืบของอมัลกัมให้น้อยลง กระทำได้โดยเปลี่ยนองค์ประกอบของอมัลกัม เช่น เพิ่มจำนวนเงินมากขึ้น หรือลดปริมาณของปรอทให้น้อยลง และอาจทำได้อีกวิธีหนึ่ง คือ อุดให้แน่น

4.6 คุณสมบัติความร้อน อมัลกัมเป็นตัวนำความร้อนสูง ดังนั้น กรณีโพรงฟันลึก ๆ ควรวัสดุฐานเสียก่อนอุดด้วยอมัลกัม

4.7 การเปลี่ยนสีที่ผิวหรือผิวมัว (tarnish) และการกัดกร่อน การเปลี่ยนสีที่พื้นผิวของโลหะเป็นผลจากปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นในอุณหภูมิช่องปากระหว่างโลหะ โดยเฉพาะเงินกับดีบุก เกิดเป็นฟิล์มของซัลไฟด์กับออกไซด์ของดีบุกและคลอไรด์ของเงิน จับบนพื้นผิวของโลหะให้สีดำ ส่วน $\text{SnO} \cdot x\text{H}_2\text{O}$ ให้สีน้ำตาล-เหลือง และสารประกอบ $\text{Sn}_2(\text{OH})_6\text{Cl}$ ทำให้เกิดผุกร่อน

พื้นผิวของอมัลกัมเปลี่ยนจากสีน้ำตาลจนเป็นสีดำ ฟิล์มสีดำนี้ขัดออกได้ แต่อาจเกิดขึ้นอีก ถ้าเกิดขึ้นหลายครั้งอาจทำให้ผิวขรุขระและกร่อนได้ ถ้ามีปรอทตกค้างที่ผิวไม่ก่อให้เกิดการกัดกร่อน แต่ช่วยให้อมัลกัมเปลี่ยนสีเร็วขึ้น ส่วนการกัดกร่อนของอมัลกัมเกิดจากอิเล็กโตรไลซิส

4.7.1 วิธีป้องกันการเปลี่ยนสีและกัดกร่อนของอมัลกัม ควบคุมโดย

4.7.1.1 บดโลหะกับปรอทให้เป็นเนื้อเดียวกัน โดยใช้อัตราส่วนและระยะเวลาบดให้ถูกต้องกับอุณหภูมิแรงกดที่เหมาะสม ใส่ปรอทที่เหลือออกให้หมด

4.7.1.2 แก้วภาชนะแวดล้อมในช่องปากให้เหมาะสม เช่น ควรงดอาหารที่มี

ซัลไฟด์ผสม

4.7.1.3 ซัดผิวของอมัลกัมให้เรียบ

5. การบด (tritulation) หลักการบด คือ ใช้แรงบดเพื่อลดความตึงผิวของปรอท ช่วยให้ผสมกับผงโลหะผสมง่ายและเร็วขึ้น จนเป็นเนื้อเดียวกัน เครื่องบด มี 2 แบบ

5.1 โกร่งกับสาก (mortar and pestle) ประกอบด้วยโกร่งและสาก ทำด้วยแก้วในขนาดพอเหมาะ พื้นผิวภายในของโกร่งขรุขระเล็กน้อย และขอบรอบฐานเป็นแอ่งตื้น ๆ ส่วนตรงกลางของฐานนูนขึ้น แอ่งรอบฐานนี้เป็นที่บังคับไม่ให้ผงโลหะกระจายไปตรงกลางขณะบด ส่วนปลายสากมนกว้างเท่ากับความกว้างของแอ่งรอบฐานของโกร่ง

วิธีบด ใส่ผงโลหะผสมกับปรอทในโกร่ง จับสากแบบปากกา (pen grip) หรือแบบกำ (palm grip) บดด้วยแรง 2-3 ปอนด์ ภายใน 45 วินาที อมัลกัมที่ได้ควรรวมเป็นเนื้อเดียวกัน สังเกตได้จากพื้นผิวเป็นเงามันและดูดติดโกร่ง ถ้าใช้เวลาบดน้อยกว่าที่กำหนด (under tritulation) อมัลกัมที่ได้ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน และไม่ติดโกร่ง

5.2 เครื่องบดอมัลกัมด้วยวิธีกล (mechanical amalgator) หลักการบดเหมือน โกร่งกับสาก คือ ประกอบด้วยแคลปซูลแทนโกร่ง ลูกบด (pestle) แทนสาก เครื่องสั่นแทนการบด และมีเวลาควบคุม (timer) หลายแบบ บางแบบต้องผสมส่วนผงกับปรอทในแคลปซูลก่อนบด บางแบบดวงลูกบดโดยอัตโนมัติ บางแบบลูกบดเป็นพลาสติก

วิธีใช้ แบบแคลปซูลให้บรรจุผงโลหะกับปรอทในแคลปซูลตามด้วยลูกบดโลหะ ตั้งเวลาบดแล้วเปิดสวิทช์ทำงาน เครื่องสั่นทำงานและหยุดตามกำหนด

ระยะเวลาบด เร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับชนิดของอมัลกัมและจำนวนรอบของเครื่องบด ซึ่งมีตั้งแต่ 1,500 ถึง 5,000 รอบต่อนาที โดยทั่วไปใช้เครื่องบดขนาดไม่เกิน 3,000 รอบต่อนาที เวลาบด 10 วินาที สำหรับอมัลกัมสังเคราะห์ และเครื่องบดความเร็วระหว่าง 3,000-4,000 รอบต่อนาที เหมาะสำหรับอมัลกัมที่มีปริมาณทองแดงสูง

เครื่องบดอมัลกัมช่วยบดเร็ว แรงบดที่ใช้แน่นอน ได้ส่วนผสมที่ถูกต้องทุกครั้ง และไม่ทำให้กายภาพสมบัติเปลี่ยน

จำนวนรอบและเวลาบด ควรปฏิบัติตามข้อกำหนดของแต่ละบริษัทผู้ผลิต บดด้วยมือ ไม่สามารถควบคุมแรงให้คงที่ตลอดเวลาได้ ส่วนผสมที่ได้อาจผิแตก แต่ถ้าควบคุมแรงบดและเวลาบดได้แน่นอน ส่วนผสมที่ได้จะใกล้เคียงกับการบดด้วยเครื่องบดเหมือนกัน

ความร้อนที่เกิดขึ้นขณะบดจากเครื่องบดไม่ทำให้คุณสมบัติของอมัลกัมเปลี่ยนแปลง แต่ขยายตัว สำหรับผงอมัลกัมเป็นเม็ด ควรเพิ่มเวลาบดอีก 2 วินาทีจากข้อกำหนด

6. การอุด (condensation) จุดประสงค์ของการอุด คือ อุดอมัลกัมในโพรงฟันให้แน่นหนา ใส่ปรอทที่เหลือและใส่ฟองอากาศออกเป็นครั้งสุดท้ายก่อนแข็งตัว เครื่องมืออุดมี 2 แบบ

6.1 อุดด้วยมือ (hand condensation) ใช้มือกดเครื่องมืออุด (plugger) บนอมัลกัมในโพรงฟัน หัวกด (working point) ของเครื่องมืออุดมีรูปร่างหลายแบบ และขนาดต่างๆ กันตามความเหมาะสมกับขนาดของโพรงฟัน และลักษณะเกล็ดของส่วนผง

ถ้าใช้หัวกดรูปกลม เส้นผ่าศูนย์กลาง 2-5 มิลลิเมตร ควรใช้แรงกด 4-10 ปอนด์ หัวกดขนาดเล็กจะเกิดหน่วยแรงอัดสูงกว่าหัวกดขนาดใหญ่ ถ้าใช้แรงกดเท่ากัน

6.2 อุดด้วยเครื่องอัดวิธีกล (mechanical condensation) หลักการเหมือนการอุดด้วยมือ คือมีหัวกดติดกับด้ามจับ (handpiece) ใช้ลมอัด (pneumatic pressure) หรือทำให้หัวกดสั่นสะเทือน (vibration) หัวกดจะอัดอมัลกัมอีกต่อหนึ่ง

ข้อดีของเครื่องมือแบบนี้ คือ แรงที่ใช้กดสม่ำเสมอและไม่ต้องออกแรง แต่อาจเกิดรูพรุนมาก ถ้าใช้แรงกดมาก ปรอทจะถูกขับออกมากเกินไป

ข้อบกพร่อง ถ้าใช้ลมอัดหรือแรงสั่นสะเทือนสูงเกินไป อาจทำให้ผนังฟันแตก (ถ้าบาง) หรือเมทริกซ์หลุด

วิธีอุด หลังผสม ใส่ปรอทที่เกินออก แล้วทำให้เป็นเนื้อเดียวกันโดยบีบในผ้าหรือหนังอุดด้วยแรงและเวลาที่พอเหมาะ นำอมัลกัมขณะอยู่ในสถานะอ่อนตัวและปั้นเป็นรูปได้ด้วยอมัลกัมพาหะ (amalgam carrier) ใส่ในโพรงฟัน ควรอุดด้วยเครื่องมืออุดบนอมัลกัมชิ้นเล็กๆ ที่ละชิ้นตามซอกตามมุมก่อนแล้วเพิ่มจนเต็มโพรงฟัน การอุดด้วยชิ้นเล็กๆ สามารถใส่ปรอทที่ตกค้างได้มากกว่าใช้ชิ้นใหญ่ บางวิธีแนะนำให้ใส่ปรอททุกชิ้นเล็กๆ ก่อนอุดอีกครั้ง ข้อพึงระวังอย่าให้ปรอทสัมผัสกับเนื้อเยื่อ กลืนหรือสูดไอปรอทอาจเป็นพิษแพ้ปรอทได้ โดยเฉพาะขณะบด ใส่ส่วนเกินขณะอุด และอย่าให้ตกหล่นตามพื้นห้อง ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มบดจนถึงการอุดไม่ควรเกิน 3 นาที

7. การตกแต่งและขัด (carving and finishing) ความประสงค์ของการตกแต่ง เพื่อให้ได้ขนาด รูปร่างตามทันตวิภาคของฟัน การสบกับฟันตรงข้ามและจุดสัมผัสกับฟันข้างเคียงพอดี และให้ขอบของอมัลกัมแนบกับขอบของโพรงฟันเพื่อลดการกัดกร่อนเปลี่ยนสีที่ฟันฟัน และไม่ให้เศษอาหารเกาะ ควรแต่งหลังจากเกิดการแข็งตัวขึ้นบ้างแล้วในบางส่วน สัมผัสจากเสียงเสียดสี เครื่องตกแต่งผิวของอมัลกัม (amalgam carver) กับอมัลกัมหรือการบดผ่านไปแล้วเกิน 5 วินาที ปาดขอบของอมัลกัมให้สนิทกับขอบของฟันเพื่อใส่ปรอทที่ค้างออก จะช่วยให้มีกำลังแข็งแรง ณ บริเวณนั้นและป้องกันฟันผุภายหลังอุด การตกแต่งให้ผิวเรียบในช่วงนี้ช่วยลดเวลาขัดได้มาก

ความประสงค์ของการตกแต่ง (finishing) เพื่อตัดส่วนเกินและพื้นผิวที่หยาบ (grossfinishing) ขัดพื้นผิวให้เรียบ (fine finishing) ขัดเงา (polishing) และลดการกัดกร่อน วิธีตกแต่ง ควรตกแต่งและขัดหลังแข็งตัวแล้วอย่างน้อย 24 ชั่วโมง ดังนี้

1. ตกแต่งพื้นผิวหยาบด้วย green stone, finishing bur หรือ fine diamond bur, burnisher
2. ขัดพื้นผิวละเอียดด้วยผงหินภูเขาไฟ แผ่นล้อตัด (disk) และแผ่นชั้นยาว (strip)
3. ขัดเงาด้วยออกไซด์ของสังกะสีหรือดีบุก
4. ควรขัดด้วยมอเตอร์หมุนไม่เกิน 3,000 รอบต่อนาที และให้บริเวณขัดเปียกน้ำ เช่น ผงซิงค์ออกไซด์ผสมน้ำ ไม่ควรขัดด้วยผงที่แห้ง เพราะถ้าเกิดความร้อนจากการเสียดสีเกิน 60 องศาเซลเซียส (140 °F) จะกระตุ้นและเป็นอันตรายต่อฟลุป และเกิดไอระเหยของปรอท

กรณีอมัลกัมชนิดแข็งตัวเร็ว (fast set) ให้ขัดเรียบภายหลังแข็งตัว 10 นาที ด้วย creamy paste กับ unwebbed rubber cup ในความเร็วต่ำ ห้ามใช้หัวกรอพื้นโลหะกรณีที่ชอบของอมัลกัม ห่างจากขอบของโพรงฟันเล็กน้อย อาจช่วยรัดโดยใช้หัวกรอพื้นชนิดกลมและทุ่ ขอบของอมัลกัม จะยึดเล็กน้อยและปิดช่องว่างนั้นได้ วิธีการนี้เรียกว่า เบอร์นิชิ่ง

8. ข้อกำหนดเลขที่ 1 ว่าด้วยโลหะผสมอมัลกัม ของสมาคมทันตแพทย์แห่งสหรัฐอเมริกา [1]

8.1 ชนิดของโลหะผสม

8.1.1 ผงอาจเป็นเกล็ดหรือเม็ดกลม (spheroid)

8.1.2 เม็ด (tablet) อาจเป็นเกล็ดหรือเม็ดกลม

8.2 อัตราส่วนโลหะผสมกับปรอท 1 : 1 ถึง 1 : 1.6

8.3 คุณสมบัติ

8.3.1 กำลังแรงดึงไม่น้อยกว่า 290 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (20.4 กิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร) หลังแข็งตัว 15 นาที

8.3.2 การกีดสูงไม่เกิน 3 เปอร์เซนต์ หลังแข็ง 3-24 ชั่วโมง

8.3.3 การเปลี่ยนมิติไม่เกิน 0.2 เปอร์เซนต์ หลังผสม 3 นาที ถึง 24 ชั่วโมง

ความรู้เกี่ยวกับปรอท

ปรอทมีชื่อภาษาอังกฤษว่า mercury มีสัญลักษณ์ทางเคมี Hg มาจากคำละติน hyfragyrum มีความหมายว่าเงินเหลว (liquid silver)

ปรอทบริสุทธิ์มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิห้อง มีมวลอะตอม 200.7 ความถ่วง

จำเพาะ 13.545 (ด้วย ถ.พ.สูงมากนี้เอง จึงจัด Hg เป็นโลหะหนัก) จุดหลอมเหลว -38.87°C และ จุดเดือด 356.9°C จากจุดเดือดของ Hg ซึ่งสูงมากจะเห็นได้ว่าปรอทมีความดันไอต่ำมาก (ประมาณ .0000024 บรรยากาศที่ 25°C) ปรอทโดยปกติไม่เกาะติดวัตถุ เช่น กระเบื้องปูพื้น ดังนั้นจึงถึง ไปมาอย่างสะดวกและรวดเร็วบนโต๊ะหรือบนพื้น เมื่อมีแรงจากภายนอกมากกระทบปรอทจะแตก กระจายออกเป็นชิ้นเล็กชิ้นน้อยได้อย่างง่ายดาย ยากแก่การรวบรวมปรอทเป็นหยดใหญ่อีกครั้งหนึ่ง ปรอทในสถานะของเหลวเป็นพิษไม่มากนัก แต่ไอปรอทเป็นพิษอย่างร้ายแรงโดยเฉพาะ โอกาส การสัมผัสกับไอปรอทแม้กระทั่งปรอทในสถานะของเหลว

ปรอทถึงแม้จะเป็นของเหลว แต่ก็แสดงสมบัติการมีแวนวาล์วของโลหะ อย่างไรก็ตาม ปรอทขาดสมบัติที่ดีของโลหะทั่วไป เช่น มีความต้านทานไฟฟ้าสูง และเฉื่อยต่อปฏิกิริยา ออกซิเดชันทั่วไป

ปรอทสามารถเกิดโลหะเจือกับโลหะอื่นๆ เช่น ทองแดง (Cu) เงิน (Ag) ทองคำ (Au) และโลหะอัลคาไล เช่น โซเดียม (Na), โพแทสเซียม (K) โลหะเจือที่ได้เรียกว่า อมัลกัม (amalgam)

สารประกอบของปรอทมีเลขออกซิเดชัน ได้ทั้ง +1 และ +2 เมื่อเลขออกซิเดชันเป็น +1 เรียกสารนั้นว่าเมอร์คิวรัส (mercurous) เช่น Hg_2Cl_2 เมื่อเป็น +2 เรียกว่าเมอร์คิวริก (mercuric) เช่น HgCl_2 อย่างไรก็ตามสารประกอบเมอร์คิวรัสมี Hg สองอะตอมอยู่คู่กันเสมอเรียกว่าเกิดเป็น ไดเมอร์ (dimer) ดังนั้นเมื่อสารเมอร์คิวรัสละลายน้ำ อีออนจะเป็นอีออนคู่เสมอคือ Hg_2^{2+} และจะไม่พบอีออนของปรอทในรูปของ Hg^+

อีออนของปรอทถึงแม้จะอยู่เป็นอีออนคู่ (Hg_2^{2+}) แต่สมบัติทางเคมีอื่นๆ คล้ายคลึงกับ อีออนเดี่ยวทั่วไป เช่น Hg^+ จะทำปฏิกิริยากับคลอไรด์อีออน (Cl^-) ไดเมอร์คิวรัสคลอไรด์ (mercurous chloride) มีสูตร Hg_2Cl_2 ซึ่งเป็นตะกอนสีขาว สาร Hg_2Cl_2 นี้มีชื่อเรียกทั่วไปว่า คาโลเมล (calomel) ใช้ประโยชน์เป็นอิเล็กโทรดในเซลล์ไฟฟ้า ครั้งหนึ่งเคยใช้คาโลเมลเป็นยาขับถ่าย อย่างไรก็ตาม ถ้าเปิดโอกาสให้สารนี้ถูกกับแสงสว่างโดยตรง สารนี้จะสลายให้ Hg และ Hg_2Cl_2 เป็น ผลิตภัณฑ์ สาร HgCl_2 เป็นพิษอย่างแรง ฉะนั้นเพื่อป้องกันอันตรายซึ่งอาจเกิดขึ้นจึงได้เลิกใช้ Hg_2Cl_2 เป็นยาขับถ่าย

ธรรมชาติคงจะทราบล่วงหน้าถึงพิษของปรอทที่จะเกิดกับสิ่งมีชีวิต จึงสร้างปรอทให้อยู่ ในรูปของแรซินนabar (cinnabar) มีสูตร $\text{HgS}_{(s)}$ ซึ่งมีสีแดงและไม่ละลายน้ำ และพยายามฝังไว้ใน ที่ห่างไกลจากคน แต่คนเราก็อุตสาหไปขุดคุ้ยขึ้นมาจนได้ เพราะพบว่าโลหะปรอทใช้ทำประโยชน์ หลายอย่าง เช่น

1. ใช้ทำเทอร์โมมิเตอร์และบาโรมิเตอร์
2. ใช้ทำให้เกิดโลหะเจือกับโลหะอื่นๆ เช่น Ag และ Sn โลหะเจือของ Hg และโลหะ

อื่น ๆ เรียกว่า อมัลกัม (amalgam) ทันตแพทย์เคยใช้อมัลกัมของ Hg ในการอุดฟัน

3. ใช้ผสมกับ Na เกิดโลหะเจือ Na-Hg ซึ่งเป็นรีคิวเซอร์ที่ดีมากสำหรับปฏิกิริยารีดักชัน
4. ใช้เป็นตัวคะตะไลต์ในกระบวนการการผลิตไวนิลคลอไรด์ (vinyl chloride มีสูตร $\text{CH}_2 = \text{CH}$) ซึ่งเป็นสารตั้งต้น หรือโมโนเมอร์ในการผลิตพลาสติกพีวีซี
5. สารประกอบปรอท ทั้งสารอนินทรีย์และอินทรีย์เป็นพิษอย่างแรง จึงใช้เป็นยาปราบศัตรูพืชและใช้ฆ่าเชื้อรา
6. ใช้ทำถ่านไฟฉายแบบอัลคาไลน์ (alkaline)
7. ใช้สกัดทองคำจากแร่ทองคำโดยเกิดอมัลกัมกับทองคำ
8. ใช้ทำตะเกียงที่เรียกว่าตะเกียงไอปรอท (mercury vapor lamp)
9. ใช้เป็นคาโทดในกระบวนการการเตรียมโซดาไฟ
10. ใช้ในเครื่องมือเพื่อทำให้เกิดสุญญากาศ
11. ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตกระดาษ เพื่อป้องกันไม่ให้กระดาษเกิดขุ่นง่าย
12. ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำยาซักแห้ง

การนำปรอทมาใช้ประโยชน์ข้างต้น เปิดโอกาสให้ปรอทและสารประกอบของปรอทกระจายไปทั่วทุกหนทุกแห่งในสิ่งแวดล้อม เป็นสาเหตุของการเกิดปัญหาปรอทเป็นพิษ

ปรอทนอกจากจะพบในแร่ซินนาบาร์แล้ว ยังพบในแร่อื่น ๆ อีก เช่น Calomel (Hg_2Cl_2), Coloradoite (HgTe), Livingstonite (HgSb_4O_7) และ Tiemannite (HgSe) นอกจากนี้แล้วยังพบสารประกอบของปรอทในถ่านหิน ถ่านหินทั่วไปมี Hg ปะปนอยู่ประมาณ 1 ppm (ย่อมาจาก part per million แปลว่าส่วนในล้านส่วน) มีผู้ประมาณการไว้ว่าในปัจจุบันนี้ทั่วโลกเผาถ่านหินปีละประมาณ 5×10^9 ตัน ซึ่งหมายความว่า มีการปล่อยปรอทเข้าสู่บรรยากาศของโลกเรา 5,000 ตันต่อปี จึงนับว่าการเผาถ่านหินเป็นแหล่งปล่อยปรอทสู่บรรยากาศที่สำคัญที่สุดแหล่งหนึ่ง แหล่งที่สำคัญอื่น ๆ ดังได้กล่าวมาแล้ว ได้แก่ การใช้ HgCl_2 เป็นคะตะไลต์ในกระบวนการการผลิตพีวีซี และกระบวนการ การเตรียมโซดาไฟ และคลอรีน

สารประกอบอนินทรีย์ของปรอทที่ละลายน้ำ จะมีโอกาสเข้าสู่ร่างกายได้ง่าย โดยปะปนเข้าไปกับอาหารและน้ำดื่ม เช่น Hg_2Cl_2 และ HgCl_2 เมื่อเข้าสู่ร่างกายจะ ไปกีดขวางเดินอาหารและไตได้ อย่างไรก็ตามสารประกอบอนินทรีย์ของปรอทเป็นพิษไม่ร้ายแรงนักเมื่อเปรียบเทียบกับสารประกอบอินทรีย์ของปรอท เช่น ไดเมทิลเมอร์คิวรี (dimethylmercury) มีสูตร $(\text{CH}_3)_2\text{Hg}$ และ เมทิลเอทิลเมอร์คิวรี (methyl ethylmercury) มีสูตร $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{HgCH}_3$

สารอินทรีย์ของปรอทสามารถเกิดได้โดยขบวนการทางธรรมชาติ และจากการเปลี่ยนสารอนินทรีย์ของปรอทไปเป็นสารอินทรีย์ ซึ่งพบจากเหตุการณ์อุตสาหกรรมการผลิตโซดาไฟ

และแกสคลอรีนได้ทั้ง HgCl_2 ลงในอ่าวหรือในทะเล เพราะเข้าใจว่าสารนี้มีความถ่วงจำเพาะสูง (ถ.พ. = 5.5 ที่ 25°C) จึงควรจมอยู่ใต้น้ำตลอดไปโดยไม่มีโอกาสเข้าสู่ระบบนิเวศน์ อย่างไรก็ตาม ปรากฏว่า HgCl_2 สามารถเปลี่ยนไปเป็นสารอินทรีย์ของปรอทได้ เช่น CH_3HgCH_3 โดยจุลินทรีย์ที่อยู่ใต้น้ำ และต่อมาก็เข้าไปสะสมในตัวปลาและเข้าสู่ร่างกายของคนเราในที่สุด

สารอินทรีย์ของปรอทละลายได้ดีมากในไขมัน ดังนั้นเมื่อสารเข้าสู่ร่างกายจึงไปสะสมตามเนื้อเยื่อร่างกายที่มีไขมันสูง เช่น ไขมันสมอง และไปขัดขวางการทำงานของระบบประสาท ทำให้ระบบประสาทผิดปกติ เกิดอาการของโรคมินามาตะ

พิษอันเนื่องมาจากสารปรอทก็เช่นเดียวกับพิษที่เกิดจากโลหะหนักอื่น ๆ เช่น ตะกั่ว (Pb), แคดเมียม (Cd) เป็นพิษเกิดจากการสะสมซึ่งเมื่อสารเข้าสู่ร่างกายสามารถคงอยู่ในร่างกายได้เป็นเวลานาน

ระยะเวลาที่สารพิษคงอยู่ในร่างกายได้ยาวหรือสั้นเพียงใดขึ้นอยู่กับชนิดของสารพิษ ในกรณีของสารอินทรีย์ของปรอทมีครึ่งชีวิตทางชีววิทยา (biological half life) ประมาณ 70 วัน กล่าวคือ สารที่เข้าสู่ร่างกายจำนวนหนึ่ง เช่น 1 กรัม กึ่งหนึ่ง หรือ $\frac{1}{2}$ กรัม จะสามารถขับออกไปจากร่างกายได้ภายใน 75 วัน เหลือ $\frac{1}{2}$ กรัม และเมื่อเวลาผ่านไปอีก 75 วัน ร่างกายจะขับสารออกไปอีกกึ่งหนึ่งของจำนวนสารที่เหลือ ($\frac{1}{2}$ กรัม) ดังนั้นหลังเวลา 150 วัน สารนี้จะเหลือในร่างกายเพียง $\frac{1}{4}$ กรัม ($\frac{1}{2} \times \frac{1}{2}$ กรัม) ของจำนวนที่ร่างกายรับเข้าไปนับตั้งแต่ต้น (1 กรัม) การลดลงในลักษณะนี้จะดำเนินไปเรื่อย ๆ จนกระทั่งสารพิษนั้นจะถูกขับออกจากร่างกายหมด

อย่างไรก็ตามครึ่งชีวิตทางชีววิทยาของสารอินทรีย์ของปรอท (ตลอดจนสารพิษทั่ว ๆ ไป) มีค่าสูง ดังนั้นก่อนที่จะร่างกายจะขับสารพิษออกมาในปริมาณที่มากพอ ร่างกายกลับรับสารพิษเพิ่มเข้าไปอีก กล่าวอีกนัยหนึ่งก็คือร่างกายของเรารับสารเข้าไปในอัตราที่เร็วกว่าร่างกายขับสารออกมา ผลก็คือร่างกายจะสะสมสารอินทรีย์ของปรอท (หรือสารพิษอื่น ๆ) เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงขีดหนึ่งร่างกายทนสารพิษต่อไปไม่ได้เกิดอาการผิดปกติ ล้มป่วยลงและอาจถึงตายได้ในที่สุด

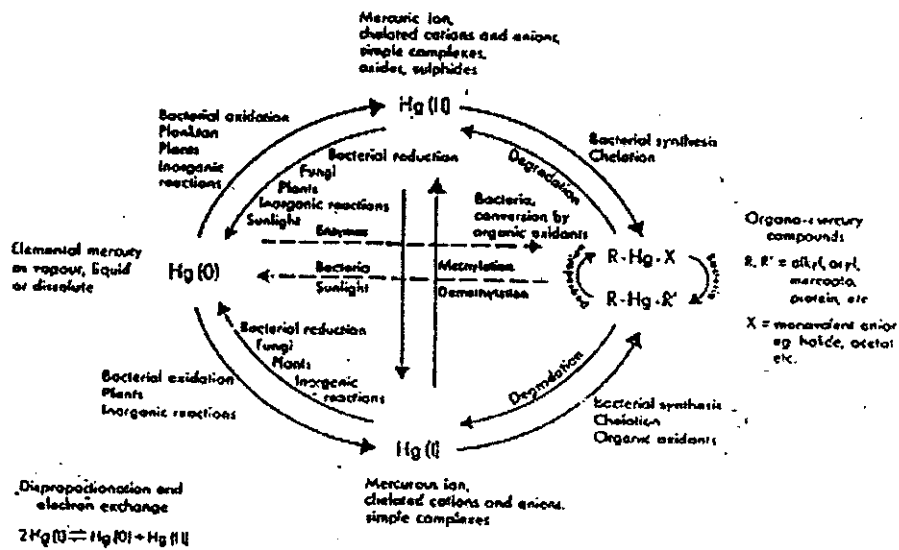
1. รูปแบบทางเคมีและความเป็นพิษของสารปรอท ปรอทในธรรมชาติมีหลายรูปแบบทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ นอกจากนี้ยังสามารถ เปลี่ยนรูปแบบได้ ซึ่งปรอทแต่ละรูปจะมีความเป็นพิษต่างกัน ดังตาราง 3

ตารางที่ 3 รูปแบบทางเคมีและความเป็นพิษของสารปรอท (De Anil, 1994 อ้างถึงใน วรวิทย์ ชีวาพร, 2542)

รูปแบบ	ความเป็นพิษ
Hg	โลหะปรอท: ค่อนข้างเฉื่อยและไม่เป็นพิษ แต่ไอปรอทเป็นพิษอย่างร้ายแรงเมื่อสูดเข้าไป
Hg ₂ ²⁺	ประจุเมอร์คิวรัส : ไม่ละลายน้ำ ในรูปสารประกอบคลอไรด์ความเป็นพิษไม่มาก เช่น เมอร์คิวรัสคลอไรด์ (Hg ₂ Cl ₂)
Hg ²⁺	ประจุเมอร์คิวริก : เป็นพิษแต่ยังไม่สามารถที่จะเคลื่อนย้ายข้ามเนื้อเยื่อ เช่น Blood Brain Barrier (BBB) ซึ่งกั้นระหว่างกระแสโลหิตกับเนื้อเยื่อสมอง (ช่วยป้องกันไม่ให้สารพิษผ่านจากกระแสโลหิตเข้าสู่เนื้อเยื่อประสาทส่วนกลาง) สามารถสะสมและทำอันตรายต่อไต เช่น เมอร์คิวริกคลอไรด์ (HgCl ₂)
RHg ⁺	สารปรอทอินทรีย์เชิงเดี่ยว : มีความเป็นพิษสูง โดยเฉพาะ CH ₃ Hg ⁺ (Methylmercury) ทำลายระบบประสาทและสมองอย่างถาวร สามารถเคลื่อนย้ายเนื้อเยื่อทั่วทั้งร่างกายได้ สะสมได้ดีในเนื้อเยื่อไขมัน
R ₂ Hg	สารปรอทอินทรีย์เชิงคู่ : มีความเป็นพิษต่ำ สามารถถูกเปลี่ยนรูปแบบเป็น RHg ⁺ ได้ในตัวอย่างที่เป็นกรด เช่น (CH ₃) ₂ Hg
HgS	สารประกอบปรอทซัลไฟด์ : ไม่ละลายน้ำและไม่เป็นพิษ พบตามธรรมชาติในรูปของแร่ซินนาบาร์ (Cinnabar)

2. แหล่งกำเนิดและการแพร่กระจายเข้าสู่สิ่งแวดล้อม (sources and pathways into the environment)

2.1 แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติ (natural occurrence) ปรอทเป็นสารที่มีอยู่ตามธรรมชาติ เข้าสู่สภาพแวดล้อมโดยการสลายตัวของหินแร่ที่มีปรอทเป็นองค์ประกอบ จากการศึกษาเกี่ยวกับการสลายตัวของปรอทตามธรรมชาติ โดย National Academy of Science (NAS) ในปี ค.ศ. 1978 พบว่า ปริมาณของสารปรอทที่ระเหยออกมาตามเปลือกของผิวโลก ออกมากับก๊าซภูเขาไฟ และระเหยจากมหาสมุทรจะมีจำนวนประมาณ 2,700-6,000 ตัน/ปี แหล่งกำเนิดตามธรรมชาติดังกล่าวนี้จะทำให้เกิดการแพร่กระจายของปรอทเข้าสู่สิ่งแวดล้อม ซึ่งวัฏจักรของปรอทจะมีการเปลี่ยนแปลงในธรรมชาติ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 วัฏจักรของปรอทในธรรมชาติ (Lenihan & Fletcher, 1977 cited in WHO, 1980)

2.2 แหล่งกำเนิดจากมนุษย์ (man-made source) การที่มนุษย์นำปรอทมาใช้เป็นวัตถุดิบในขบวนการผลิตต่าง ๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านอุตสาหกรรม ก็จะทำให้เกิดการแพร่กระจายของปรอทเข้าสู่สิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่งด้วย ซึ่งจากการศึกษาของ ลินเบิร์ก และคณะ (Lindberg et al., 1987 cited in WHO, 1991) และ พาซินา (Pacyna, 1987 cited in WHO, 1991) ก็พบว่า ปริมาณของสารปรอทที่แพร่กระจายเข้าสู่สิ่งแวดล้อมจากกิจกรรมของมนุษย์จะมีจำนวนถึง 2,000-3,000 ตัน/ปี สำหรับกิจกรรมมนุษย์ที่ใช้ปรอทเป็นวัตถุดิบในขบวนการผลิตจะทำให้เกิดการแพร่กระจายของปรอทเข้าสู่บรรยากาศที่สำคัญ ได้แก่ การทำเหมืองแร่ปรอท การสกัดสินแร่ปรอทซัลไฟด์ การเผาไหม้เชื้อเพลิงที่มาจากซากฟอสซิล การเผาขยะอุตสาหกรรมผลิตคลอรีนและโซดาไฟ ฯลฯ ส่วนกิจกรรมที่ทำให้เกิดการแพร่กระจายของปรอทลงสู่แหล่งน้ำก็คือ อุตสาหกรรมผลิตกระดาษ ยารักษาโรค การผลิตคลอรีนและโซดาไฟ การผลิตเหล็กและเหล็กกล้า ฯลฯ

การผลิตสารปรอทในเชิงการค้าปรากฏว่ามีเพียงไม่กี่ประเทศเท่านั้นที่ทำการผลิตที่สำคัญคือรัสเซีย สเปน อิตาลี และจีน แต่ปริมาณการผลิตจะมีแนวโน้มลดลงกล่าวคือ ในปี ค.ศ. 1971 จะมีการผลิตสารปรอทมากที่สุดถึง 10,000 ตัน และได้ลดลงเหลือเพียง 7,100 ตันในปี ค.ศ. 1981 สำหรับประเทศไทยได้มีการนำเข้าสารปรอทจากประเทศต่าง ๆ เป็นประจำทุกปี จากสถิติของกรมอุตสาหกรรมรายงานว่า ในปี พ.ศ. 2527 ประเทศไทยมีการนำเข้าสารปรอทเพื่อใช้ในกิจการต่าง ๆ เป็นจำนวน 5,219 กิโลกรัม (พิมล เรียนวัฒนา และชัยวัฒน์ เจนวานิชย์, 2525)

3. การดูดซึม การกระจาย การสะสม และการขับถ่ายสารปรอทในร่างกาย การดูดซึม

สารปรอทเข้าสู่ร่างกาย ส่วนใหญ่เกิดได้ 3 ทางคือ (วสันต์ ดันติวิภาวิน, 2529)

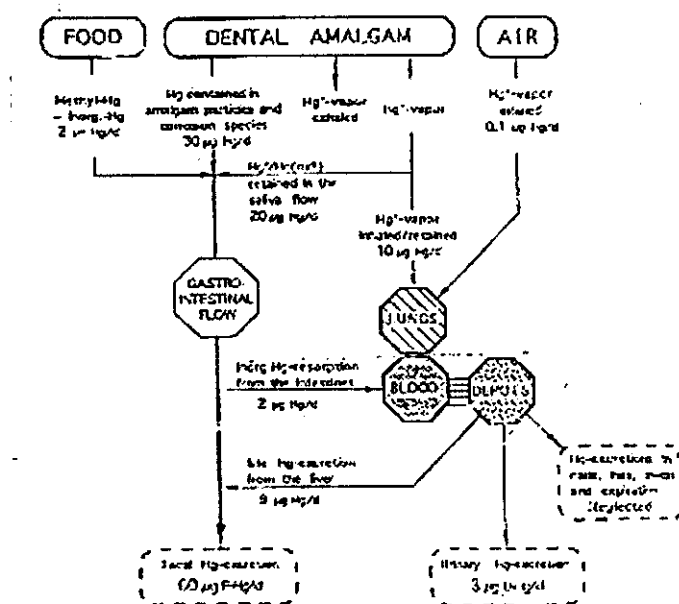
3.1 ทางผิวหนัง สารประกอบของปรอทสามารถซึมผ่านผิวหนังเข้าสู่ร่างกายได้ ทำให้เกิดอันตรายต่อผิวหนังหรือกล้ามเนื้อบริเวณนั้น อาการเริ่มแรกจะรู้สึกระคายเคือง คัน และอักเสบ ในบริเวณที่สัมผัสกับสารประกอบของปรอท ต้องรีบล้างออกมิฉะนั้นจะเป็นอันตรายต่อกล้ามเนื้อ ถ้าสารประกอบซึมเข้าไปมาก ๆ กล้ามเนื้อส่วนนั้นอาจตายได้ สำหรับพวกที่ต้องสัมผัสกับสารนี้อยู่เสมอ อาจจะทำให้เกิดโรคเกี่ยวกับไขข้อและกล้ามเนื้ออักเสบ

3.2 ทางปาก การเข้าสู่ร่างกายวิธีนี้ก็โดยที่มีปรอทปะปนมากับอาหารหรือยาที่มีสารประกอบของปรอทผสมอยู่ ถ้ามีปริมาณมากเกินไปเกินความต้านทานของร่างกาย จะเป็นโทษต่อระบบทางเดินอาหาร ทำให้ระบบทางเดินอาหารอักเสบ ปวดกระเพาะ อาเจียนบ่อยครั้งและมีเลือดปนออกมาด้วย

3.3 ทางจมูก โดยการหายใจเอาไอปรอทหรือฝุ่นละอองที่มีสารปรอทอยู่ในอากาศเข้าสู่ร่างกาย ซึ่งจะเข้าสู่ปอดแล้วซึมผ่านไปในกระแสโลหิตและสะสมอยู่ตามอวัยวะต่าง ๆ ส่วนใหญ่มักจะสะสมที่ไต เพราะไตเป็นส่วนที่มีเลือดผ่านมากที่สุด ถ้ามีมากเกินไปเกินความต้านทานของร่างกายก็จะทำให้เกิดพิษขึ้นอาจถึงตายได้ ไตไม่ทำงานเนื่องจากไม่สามารถขับปัสสาวะออกได้ ส่วนสารปรอทที่สะสมอยู่ในสมองก็จะเป็นอันตรายต่อระบบประสาทส่วนกลาง อาจทำให้เป็นอัมพาตได้

4. การกระจายไปสู่อวัยวะอื่น เมื่อร่างกายได้รับสารปรอทแล้วสามารถกระจายไปยังไต สมอง ทำให้เกิดอาการเป็นพิษต่อระบบประสาทและไต ปรอทสามารถจับกับเม็ดเลือดแดง ทำให้เกิดพิษต่อเม็ดเลือดแดง นอกจากนี้ปรอทยังสามารถผ่านไปสู่ทารกในครรภ์โดยทางรกได้ด้วย (วสันต์ ดันติวิภาวิน, 2529)

5. การสะสมของปรอทในร่างกาย ร่างกายของคนเราสามารถสะสมปรอทไว้ได้ โดยที่อาจไม่เกิดการทำลายต่อเนื้อเยื่อของร่างกายให้พบเห็นได้ แต่จะมีการสะสมที่ละน้อยในไต สมอง ตับ ม้าม หัวใจ เยื่อเมือกของลำไส้ ต่อมไทรอยด์ อัณฑะ และกล้ามเนื้อโครงสร้าง ไตเป็นแหล่งสะสมมากที่สุดเมื่อสัมผัสไอปรอท และเกล็ดของปรอทอนินทรีย์ อีกส่วนหนึ่งคือสมองโดยเฉพาะ posterior cortex การตรวจวัดปริมาณการสะสมของธาตุปรอทจากอวัยวะที่เป็นแหล่งสะสมโดยตรงในร่างกายมนุษย์นั้นเป็นเรื่องที่ยุ้งยากและอาจไม่เหมาะสมในทางปฏิบัติ จึงใช้ค่าทางชีววิทยาของร่างกายมาเป็นตัวชี้วัดแทน เครื่องบ่งชี้ถึงปริมาณสารปรอทที่ร่างกายได้รับในเวลาทำงานซึ่งเป็นที่นิยมใช้มี 3 ตัวกลาง คือ ปริมาณสารปรอทในเส้นผม เลือด และปัสสาวะ สารปรอทสามารถเข้าสู่ร่างกายได้ โดยแสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 สารปรอทที่เข้าสู่ร่างกาย (Liang & Brooks, 1995)

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า ค่าปริมาณสารปรอทในเส้นผมและเลือดนิยมใช้ในการวัดความแตกต่างของการสัมผัส methyl mercury ซึ่งพบในอาหารจำพวกปลา ในน้ำ ไม่มีข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะชี้ให้เห็นว่ามีความสัมพันธ์กันระหว่างปริมาณปรอทในเส้นผมกับสารปรอทอนินทรีย์ เพราะในความเป็นจริงไม่ทราบว่าเส้นผมมีปรอทสะสมจากการสัมผัสจากภายนอก ร่างกายเท่าไร เส้นผมจึงไม่เหมาะสมในการ monitor การสัมผัสปรอทอนินทรีย์ (WHO, 1991)

ในการสัมผัสไอปรอทจำนวนน้อย ๆ เป็นระยะเวลานาน เป็นการยากที่จะแยกหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณปรอทในเลือดกับการสัมผัสสารปรอทอนินทรีย์ ซึ่งมีตัวรบกวน (confounder) คือ การสัมผัสจากการกินปลา น้ำ หรืออาหารอื่น ๆ ที่มี methyl mercury เพราะค่าที่ตรวจพบในเลือด ปกติจะมีจำนวนน้อยมาก (ค่า BEI = 3.5 µg/100 ml) ซึ่งอาจจะแก้ไขปัญหานี้ได้โดยการนำพลาสมาไปตรวจวิเคราะห์ด้วยวิธีพิเศษ ปัญหาของการมีตัวรบกวนจากการสัมผัสปรอทอื่น ๆ จะลดความสำคัญลงมากเมื่อใช้ปริมาณสารปรอทในปัสสาวะซึ่ง methyl mercury ถูกขับออกมาทางนี้น้อยมาก (WHO, 1991)

สำหรับการบริโภคอาหารจำพวกปลาที่มีการปนเปื้อนสารปรอท ได้มีผู้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอัตราการรอดของปลาที่อยู่ในบ่อทดลอง โดยอาหารจะเป็นดัชนีชี้วัดถึงการบริโภคของปลาซึ่งมี MeHg ปนเปื้อนอยู่ด้วย พบว่าการบริโภคของปลาที่สูงขึ้นจะส่งผลต่อระบบห่วงโซ่อาหาร ซึ่งมนุษย์จะได้รับสารปรอทจากการบริโภคปลาที่มีการปนเปื้อนสารปรอท (Hall, et al.,

1997)

อีกตัวอย่างหนึ่งคือ การศึกษาสารปรอทที่มีอยู่ในปลา โดยใช้ปลาจำนวน 16 ชนิด (marine fishes) พบว่า ปริมาณปรอทในปลาอยู่ที่ระดับ 35 $\mu\text{g/kg}$ -1225 $\mu\text{g/kg}$ ซึ่ง FDA ได้ กำหนดค่าปรอทในปลาไว้เพียง 500 $\mu\text{g/kg}$ ดังนั้นถ้าคนบริโภคปลาที่มีสารปรอทปนเปื้อน จะสามารถรับปรอทเข้าสู่ร่างกายถึง 106 $\mu\text{g/kg/day}$ (Biddone, Castilhos, Santos, Souza, & Lacerda, 1997)

6. การขับถ่ายปรอทออกจากร่างกาย เมื่อร่างกายได้รับสารปรอทเข้าไปก็มีการขับถ่ายออกมาด้วย โดยปรอทถูกขับถ่ายออกมามากในสัปดาห์แรกที่ได้รับทางปัสสาวะและอุจจาระเป็นส่วนใหญ่ บางส่วนถูกขับทางเหงื่อ น้ำลาย น้ำดี น้ำนม และผ่านรกไปสู่ทารกได้ นอกจากนี้ ปรอทจะถูกสลายออกมาอยู่ในกระแสเลือดเมื่อร่างกายไม่สบาย มีอุณหภูมิสูง และได้รับยาบางอย่าง ค่าครึ่งชีวิต (biological half-life) แต่ละชนิดของสารปรอท แสดงในตาราง 4

ตารางที่ 4 ค่าครึ่งชีวิตทางชีววิทยาของสารปรอท (Klassen, Amdur & Doull, 1986)

ชนิดของสารปรอท	ค่าครึ่งชีวิตทางชีววิทยาของสารปรอท (วัน)
inorganic mercury salts	40
methyl mercury	70
mercury vapor or elemental mercury	35-90

7. อาการแสดงและอาการที่ตรวจพบจากพิษของปรอท ปรอทที่สะสมอยู่ในร่างกาย มีผลร้ายับันทอนสุขภาพ ความทนทานต่อพิษปรอทของแต่ละคนมีขีดจำกัดที่แตกต่างกัน บางคนมีผลต่อเมื่อมีปรอทสะสมอยู่ในปัสสาวะ 50 $\mu\text{g/L}$ ขณะที่บางคนอาจต้องมีการสะสมของสารปรอทเกินกว่า 150 $\mu\text{g/L}$ จึงแสดงอาการเนื่องจากพิษของปรอท ความรุนแรงของอาการของโรคขึ้นอยู่กับปริมาณสารปรอทที่สะสมในร่างกาย อาจดูได้จากปริมาณของปรอทในปัสสาวะประกอบกับปริมาณของปรอทในสิ่งแวดล้อม

สารปรอทเมื่อเข้าสู่ร่างกายมนุษย์แล้วจะมีปฏิกิริยาแตกตัวเป็นไอออนซึ่งมีประจุไฟฟ้า ไอออนดังกล่าว สามารถรวมตัวกับหมู่ซัลไฟด์ (-SH) ในโปรตีนและเอนไซม์ ทำให้หน้าที่ของเอนไซม์ถูกขัดขวาง ปฏิกิริยาทางชีวเคมีที่จะให้พลังงานแก่ร่างกายถูกรบกวนด้วย ดังนั้นร่างกายจึงจำเป็นต้องหาวิธีอื่นเพื่อที่จะให้ได้มาซึ่งพลังงาน ซึ่งวิธีเหล่านี้จะทำให้เกิดกรดแลคติก (lactic acid) เป็นผลพลอยได้ กรณีนี้เป็นผลร้ายต่อเซลล์ภายในร่างกาย คือทำให้เซลล์ส่วนที่มึกรกเกิดขึ้นนั้นตายได้ จุดแรกที่ถูกปรอททำลายคือ เยื่อหุ้มเซลล์ เนื่องจากมีเอนไซม์หมู่ซัลไฟด์จำนวนมาก

160868

๑
6/5/92
๑3/5/๙๒
๐๗๐

ปรอทในสถานะเป็นของเหลวจะมีความเป็นพิษไม่มากนัก แต่เมื่ออยู่ในสถานะเป็นไอจะมีพิษอย่างรุนแรง พิษของปรอทจะทำให้เกิดอันตรายต่อระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายที่สำคัญคือ จะทำลายระบบทางเดินหายใจและทำลายเนื้อเยื่อในปอด นอกจากนี้ยังมีผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลาง ซึ่งจะแสดงอาการต่าง ๆ ออกมา เช่น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางจิตใจ ความจำเสื่อม ความเชื่อมั่นในตนเองลดลง บางรายเกิดการเปลี่ยนแปลงทางด้านพฤติกรรมและบุคลิกลักษณะ โดยที่จะมีอาการตกใจง่าย มีความรู้สึกเศร้าสลด และชอบทะเลาะวิวาท เป็นต้น

อาการของคนที่ได้รับปรอทมากถึงขั้นเป็นพิษทั้งจากการสัมผัสโดยตรง สูดดมหรือรับประทานเข้าไป อาจปรากฏอาการของโรคพอสรูปจากที่ได้มีผู้รวบรวมไว้ได้ดังนี้

8. ลักษณะอาการแสดงที่เกิดขึ้นทางระบบประสาท (วสันต์ ตันติวิภาวิน, 2529)

8.1 คนไข้มีอาการกระวนกระวายขาดความเชื่อมั่นในตนเอง ตื่นเต้นง่าย ทำให้บุคลิกภาพของคนผู้นั้นเปลี่ยนไป อาการอาจถึงขั้นรุนแรงคือ เพ้อคลั่ง สูญเสียความทรงจำ

8.2 มีอาการผิดปกติทางประสาท โดยมีอาการสั่น (tremor) ที่มือก่อน แล้วจึงขยายลุกลามไปยังหน้า แขนหรือขา และอาจมีอาการรุนแรงถึงขั้นชักก็ได้

8.3 เวลาพูดจะมีอาการลิ้นพันกัน ติดอ่างเล็กน้อย

8.4 ลายมือเปลี่ยนไป อ่านยากขึ้น เนื่องจากเขียนขยุกขยิกไม่เป็นระเบียบ

8.5 คนไข้จะมีท่าทางเดินที่ไม่มั่นคง บางรายอาจมีอาการชักกระตุก และปฏิกิริยาตอบสนองมากเกินไป (hyper-reactive reflex) โดยอาจเพิ่มขึ้นถึง 5 เท่าของคนปกติ

8.6 มีการเปลี่ยนแปลงของขนาดจอภาพในลูกตา (constriction of visual field) ปฏิกิริยาตอบสนองของเลนส์ตา (lens reflex) ผิดปกติ และอาจพบว่ามี ความบกพร่องของการปรับสายตา (accommodation) และการรักษาสมดุลย์ของกล้ามเนื้อตา (muscular balance)

9. ลักษณะอาการแสดงที่เกิดขึ้นในแต่ละส่วนของร่างกาย (วสันต์ ตันติวิภาวิน, 2529)

9.1 ในช่องปาก

9.1.1 รู้สึกรสโลหะ (metallic taste) มีน้ำลายออกมาก ค่อยน้ำลายและลิ้นโต

9.1.2 เหงือกอักเสบเป็นแผล มีเลือดออก และอาจมีเหงือกบวมอย่างรุนแรง ถ้าเป็นมากฟันอาจโยกและหลุดไปได้

9.1.3 เยื่อช่องปากอักเสบ มีสีน้ำเงินคล้ำที่เหงือก

9.2 ทางเดินอาหาร

9.2.1 กระเพาะอาหารอักเสบ (gastritis)

9.2.2 ลำไส้ใหญ่อักเสบ (colitis)

9.3 การหายใจ

9.3.1 หลอดลมอักเสบ (bronchitis)

9.3.2 ปอดอักเสบ (pneumonitis)

9.4 ประสาทและกล้ามเนื้อที่มีการอักเสบ

9.4.1 มีอาการสั่นของกล้ามเนื้อ (tremor) ที่มือ หน้าตา ริมฝีปาก และลิ้น ถ้าเป็นมากมือแขน ขา อาจจะเกร็ง

9.5 อาการทางไต

9.5.1 ทำให้ไตอักเสบ อาจมีเลือดออกจากไต และออกมาทางปัสสาวะ

9.6 อาการทางจิต

9.6.1 นอนไม่หลับ กระสับกระส่าย ความจำเสื่อม ประสาทหลอน หวกระแวงต่าง ๆ ซ้ำๆ ตัดสินใจอะไรไม่ค่อยได้ อารมณ์อ่อนไหว ไวต่อความรู้สึกเกินไป อาจเกิดภาวะความผิดปกติที่เรียกว่า เออร์ริซึม (erethism) ซึ่งทำให้นุคลิกภาพผิดไปจากปกติได้

9.7 อาการอื่น ๆ

9.7.1 อาจมีอาการคลื่นไส้ ปวดศีรษะบ่อย เหนื่อยอ่อน และอาจมีอาการท้องเสียอย่างเรื้อรังได้

10. ลักษณะอาการที่ตรวจพบ อาจตรวจพบได้ 2 แนวทาง คือ (วสันต์ ดันติวิภาวิน, 2529)

10.1 อาการที่พบในคลินิก เมื่อร่างกายมีโปรทสะสมในร่างกายจนมีปริมาณมากพอสมควร จะก่อให้เกิดอาการผิดปกติ ซึ่งแบ่งลักษณะอาการที่พบในคลินิกได้เป็นแบบเฉียบพลัน และแบบเรื้อรัง

10.1.1 อาการเป็นพิษแบบเฉียบพลัน มีสาเหตุมาจากการได้รับโปรทในปริมาณมาก ๆ โดย

10.1.1.1 การสูดไอโปรทปริมาณมาก อาจก่อให้เกิด การทำลายของผนังหลอดลมและถุงลมได้ เกิดอาการหลอดลมและปอดอักเสบเฉียบพลัน อาจมีอาการทางประสาทร่วมด้วย

10.1.1.2 การรับประทานอาหารเข้าไป ซึ่งจะพบว่าผู้ป่วยมีอาการกระหายน้ำ อาเจียน เจ็บปวดช่องท้องอย่างรุนแรง ท้องร่วง อุจจาระเป็นเลือด ปัสสาวะถูกขับออกมาน้อยลง หรือไม่สามารขับปัสสาวะได้ และอาจจะตายเนื่องจากมีสารยูเรียในเลือด ทำให้เกิดภาวะโลหิตเป็นพิษ (uremia) ได้

10.1.2 อาการเป็นพิษแบบเรื้อรัง มีสาเหตุมาจาก

10.1.2.1 การรับประทานเกลือเมอร์คิวรีชนิดไม่ละลายน้ำ (insoluble mercuric salt) เป็นเวลานาน ๆ จะเกิดอาการของโรค เช่น ลมพิษ ผื่นคัน และเกิดอาการตามมาคือ เบื่ออาหาร รู้สึกมีรสโลหะในปาก มีน้ำลายออกมามาก ระยะแรกมีการขับปัสสาวะออกมามาก เนื่องจากขบวนการดูดน้ำกลับของท่อไตถูกรบกวน ต่อมาภายหลังเมื่อเยื่อถูกทำลายทำให้ขับ ปัสสาวะไม่ออก และยังเกิดอาการไตอักเสบ

10.1.2.2 การสัมผัสทางผิวหนังหรือสูดดมไอปรอทเข้าไปเป็นระยะเวลา ยาวนาน ก่อให้เกิดภาวะปรอทเป็นพิษ (mercurialism) มีอาการเบื่ออาหาร เกิดอาการสั่นร้ว (tremor) เหนื่อย อ่อนแอ ที่ขอบเหงือกมีสีน้ำเงินคล้ำ ฟันโยกง่าย ไตอักเสบ ท้องร่วง ในรายที่ใช้ น้ำสัมผัสกับปรอทอยู่เสมอ จะสังเกตเห็นด้านข้างของเล็บมีสีน้ำเงินคล้ำด้วย และอาการที่สำคัญ ก็คือ จะเกิดอันตรายต่อสมอง มีอาการที่แสดงว่ามีความกดดันทางจิตใจ (mental depression) ตัวอย่างเช่น หงุดหงิด กระวนกระวาย ระวังอารมณ์ไม่ได้

10.1.2.3 การใช้ผงทาเหงือกตอนฟันขึ้น (calomel teething power ซึ่งมีปรอท เป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย) เป็นประจำในเด็กที่อายุต่ำกว่า 2 ปี จะเกิดอาการ อโครไดเนีย (acrodynia or pink disease) มีลักษณะผรุ้งเป็นหย่อม ๆ สูญเสียฟันเร็วเกินไป ปวดตามแขนขา และท้องร่วงอย่างรุนแรง อาการเหล่านี้จะคงอยู่เป็นสัปดาห์หรือเป็นเดือน ๆ

10.2 อาการที่ตรวจพบจากห้องปฏิบัติการ

10.2.1 ในการตรวจโดยการวัดปริมาณของปรอทในปัสสาวะ ถ้าพบว่าปริมาณ สารปรอทในปัสสาวะสูงกว่า $150 \mu\text{g/L}$ (ค่า BEL, biological exposure index) อาจเกิดอาการ ผิด ปกติอันเนื่องมาจากพิษของปรอทได้ ดังนั้นสำหรับผู้ที่ทำงานใกล้ชิดกับปรอทควรจะแยกตัวออก มาให้ห่างจากสารปรอท จนกว่าปริมาณของสารปรอทที่พบในปัสสาวะจะลดต่ำลงมา

10.2.2 ปริมาณสารปรอทในปัสสาวะในคนทั่วไประดับปกติมีค่า $\leq 10 \mu\text{g/L}$ ในผู้ที่ทำงานสัมผัสปรอทระดับปลอดภัย $\leq 20 \mu\text{g/L}$ ระดับความเสี่ยง $> 20 - 150 \mu\text{g/L}$ ระดับ ไม่ปลอดภัย $> 150 \mu\text{g/L}$ แต่ทั้งนี้อาการแสดงอาจไม่สัมพันธ์กับปริมาณสารปรอทในปัสสาวะ เสมอไปก็ได้ ความสัมพันธ์ระหว่าง ปริมาณปรอทในอากาศ ในเลือด ในปัสสาวะและอาการแสดง ของมนุษย์ได้มีผู้ทำการศึกษาลายรายพอสรุปได้ดังตาราง 5

ตารางที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างการได้รับสารปรอทจากการหายใจ ในเลือด ในปัสสาวะ และ อาการแสดง (Klassen, Amdur & Doull, 1986)

การหายใจ (time weight average) 8 hrs.(mg/m ³)	เลือด μg/100ml	ปัสสาวะ μg/Litter	อาการแสดง
0.05	3.5	150	nonspecific symptom
0.1-0.2	7-14	300-600	tremor

ปรอทในสถานบริการทันตกรรม

ปรอทที่ใช้ทางทันตกรรมมี 2 รูปแบบ คือ โลหะปรอท (metallic mercury) สำหรับผสม กับอมัลกัมกับเป็นสารประกอบ (mercury compound) ใช้เป็นยาฆ่าเชื้อ (antiseptic solution)

ปรอททั้งสองรูปแบบเมื่อสัมผัสกับบุคคลใดที่ไวต่อสารพิษอาจเกิดแพ้ขึ้นทันที (sensitized) มักเกิดจากสูดไอระเหยของปรอท หรือจากการสะสมปริมาณของปรอทในร่างกายเป็น เวลานานก็อาจแพ้ได้ เรียกว่าแพ้พิษสารปรอทเรื้อรัง (chronic mercurialism) มีอาการตกใจง่าย ปวดศีรษะ เหนื่อย อ่อนเพลีย นอนไม่หลับความจำเสื่อม มือ ลั่น ขากรรไกร กระตุก ปากเปื่อย ฟันโยก น้ำลายไหล และมีอาการของโรคไตด้วย

ระดับก่อนแพ้ (threshold limit value) ใน

1. อากาศมีปรอท .05 มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร
2. ปัสสาวะ .015 มิลลิกรัมต่อลิตร
3. น้ำลาย .015 มิลลิกรัมต่อ 100 ลูกบาศก์มิลลิเมตร
4. โลหิต 6 มิลลิกรัมต่อ 100 ลูกบาศก์มิลลิเมตร
5. ผมและเล็บ 7 ในล้านส่วน

ทั้งทันตแพทย์ ผู้ช่วยทันตแพทย์และผู้ป่วยมีโอกาสสัมผัสกับปรอท แต่ทันตแพทย์และ ผู้ช่วยสัมผัสมากกว่าผู้ป่วยเพราะต้องปฏิบัติ เป็นประจำ เช่น ตามขั้นตอน ต่าง ๆ ของการ บำรุง ด้วยอมัลกัม การรื้ออมัลกัมเก่าออก การเก็บปรอทที่ไม่มิดชิด ตลอดจนเศษปรอทที่ตกลงตาม พื้นห้องและการล้างมือด้วยน้ำยาฆ่าเชื้อที่ผสมด้วยสารปรอท เป็นประจำ

ที่ต่างประเทศเคยมีรายงานไว้แล้ว เช่น คูก และเยทส์ (Cook & Yates, 1969) รายงาน ถึงผู้ช่วยทันตแพทย์ ซึ่งทำงานมาแล้ว 20 ปี ล้มป่วยและตายด้วยโรคไต จากการตรวจพบว่ามีปรอท ตกค้างที่ไตเป็นจำนวนมาก วินิจฉัยว่าเป็นโรคพิษปรอทเรื้อรัง เกิดขึ้นเนื่องจากผู้ป่วยเป็นผู้ช่วย

ทันตแพทย์ที่ต้องใช้ปรอทอมัลกัมอยู่เสมอ รายงานอีกเรื่องหนึ่งของ แมนทีลา และไรท์ (Mantyla & Write, 1976) กล่าวถึงทันตแพทย์สองคนพ่อลูก ทำงานส่วนตัวในสำนักงานเดียวกันในสหรัฐอเมริกา ทั้งคู่เริ่มมีอาการคล้ายพิษจากสารปรอทขึ้นพร้อมกัน กล่าวคือ รู้สึกเมื่อยล้าบริเวณต้นคอ บางครั้งคล้ายกับมีไฟฟ้ากระตุ้นบริเวณคอ ปวดร้อนตามมือและเท้า มือสั่น การตอบสนองต่อการกระตุ้นน้อยลง ในปากมีรสโลหะอยู่ตลอดเวลา จากการตรวจระดับไอปรอทในสำนักงานแห่งนี้ พบว่ามีสารปรอทอยู่ถึง .15 มิลลิกรัมต่อเนื้อที่หนึ่งลูกบาศก์เมตร ซึ่งตัวเลขนี้สูงกว่าระดับที่เป็นภัยต่อสุขภาพถึง 3 เท่า นอกจากนี้ยังสามารถเก็บเศษปรอทที่ตกลงตามพื้นของสำนักงานได้ถึง 1 ช้อนชา แต่ภายหลังจากที่ทำความสะอาดเปลี่ยนพรมปูพื้นเสียใหม่ตลอดจนแนะนำวิธีการใช้ปรอทอย่างปลอดภัย อาการพิษจากปรอทจึงหายไปในเวลา 20 เดือนต่อมา บรูคส์ และอัลลิงแฮม (Brooks & Allingham, 1974) เป็นผู้ทำงานเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ ได้ให้ความสนใจศึกษาปริมาณปรอทในวงการทันตแพทย์ที่นิวซีแลนด์ จากการวัดปริมาณปรอทในปัสสาวะทันตแพทย์, ผู้ช่วยทันตแพทย์ เปรียบเทียบกับกลุ่มบุคคลอาชีพอื่น ผลปรากฏว่า บุคลากรทางทันตแพทย์มีปรอทในร่างกายสูงกว่าคนทั่วไป กล่าวคือ ปริมาณปรอทในปัสสาวะของทันตแพทย์มีค่าเฉลี่ย 22.4 ไมโครกรัมต่อลิตร กลุ่มผู้ช่วยทันตแพทย์มีปรอทในปัสสาวะเฉลี่ย 37.5 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนกลุ่มที่ใช้เปรียบเทียบกับปรอทในปัสสาวะเพียง 7.0 ไมโครกรัมต่อลิตร เท่านั้น นอกจากนี้เคยมีผู้ทำการสำรวจหาปริมาณไอปรอทในสำนักงานทันตแพทย์พบว่า มีระดับไอปรอทสูงกว่าธรรมดา แต่ยังไม่จัดอยู่ในข่ายที่เป็นพิษ แต่จากการศึกษาของ แมนทีลา และไรท์ (Mantyla & Write, 1976) พบว่า สำนักงานทันตแพทย์ในมลรัฐ Utah สหรัฐอเมริกา จำนวน 72 แห่ง มีอยู่ถึง 7 แห่ง ที่มีระดับไอปรอทสูงกว่า threshold limit value คือสูงกว่า .05 มิลลิกรัมต่อเนื้อที่ 1 ลูกบาศก์เมตร ตัวเลขนี้กำหนดโดย The American Conference of Governmental Industrial Hygienists มีความหมายถึงอนุญาตให้คนงานทำงานในที่ที่มีระดับไอปรอทขนาดนี้ ได้ไม่เกินวันละ 8 ชั่วโมง หรือสัปดาห์ละ 46 ชั่วโมง มิฉะนั้นจะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ

จากตัวเลขและรายงานที่กล่าวไว้ข้างต้น จะเห็นว่า ผู้ช่วยทันตแพทย์และทันตแพทย์ มีโอกาสสะสมปรอทไว้ในร่างกายมากกว่าบุคคลทั่วไป แต่นับว่า ยังโชคดีที่ส่วนใหญ่ไม่อยู่ในขั้นที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ หากเป็นสัญญาณเตือนภัยให้ผู้ช่วยทันตแพทย์และทันตแพทย์ พึงระมัดระวังการใช้ปรอทให้มากขึ้น บางทีภัยจากปรอทในวงการทันตแพทย์อาจเกิดแล้ว แต่เป็นไปอย่างช้า ๆ โดยที่เราไม่ทันรู้ตัวก็ได้

ข้อพึงปฏิบัติในการทำงานเกี่ยวกับปรอทให้ถูกสุขอนามัยมีดังนี้ (วสันต์ คันติวิภาวิน, 2529)

1. ทนตบุคลากร

1.1 ให้ความรู้ถึงอันตรายเนื่องจากพิษของปรอท ลักษณะอาการแสดงเมื่อได้รับพิษปรอทและวิธีการป้องกันรวมถึงข้อควรปฏิบัติเมื่อมีปรอทหกแก่เจ้าหน้าที่ทุกคนในห้องทันตกรรม

1.2 รู้แหล่งกำเนิดของไอปรอท เช่น หยกปรอทที่รั่วซึมออกจากขวดดวง หรือ แคปซูลที่ปั่นอมัลกัม หรือขณะรี้อ อุดซัคมัลกัม

1.3 ควรได้รับการตรวจดูแลสุขภาพทั่วไปจากแพทย์เมื่อเริ่มเข้าทำงานและทุก ๆ ปี ซึ่งการตรวจนี้จะเน้นหนักไปถึงข้อบ่งชี้ลักษณะอาการของโรคที่เกิดจากพิษของปรอท โดยการตรวจเลือดและปัสสาวะ

1.4 ควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสปรอทโดยตรง ถ้าร่างกายสัมผัสปรอท ให้ล้างด้วยน้ำและสบู่ทันที

1.5 สวมหน้ากากที่สามารถกรองไอปรอท และฝุ่นอมัลกัมได้ขณะรี้ออมัลกัม

1.6 ไม่ควรดื่มน้ำ สูบบุหรี่ หรือรับประทานอาหารในห้องทันตกรรม เพราะอาจกลืนปรอทโดยไม่ตั้งใจ

1.7 สถานศึกษาควรให้ความสำคัญและเน้นถึงพิษภัยของปรอทต่อวิชาชีพทางทันตกรรมให้กับนักศึกษาทันตภิบาล เนื่องจากความประมาทเลินเล่อและรู้เท่าไม่ถึงการณ์

2. ห้องทันตกรรม

2.1 ห้องทันตกรรมควรมีการระบายอากาศหรือให้อากาศถ่ายเทได้สะดวก เช่น ติดตั้งพัดลมดูดอากาศออกนอกคลินิกให้เพียงพอต่อพื้นที่ หรือติดตั้งเครื่องฟอกอากาศ เพื่อช่วยให้อากาศบริสุทธิ์ยิ่งขึ้น ควรเปลี่ยนแผ่นกรองอากาศในเครื่องปรับอากาศเป็นประจำเมื่อถึงระยะเวลาเหมาะสม เนื่องจากไอปรอทจะกลั่นตัวค้างในแผ่นกรองอากาศ และเกิดระเหยเป็นไอปรอทได้อีก

2.2 พื้นห้องทันตกรรมควรเป็นพื้นเรียบไม่ดูดซับปรอท กรณีเกิดอุบัติเหตุปรอทหกในห้องทันตกรรม และสามารถทำความสะอาดได้ง่าย

2.3 ควรตรวจวัดระดับไอปรอทในห้องทันตกรรมเป็นระยะ ซึ่งมีค่าไม่เกิน 50 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในระยะเวลาการทำงาน 40 ชั่วโมงต่อสัปดาห์

2.4 แหล่งความร้อน เช่น เครื่องทำความร้อน เตาอบ หรือหม้อต้มเครื่องมือ ควรนำออกไปให้พ้นบริเวณที่มีการทำงานเกี่ยวกับปรอท เพราะเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อยก็สามารถเพิ่มการระเหยของปรอทได้

2.5 โต๊ะทำงานควรอยู่แยกจากห้องปฏิบัติการทางทันตกรรม เนื่องจากห้องปฏิบัติการอาจมีปรอทฟุ้งกระจายอยู่

3. การปฏิบัติงาน

3.1 เก็บปรอทในภาชนะที่ตกไม่แตก ฝาปิดสนิท จับถนัดมือ ห่างไกลจากแหล่งกำเนิดความร้อน มีฉาครอบรับภาชนะ ไม่ควรเขย่าภาชนะที่บรรจุปรอท

3.2 ไม่ควรผสมอมัลกัมด้วยมือ เพราะเสี่ยงต่อการดูดดมไอปรอทโดยตรง ควรผสมด้วยเครื่องปั่นอมัลกัมที่มีฝาครอบมิดชิด หลังการผสมทุกครั้งควรปิดฝาแคปซูลเสมอ

3.3 ใช้วิธีที่ไม่ต้องสัมผัสกับปรอทคือ ใช้อมัลกัมแบบบรรจุเสร็จ ซึ่งมีปรอทและโลหะ alloy บรรจุอยู่ใน capsule เดียวกัน เมื่อต้องการใช้เพียงนำเข้าเครื่องปั่นอมัลกัมได้ทันที ก็จะช่วยลดการแพร่ไอปรอทได้

3.4 การทำความสะอาดปรอทที่หกเลอะเทอะ ควรกระทำทันทีโดยเก็บกวาดปรอทลงในภาชนะที่ปิดฝาปิดมิดชิดและต้องกำจัดปรอทตกค้างตามพื้น โดยใช้วิธีทางเคมี น้ำยาละลายปรอท (mercury solvent) หรือน้ำยาฟ่นฝอยพวกกำมะถัน (sulfur spray) ในบริเวณที่คิดว่าจะมีปรอทตกค้าง ทิ้งไว้อย่างน้อย 1 วัน และอาจทำซ้ำอีกจนแน่ใจว่าไม่มีปรอทตกค้างอยู่

3.5 ควรเก็บอมัลกัมและปรอทส่วนเกินที่ไม่ใช้แล้ว ในน้ำยาคงสภาพ น้ำมันกลีเซอริน น้ำ ในภาชนะที่มีฝาปิดมิดชิด

3.6 การตัดและขัดแต่งพื้นที่อุดด้วยอมัลกัม จะทำให้เกิดไอปรอทขึ้นไป ดังนั้นจึงควรมีการฉีบน้ำเข้าไปในบริเวณนั้นตลอดเวลาระหว่างการตัดและขัดแต่ง ดูดออกทิ้งโดยใช้เครื่องดูดน้ำลายที่มีประสิทธิภาพ

3.7 ไม่ควรทำให้ภาชนะหรือเครื่องมือที่ปนเปื้อนอมัลกัมร้อนขึ้นไม่ว่าวิธีใดก็ตาม หลีกเลี่ยงการกำจัดอมัลกัมที่ค้างอยู่ในอมัลกัมแครร์เรียร์ โดยการทนไฟให้ร้อน

3.8 กำหนดช่วงเวลาการทำงานวันละไม่เกิน 8 ชั่วโมง หรือ ไม่เกิน 46 ชั่วโมงต่อสัปดาห์ เพื่อสุขภาพทั้งร่างกายและจิตใจของตนเอง

3.9 ในการปฏิบัติงาน ควรใส่ถุงมือ เลือกันเปื้อนหรือผ้ากันเปื้อน

ความรู้เกี่ยวกับครีเอตินีน (creatinine)

ครีเอตินีนเป็น anhydride ของครีเอติน เกิดขึ้นที่กล้ามเนื้อเป็นส่วนใหญ่จากการสลายตัวของครีเอตินและครีเอตินฟอสเฟต ครีเอตินีนอิสระจะพบอยู่ในโลหิตและปัสสาวะ ครีเอตินีนเป็น waste product ของครีเอติน ซึ่งจะขับถ่ายออกทางไต

เมตาโบลิซึม ครีเอตินจะถูกสังเคราะห์ขึ้นในตับและตับอ่อน จากกรดอะมิโน 3 ชนิด คือ arginine, glycine, methionine เมื่อสังเคราะห์แล้วครีเอตินจะกระจายไปตามกระแสโลหิต เข้าสู่

เนื้อเยื่อต่าง ๆ โดยเฉพาะกล้ามเนื้อและที่กล้ามเนื้อนี้เองมันจะรวมกับฟอสเฟต และเปลี่ยนแปลงต่อไปให้ครีเอตินีน โดยมีปฏิกิริยาดังนี้

ขั้นที่ 1 เป็นปฏิกิริยา transamidation โดยหมู่อะมิดีน (amidine group) ของ arginine จะไปรวมกับ glycine ได้สาร guanidoacetic acid (glycocyanine) โดยเอนไซม์ transamidinase ซึ่งเอนไซม์นี้จะถูกควบคุมโดยระดับของครีเอตินีนในโลหิต ปฏิกิริยานี้จะเกิดที่ไตและเป็นปฏิกิริยาที่กลับไปกลับมาได้

ขั้นที่ 2 guanidoacetic acid จะเข้าคู่ตัวแล้วรวมกับ methyl group จากเมไธโอนีน และมีเอนไซม์ transmethylase ร่วมด้วย ได้สารครีเอตินีน ซึ่งอยู่ในสภาพอิสระ

ขั้นที่ 3 ครีเอตินีนอิสระจะถูกส่งไปยังเซลล์ของกล้ามเนื้อและได้รับการเติมฟอสเฟตได้ครีเอตินีนฟอสเฟต ซึ่งเป็นสารที่ให้พลังงานสูง ดังนั้น ที่กล้ามเนื้อจึงเป็นแหล่งเก็บพลังงานและให้พลังงานที่สำคัญ

ครีเอตินีนเป็นผลผลิตที่เกิดจากการสลายตัวของ creatine phosphate ซึ่งเป็น high energy compound ในกล้ามเนื้อลายที่เก็บสะสมไว้แทนการเก็บสะสม ATP ปริมาณการเกิดครีเอตินีนค่อนข้างคงที่โดยไม่ถูกรบกวนโดย อายุ เพศ การออกกำลังกาย และอาหาร นอกจากนั้นเมื่อถูกกรองผ่าน glomerulus แล้วยังไม่ถูกดูดกลับและไม่มีการขับถ่ายเพิ่มโดย tubules อัตราส่วนระหว่างจำนวนของครีเอตินีน ที่ขับถ่ายออกมาในปัสสาวะ 24 ชั่วโมง ต่อน้ำหนักของร่างกายเป็น กิโลกรัมเรียกว่า creatinine coefficient ในคนปกติ ผู้ชายมีค่าประมาณ 20-26 มก./กก./วัน ผู้หญิงมีค่าประมาณ 14-22 มก./กก./วัน เนื่องจากอัตราการขับถ่ายครีเอตินีนของแต่ละคนในแต่ละวันค่อนข้างคงที่นี้เอง จึงนำมาใช้เป็นดัชนีเพื่อดูความถูกต้องในการเก็บปัสสาวะ 24 ชั่วโมง สำหรับส่งตรวจสารต่าง ๆ และการรายงานผลในการตรวจสารอื่นในปัสสาวะ 24 ชั่วโมง ในห้องปฏิบัติการบางแห่งจะรายงานผลของสารนั้น ๆ พร้อมกับมีผลของครีเอตินีนด้วย (ศิริลักษณ์ เพ็ญกุล และศรีไพร ไชยมะโน, 2538)

ความสำคัญของสารปรัทในปัสสาวะที่สัมพันธ์กับระดับครีเอตินีน

ปริมาณสารปรัทในปัสสาวะที่ตรวจวัดอาจจะได้ค่าไม่แน่นอน เนื่องมาจากการคั่งน้ำมากน้อยต่างกัน ความบ่อยครั้งในการเข้าห้องน้ำเป็นต้น ทำให้ปัสสาวะที่ได้มีความเจือจางของสารได้ ดังนั้นจึงต้องทำการตรวจหาระดับครีเอตินีนร่วมด้วย ซึ่งระดับครีเอตินีนคือ ปริมาณของเสียที่ขับออกทางปัสสาวะ และระดับครีเอตินีนจะแปรผันตามปริมาณความเข้มข้นของปัสสาวะ ซึ่งหน่วยที่ใช้สำหรับปริมาณความเข้มข้นของปรัทในปัสสาวะและระดับครีเอตินีน คือ $\mu\text{g Hg/g creatinine}$

ความรู้เกี่ยวกับปัสสาวะ

น้ำปัสสาวะ (urine) เป็นของเหลวที่ถูกกรองมาจากไต เพื่อขับออกมาภายนอกร่างกาย น้ำปัสสาวะที่ปกติเป็นน้ำใสสีเหลืองอ่อนมีกลิ่นเฉพาะตัว และมีสภาพเป็นกรดอ่อน ๆ สำหรับผู้ที่รับประทานอาหารเนื้อมาก ๆ ปัสสาวะจะมีฤทธิ์เป็นกรด ถ้ารับประทานอาหารผักมาก ๆ ปัสสาวะจะมีฤทธิ์เป็นด่างได้ วันหนึ่ง ๆ ไตสามารถกรองของเหลวจากโลหิตได้ประมาณ 180 ลิตร แต่ถูกดูดซึมกลับไปด้วยท่อไตเล็ก ๆ เสียประมาณ 99 เปอร์เซ็นต์ คงออกมาเป็นน้ำปัสสาวะประมาณวันละ 1.5 ลิตร (กนกนาถ ชูปัญญา, 2528)

ส่วนประกอบของน้ำปัสสาวะ ประกอบด้วยน้ำประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ เป็นพวกสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ อีกประมาณ 5 เปอร์เซ็นต์

น้ำปัสสาวะ 1 ลิตร มีสารอินทรีย์และอนินทรีย์ เป็นสัดส่วนดังนี้คือ

สารอินทรีย์	กรัม/ลิตร	สารอนินทรีย์	กรัม/ลิตร
ยูเรีย	23.0	โซเดียมคลอไรด์	9.0
กรดฮิปปูริก	0.6	โปตัสเซียมคลอไรด์	2.5
กรดยูริก	0.6	กรดซัลฟูริก	1.8
ครีเอตินีน	1.5	กรดฟอสฟอริก	1.8
สารอื่น ๆ	2.0	แคลเซียม	.2
		แมกนีเซียม	.2

การเก็บปัสสาวะเพื่อส่งตรวจ การรู้จักเลือกเก็บตัวอย่างเพื่อการตรวจ นับว่ามีความสำคัญอย่างยิ่งในการทดสอบและการแปลผล ฉะนั้นผู้ทำงานในห้องปฏิบัติการจึงจำเป็นต้องทราบถึงเหตุผลและความจำเป็นในการเลือกใช้ตัวอย่างให้เหมาะสมกับการตรวจแต่ละอย่าง เพื่อให้ผลการทดสอบที่ได้ เป็นที่เชื่อถือ แม่นยำ รวดเร็ว และประหยัด

การเก็บปัสสาวะเพื่อส่งตรวจมีอยู่หลายวิธี ที่ใช้กันบ่อย ๆ คือ

1. ปัสสาวะที่เก็บเมื่อใดก็ได้ (single specimens หรือ random specimens หรือ occasional specimen) เป็นปัสสาวะที่ให้ผู้ป่วยถ่ายทันทีเมื่อต้องการตรวจ ซึ่งใช้บ่อย ๆ สำหรับผู้ป่วยนอกของโรงพยาบาล เป็นงาน routine และใช้เป็น screening test ซึ่งมีข้อแนะนำสำหรับผู้ป่วยอย่างง่าย ๆ คือ ควรทำความสะอาดบริเวณภายนอกของอวัยวะสืบพันธุ์ก่อน ทิ้งปัสสาวะตอนแรกไป ให้เก็บเฉพาะปัสสาวะตอนกลางของการถ่าย และไม่เก็บปัสสาวะตอนจะสุด ใช้ภาชนะที่สะอาดรองปัสสาวะประมาณ 20-30 มล. และรีบส่งตรวจทันที การเก็บแบบนี้จึงอาจเรียกอีกชื่อว่าปัสสาวะช่วงกลางของการถ่าย (mid-stream urine)

สำหรับผู้ตรวจควรตรวจทันที ถ้าตั้งปัสสาวะทิ้งไว้ แบคทีเรียจะเจริญได้อย่างรวดเร็ว ทำให้ pH ของปัสสาวะเป็นด่าง ถ้าไม่สามารถตรวจปัสสาวะได้ทันทีควรเก็บไว้ในตู้เย็น 0-4 °c และเพื่อป้องกันการสลายตัวของ cast ต่าง ๆ ควรทำปัสสาวะให้อยู่ในสภาพเป็นกรด โดยใช้กรดเกลือเจือจาง 2-3 หยด

2. ปัสสาวะ 24 ชั่วโมง (a timed specimen หรือ 24 hours specimen) เป็นปัสสาวะที่เก็บตลอด 24 ชั่วโมง ซึ่งมีความจำเป็นในการตรวจบางอย่าง โดยมีข้อแนะนำสำหรับผู้ป่วยในการเก็บปัสสาวะดังนี้

2.1 ถ่ายปัสสาวะทิ้ง ตอน 8.00 น.

2.2 เก็บปัสสาวะที่ถ่ายทุกครั้ง หลัง 8.00 น. รวมกันจนครบ 24 ชั่วโมง คือถึง 8.00 น. ของวันรุ่งขึ้นเป็นครั้งสุดท้าย โดยถ่ายเก็บในขวดที่สะอาด ปากกว้าง

2.3 ระหว่างที่เก็บปัสสาวะควรเก็บไว้ในตู้เย็นตลอดเวลา ถ้าไม่มีตู้เย็น ต้องใส่สารเคมีบางอย่างลงไปเพื่อรักษาสภาพของปัสสาวะ ให้เหมาะสมสำหรับการตรวจแต่ละอย่าง (สารเคมีที่ใช้จะได้อีกกล่าวในตอนต่อไป)

3. ปัสสาวะที่ได้จากการสวน (catheterized specimen) มีความจำเป็นในผู้ป่วยมากกว่าในผู้ชาย และมักใช้สำหรับการเพาะเชื้อทางจุลชีววิทยาบางราย

4. ปัสสาวะครั้งแรกในตอนเช้า (first morning specimen) ซึ่งถือว่าเป็นปัสสาวะที่มีความเข้มข้นของสารละลายมากที่สุด และเหมาะที่จะใช้ในการตรวจมากที่สุด โดยเฉพาะการตรวจการมีครรภ์ (pregnancy test) หรือเบาหวาน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เกรียงไกร คุ่มไพโรจน์ และยุทธนา ปัญญางาม (2526) วิเคราะห์หาปริมาณปรอทในปัสสาวะของทันตแพทย์จำนวน 41 คน นิสิตทันตแพทย์ ชั้นปีที่ 5 และปีที่ 6 จำนวน 73 คน และนิสิตทันตแพทย์ชั้นปีที่ 3 จำนวน 73 คน ด้วยเครื่อง Flameless atomic absorption spectrophotometer พบว่า กลุ่มทันตแพทย์มีปรอทในปัสสาวะอยู่ในช่วงระหว่าง 2.05-133.34 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือเฉลี่ย 33.16 ± 4.65 ไมโครกรัมต่อลิตร ส่วนกลุ่มนิสิตทันตแพทย์ ชั้นปีที่ 5 และปีที่ 6 พบมีปรอทในปัสสาวะอยู่ในช่วงระหว่าง 5.48-42.00 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือเฉลี่ย 17.24 ± 0.93 ไมโครกรัมต่อลิตร ในขณะที่กลุ่มนิสิตทันตแพทย์ปีที่ 3 ซึ่งจัดเป็นกลุ่มควบคุม มีระดับปรอทในปัสสาวะอยู่ในช่วง 0-17.86 ไมโครกรัมต่อลิตร หรือเฉลี่ย 7.6 ± 0.85 ไมโครกรัมต่อลิตร ซึ่งจากการทดสอบทางสถิติด้วย F-test พบว่า ช่วงเวลาที่สัมผัสกับบรรยากาศของปรอทจะมีผลต่อความแตกต่างของปริมาณปรอทในปัสสาวะอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .05$)

เกรียงไกร กุ่มไพบโรจน์ (2529) รายงานการวิเคราะห์สารปรอทในเส้นผมของทันตแพทย์ที่ให้บริการทั่วไป ทำงานมาไม่เกิน 5 ปี เปรียบเทียบกับกลุ่มนิสิตทันตแพทย์ที่ปฏิบัติงานบนคลินิก โดยมีกลุ่มควบคุมเป็นบุคคลทั่วไป พบว่า ปริมาณสารปรอทในเส้นผมของทันตแพทย์มีมากกว่านิสิตทันตแพทย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.01$)

มัทนา อินทศิริสวัสดิ์, รวี เกียรไพศาล และศิริชัย ต้นตระกูลเจริญ (2535) รายงานระดับปรอทในเลือดของทันตบุคลากร คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ พบว่า ปริมาณสารปรอทในเลือดของทันตแพทย์ ผู้ช่วยทันตแพทย์ และบุคคลทั่วไป มีความแตกต่าง ซึ่งพบว่ากลุ่มทันตแพทย์มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มผู้ช่วยทันตแพทย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$)

ปาริชาติ ไชยพานิชย์ และทรงยศ สงวนพงศ์ (2536) วิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในปัสสาวะของผู้ช่วยทันตแพทย์จำนวน 35 คน กับกลุ่มควบคุม คือเจ้าหน้าที่สาธารณสุขอื่นซึ่งปฏิบัติงานในสถานที่เดียวกันแต่ไม่ได้ทำงานสัมผัสปรอท จำนวน 48 คน ผลการศึกษาพบว่า ผู้ช่วยทันตแพทย์มีสารปรอทในปัสสาวะเกินค่าปกติ ($20 \mu\text{g/L}$) แต่ไม่มีใครเกินค่า TLV ($150 \mu\text{g/L}$) ทดสอบสถิติโดยใช้ t-test พบว่า ค่าเฉลี่ยปริมาณสารปรอทในปัสสาวะของทั้ง 2 กลุ่มไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > .05$)

ชัชวี สุชาติลำพองศ์, อรพินทร์ เดิมวิชชากร, มณฑาทิพย์ ทานูกานอน และศิรินาถ ศรีทองทิพย์ (2536) วิเคราะห์ปริมาณปรอทในน้ำทิ้งจากท่อน้ำทิ้งของคณะทันตแพทยศาสตร์ของมหาวิทยาลัยทั้ง 5 แห่ง แผนกทันตกรรม โรงพยาบาลศิริราช และโรงพยาบาลฟัน พบว่ามีระดับปริมาณปรอทมากน้อยแตกต่างกันออกไป ปริมาณปรอทในน้ำทิ้งของแผนกทันตกรรม โรงพยาบาลศิริราช พบมีมากที่สุด คือ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2210.8 ± 4633.32 ส่วนในน้ำทิ้งพื้นล่างส่วน (parts per billion = ppb) และปริมาณปรอทจากน้ำทิ้งของคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่พบน้อยที่สุด คือ 0.02 ± 0.4 ppb สำหรับคณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และโรงพยาบาลฟัน พบว่า มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกันคือ 10.67 ± 14.69 ppb, 9.57 ± 12.72 ppb, 8.35 ± 7.4 ppb และ 4.51 ± 8.20 ppb ตามลำดับ

ธีระ ศิริบุรานนท์ (2539) วิเคราะห์ปริมาณสารปรอทในปัสสาวะของทันตแพทย์จำนวน 20 คน ผู้ช่วยทันตแพทย์ 42 คน และมีกลุ่มควบคุม คือ บุคคลทั่วไป จำนวน 21 คน พบว่าทันตบุคลากรมีระดับปรอทในปัสสาวะสูงกว่าบุคคลทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < .001$)

เกรียงไกร กุ่มไพบโรจน์ และณัฐ อาจสมิต (2542) วิเคราะห์หาปริมาณสารปรอทในเลือดของกลุ่มตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่ม กลุ่มที่ทำการทดลองจำนวน 51 คน และกลุ่มควบคุม จำนวน

70 คน วัดโดยวิธีโคลด์ เวเบอร์ อะคอมมิก แอบซอร์พชั่น สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ พบว่ากลุ่ม
ทันตแพทย์มีปริมาณปรอทในเลือดอยู่ในช่วงระหว่าง .67-18.83 (6.19 ± 4.35) ไมโครกรัมต่อลิตร
ส่วนกลุ่มควบคุมมีปริมาณสารปรอทในเลือดอยู่ในช่วงระหว่าง .0-6.00 (2.04 ± 0.99) ไมโครกรัม
ต่อลิตร ดังแสดงในตาราง 6 ซึ่งจากการทดสอบทางสถิติด้วย unpaired t-test พบว่าปริมาณปรอท
ในเลือดของกลุ่มทันตแพทย์จะมีระดับสารปรอทในเลือดแตกต่างจากกลุ่มควบคุมอย่าง มี
นัยสำคัญทางสถิติ ($p < .01$)

การกระจายของปริมาณปรอทในเลือดของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ทันตแพทย์ประมาณ
ร้อยละ 80 อยู่ในช่วงไม่เกิน 10 ไมโครกรัมต่อลิตร และร้อยละ 20 มีสารปรอทมากกว่า 10
ไมโครกรัมต่อลิตร ดังแสดงในตาราง 7 ปริมาณสารปรอทที่พบในเลือดของทันตแพทย์มีค่า
ต่ำกว่าระดับที่องค์การอนามัยโลกกำหนด (ค่าปริมาณสารปรอทในเลือดที่กำหนดคือ 35
ไมโครกรัมต่อลิตร)

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยของสารปรอทในเลือดของกลุ่มทันตแพทย์และกลุ่มควบคุม (เกรียงไกร
คุ้มไพโรจน์ และณัฐ อาจสมิติ, 2542)

สารปรอทในเลือด	กลุ่มทันตแพทย์	กลุ่มควบคุม
mean $\pm$ S.D.	6.19 $\pm$ 4.35	2.04 $\pm$ 0.99

ตารางที่ 7 การกระจายของระดับการปนเปื้อนสารปรอทในเลือดของกลุ่มทันตแพทย์และ
กลุ่มควบคุม (เกรียงไกร คุ้มไพโรจน์ และณัฐ อาจสมิติ, 2542)

สารปรอทในเลือด $\mu\text{g/L}$	กลุ่มทันตแพทย์		กลุ่มควบคุม	
	จำนวน (คน)	%	จำนวน (คน)	%
0.0 – 5.00	22	43.14	68	91.43
5.01 – 10.00	19	37.26	2	8.57
10.01 – 15.00	6	11.76	-	-
15.01 – 20.00	4	7.84	-	-
รวม	51	100	70	100

นิตยา เพ็ชรรักษ์ (2542) ประเมินพฤติกรรมการทำงานเกี่ยวข้องกับปรอทและมลพิษ
ของผู้ช่วยทันตแพทย์ 3 กลุ่ม คือ ผู้ช่วยทันตแพทย์ที่ศึกษาหลักสูตรประกาศนียบัตรพนักงาน

ผู้ช่วยทันตแพทย์ประจำปี พ.ศ. 2540 คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ผู้ช่วยทันตแพทย์ที่ปฏิบัติงานในคลินิกพิเศษ คณะทันตแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล และผู้ช่วยทันตแพทย์ในคลินิกเอกซน โดยการส่งแบบสอบถาม ซึ่งได้รับการตอบกลับคืนมา 178 ฉบับ (ร้อยละ 85) ผลการศึกษา พบว่า ผู้ช่วยทันตแพทย์ทุกกลุ่มมีพฤติกรรมการใช้ปรอทและอมัลกัมอย่างไม่ระมัดระวัง เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดไอปรอทในคลินิกทันตกรรม ซึ่งเป็นอันตรายต่อร่างกายได้ พบว่าผู้ช่วยทันตแพทย์ 9 ใน 10 มีพฤติกรรมการรีดปรอทแต่ไม่เคยวัดระดับปรอทในร่างกาย 1 ใน 3 มีการฉีดยาเพื่อกำจัดอมัลกัมที่ค้างในแคเรียส 1 ใน 5 ไม่ได้ใช้เครื่องดูดน้ำลายกำลังสูงในการรีดอมัลกัม และมีหยดปรอท ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่สุดที่ทำให้เกิดไอปรอทถึงร้อยละ 88.46 แต่ร้อยละ 98.92 ไม่เคยวัดระดับปรอทในคลินิก

ฮาลส์ (Halse, 1975) ได้ตรวจเนื้อฟัน ส่วนของเดนดินที่เปลี่ยนสีข้าง ๆ รอยอุดของอมัลกัมพบว่าสีดำนั้นเป็นส่วนของดีบุกและสังกะสี ไม่อาจตรวจพบส่วนของปรอทหรือเงิน หรือทองแดง ในบริเวณเดนดินอลทิวบูลดังกล่าว ขณะที่อุดฟันปรอทส่วนเกินสามารถระเหยได้ในช่องปาก แต่ทว่าระยะเวลาที่อุดฟันและปริมาณปรอทน้อยเกินกว่าที่จะทำให้เกิดพิษแก่ผู้ป่วย จากการวัดระดับปรอทในปัสสาวะของผู้ถูกอุดฟันด้วยอมัลกัม พบว่า จำนวนปรอทในปัสสาวะอาจสูงขึ้น แต่จะหมดไปภายใน 1 สัปดาห์ ดังนั้น ระดับปรอทที่พบยังไม่เป็นภัยต่อสุขภาพผู้ป่วยที่อุดฟันด้วยอมัลกัมแต่อย่างใด

นิลสัน (Nilsson, 1986) ศึกษาปริมาณปรอทในปัสสาวะของทันตบุคลากรในประเทศสวีเดน พบว่า ปริมาณปรอทในปัสสาวะของทันตบุคลากรสูงกว่าบุคคลทั่วไป แต่ปริมาณปรอทในปัสสาวะที่พบอยู่ในระดับต่ำ ($\approx 28 \text{ nmol/mmol creatinine}$) โดยทันตภิบาลในคลินิกเอกซนมีปริมาณปรอทในปัสสาวะสูงกว่าทันตภิบาลในคลินิกรัฐบาล

ริชชี, แมคโดนัลด์ และแฮมเมอร์สเลย์ (Ritchie, Macdonold & Hammersley, 1995) มหาวิทยาลัย Glasgow ทำการศึกษาผลของการได้รับปรอทระดับต่ำที่มีต่อสุขภาพของทันตแพทย์ต่อการตอบสนองของ psychomotor ในทันตแพทย์ที่ได้รับปรอทในระดับต่ำ การดำเนินการใช้อุปกรณ์การทดสอบ psychomotor กับทันตแพทย์ 2 กลุ่มคือ กลุ่มอายุมากและฝึกหัด และกลุ่มควบคุมที่มีอายุเท่ากลุ่มทดลอง ผลการศึกษาที่ได้จากการวิเคราะห์ทางสถิติ พบว่า กลุ่มทันตแพทย์อายุมากจะมีปรอทในปัสสาวะสูงกว่ากลุ่มอื่น การทดสอบ psychomotor ไม่มีความแตกต่างกันในแต่ละกลุ่ม

เลียง และบรูคส์ (Liang & Brooks, 1995) ศึกษาสารปรอทจากคนไข้ที่อุดฟันด้วยอมัลกัม โดยตรวจในน้ำลายของกลุ่มตัวอย่าง เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้อุดฟันด้วยอมัลกัม ตัวอย่างที่ทำการตรวจแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ กลุ่มตัวอย่างที่ทำความสะอาดช่องปาก และ

กลุ่มที่ไม่ได้ทำความสะอาดช่องปาก วิเคราะห์ปรอท 3 รูป คือ Hg^0 , Hg^{2+} และ MeHg ผลการศึกษาพบว่า พบ Hg^0 ในคนไข้ที่อุดฟันด้วยอมัลกัมเพียงกลุ่มเดียว Hg^{2+} และ MeHg พบในทุกกลุ่ม โดยพบว่ามีปริมาณ Hg^{2+} และ MeHg ในกลุ่มที่ยังไม่ได้ทำความสะอาดช่องปากสูงกว่ากลุ่มที่ทำความสะอาดช่องปาก

ฟริงเกิลสไตน์, วาร์ดี้, เคสเทน, และฮอด (Finkelstein, Vardi, Kesten, & Hod, 1996) ได้ทำการศึกษาพิษของสารปรอทกับการเป็นโรคพาร์กินสันของทันตแพทย์ในประเทศสวีเดน พบว่า ทันตแพทย์หญิงอายุ 47 ปี มีอาการโรค parkinson ในระยะกลางของโรค ซึ่งมีอาการเมื่อ 18 เดือนมาแล้ว โดยมีอาการสั่นขณะนั่งนิ่ง ๆ และข้อยึดติด ตรวจพบสารปรอทในปัสสาวะถูกขับออกมา 46 ไมโครกรัมต่อวัน คนไข้ได้รับการรักษาโดยให้ยาไปจับกับปรอท (d-penicillamine) มาเป็นเวลา 1 สัปดาห์ การรักษาแบบนี้ทำให้อาการโรค parkinson ดีขึ้น และปริมาณปรอทในปัสสาวะขับออก 46 ไมโครกรัมต่อวัน แสดงว่ามีการขับปรอทออกทางปัสสาวะมากขึ้น หลังจากนั้นหยุดให้ยา และติดตามผลเป็นเวลา 5 ปี อาการทางระบบประสาทไม่เปลี่ยนแปลง ในผู้ป่วยรายนี้เป็นรายงานที่พบได้ยากที่จะมีความสัมพันธ์ระหว่างการเกิดพิษจากปรอทกับการเป็นโรคพาร์กินสัน

ลอนรอต และชานาวาซ (Lonnroth & Shahnnavaz, 1996) ประเทศสวีเดน ทำการศึกษาการตรวจหาปรอทในสิ่งแวดล้อมภายในคลินิกทันตกรรม โดยมีการสำรวจในหัวข้อต่าง ๆ ได้แก่ การเก็บและกำจัดอมัลกัมเหลือใช้, อายุของคลินิก, การทำความสะอาดท่อน้ำทิ้ง, การจับต้องอมัลกัม, 68% ของบุคลากรที่ทำงานอยู่ในคลินิกทำงานมานานกว่า 10 ปี และ 9% ของคลินิกที่มีการทำความสะอาดท่อน้ำทิ้งหรือเปลี่ยนท่อน้ำทิ้ง ผลสรุปว่า ต้องมีการให้ข้อมูลและการเพิ่มความระมัดระวังของบุคลากรที่ทำงานในคลินิกทันตกรรมเพื่อลดการปล่อยของปรอทในสิ่งแวดล้อมที่จะมาจากคลินิกทันตกรรม

ลินด์เวิร์ธ, ซอลสแตน, บาร์เรการ์ด, ซินไคเออร์, ลินด์ และโซเดอร์แมน (Lindworth, Sallsten, Barregard, Cynkier, Lind & Soderman, 1997) ทำการศึกษาการได้รับไอปรอทและผลกระทบต่อสุขภาพในทันตบุคลากรในสวีเดน วัตถุประสงค์การศึกษาเพื่อให้ได้รายละเอียดในการตรวจวัดการได้รับปรอทในทันตบุคลากรในสวีเดนและสุขภาพของทันตบุคลากรที่มีการเปลี่ยนแปลงจากการได้รับปรอท โดยการตรวจทันตแพทย์ 22 คน และทันตภิบาล 22 คน จากคลินิก 6 แห่ง ตรวจวัดปรอทในอากาศมีค่าเฉลี่ย 1.8 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สำหรับทันตแพทย์ และ 2.1 ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร สำหรับทันตภิบาล พบว่ามีการเพิ่มขึ้นของปรอทในอากาศในขณะที่มีการเตรียมอุด, ผสมอมัลกัม

ปริมาณปรอทในเลือด	B-Hg	18	nmol/L
-------------------	------	----	--------

plasma P-Hg 5.1 nmol/L

Urine U-Hg 3.0 nmol/mmol creatinine

ผลที่เกิดกับระบบประสาทส่วนกลาง (CNS) ศึกษาโดยการสัมผัส มี
ความเปลี่ยนแปลงในกลุ่มทันตแพทย์อย่างมีนัยสำคัญ สรุปได้ว่าในประเทศสวีเดน การได้รับ
ปรอทขณะทำการรักษาทางทันตกรรมมีน้อย ปริมาณปรอทในอากาศจะมีมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ
วิธีการผสมอมัลกัม

เอชเชอเวเรีย, อะพอสเชน, วูดส์, ฮีเออร์, อะพอสชียแอน, บิทท์เนอร์, มาฮูริน, และ
ไซแอนซิโอลา (Echeverria, Aposhian, Woods, Heyer, Aposhiaan, Bittner, Mahurin &
Cianciola, 1998) ประเทศสหรัฐอเมริกา ทำการศึกษาการเกิดพิษจากไอปรอทที่มาจากวัสดุอุดฟัน
เป็นหัวข้อที่มีการถกเถียงกันในงานสารานุกรมสุขของหลายประเทศ ได้มีการทดลองพิษของไอ
ปรอทที่มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง ในคนที่มี Urine Hg > 50 µg/L จะมีความแตกต่างจาก
คนที่มีการสัมผัสปรอทน้อย (Urine Hg < 4 µg/L) ซึ่งเป็นปริมาณที่คนทั่วไปได้รับปรอท

คอสตินิสค์ (Kostynisk, 1998) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้ศึกษาถึงพฤติกรรมการใช้
ปรอทในทันตกรรม และมีข้อเสนอแนะว่า ควรมีอุปกรณ์สำหรับกรองและแยกปรอทในน้ำทิ้ง
เพื่อไม่ให้น้ำที่ทิ้งออกไปมีการปนเปื้อนปรอท