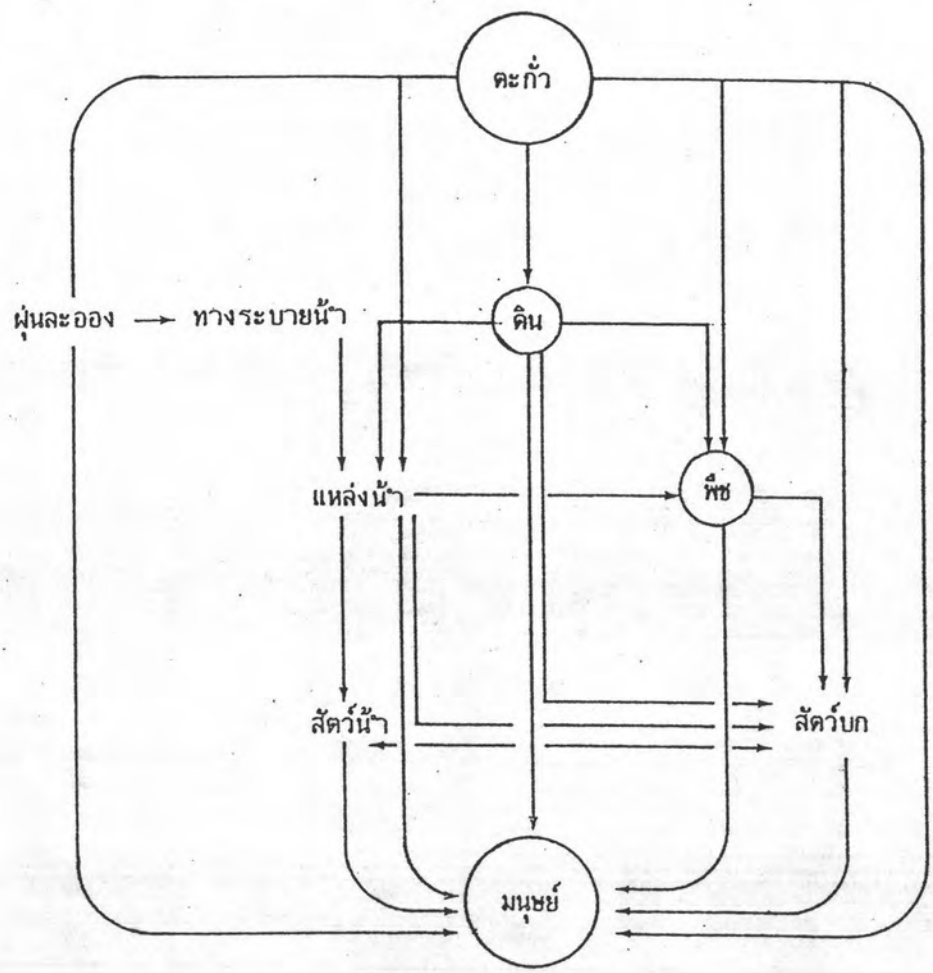
บทที่ ๒

ทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ปัจจุบันตะกั่วเป็นโลหะที่มีความสำคัญในทางอุตสาหกรรมอย่างมาก คุณสมบัติเด่นของตะกั่ว คือ จุดหลอมเหลวต่ำ , ความถ่วงจำเพาะสูง, ความต้านแรงดึงต่ำ หล่อหรือขึ้นรูปได้ง่าย , ต้านทานการกัดกร่อนของกรด และมีเสถียรภาพทางเคมีในอากาศ,น้ำและดิน(ดูรายละเอียดที่ภาคผนวก ฌ) การใช้ประโยชน์ตะกั่วนั้นมีทั้งในรูปโลหะ โลหะผสม และสารประกอบ(ชาคร จารุพิสิฐธร,๒๕๓๐) ซึ่งใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท ได้แก่ การผลิตแบตเตอรี่ ยาฆ่าแมลง สี น้ำมันเครื่อง เป็นต้น ปริมาณการใช้ตะกั่วโดยเฉพาะตะกั่วอนินทรีย์ได้เพิ่มจำนวนมากขึ้น ปัญหาที่เกิดขึ้นตามมาจากการปลดปล่อยของเสียจากสถานประกอบการ จึงเป็นสิ่งที่ควรต้องให้ความสนใจ ทั้งนี้เนื่องจากตะกั่ว เป็นธาตุหนึ่งที่จัดว่าอันตราย และอาจเข้าสู่ร่างกายโดยการรับประทานหรือโดยการหายใจเอาฝุ่นหรือละอองไอของตะกั่วเข้าไป (กรมอนามัย, ๒๕๓๐) เมื่อเข้าสู่ร่างกายแล้วตะกั่วบางส่วนจะสะสมตกค้างอยู่ในร่างกาย และเนื่องจากตะกั่ว เป็นสารที่ไม่สลายตัวตามธรรมชาติ (non-biodegradable nature) การมีสะสมในร่างกายจะก่อให้เกิดความเป็นพิษต่อร่างกายได้ ความเป็นพิษของตะกั่วต่อมนุษย์จะแตกต่างกันตามวัยและความต้านทานของแต่ละคน บางคนมีความต้านทานต่อพิษตะกั่วได้มากกว่าคนอื่น แต่บางคนได้รับตะกั่วเพียงเล็กน้อย ก็แสดงอาการเจ็บป่วยออกมาทันที และยังพบว่าในเด็กเล็กการดูดซึมของตะกั่วจะสูงและง่าย และมีอาการเป็นโรคพิษตะกั่วได้รวดเร็ว รุนแรง และเป็นอันตรายมากกว่าผู้ใหญ่ (กรมโรงงานอุตสาหกรรม , ๒๕๒๗)

<u>การดูดซึมของตะกั่ว เข้าสู่ร่างกาย</u>

ตะกั่วที่ถูกปล่อยจากแหล่งต่างๆจะกระจายออกสู่สิ่งแวดล้อม ได้แก่ อากาศ, น้ำ, ดิน , ฝุ่นละอองตามบ้านเรือน และพืชผักต่าง ๆ ซึ่งต่อมาจะผ่านสู่สิ่งมีชีวิตและมนุษย์ในที่สุด ดังรูปที่ ๒.๑(สมพูล กฤตลักษณ์,๒๕๓๒ ข)



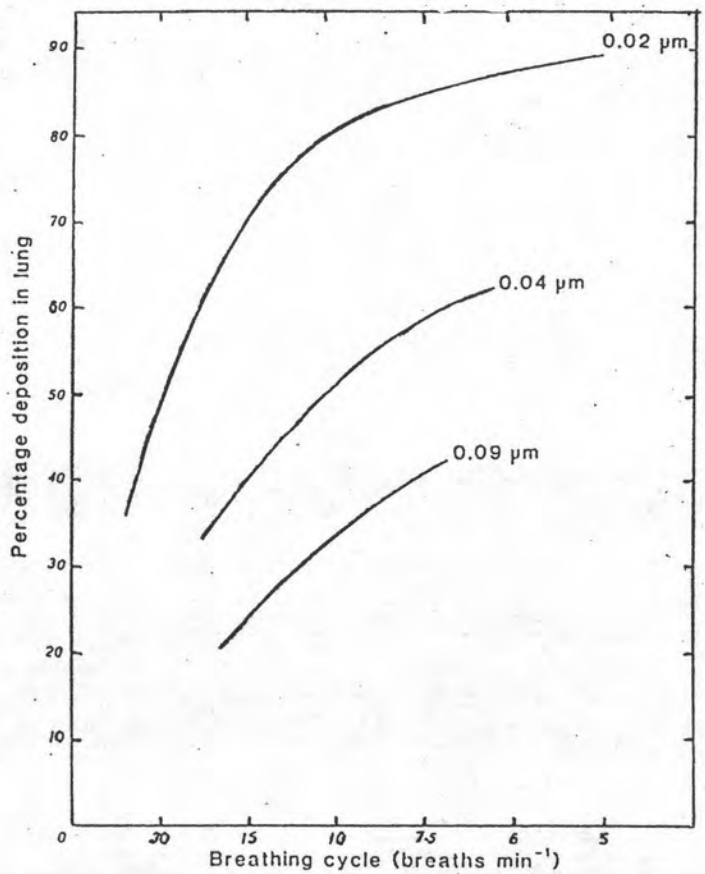
รูปที่ ๒.๑ ทางผ่านของตะกั่วสู่มนุษย์

ที่มา : สมพูล กฤตลักษณ์. ผลกระทบของตะกั่วต่อสุขภาพอนามัยของมนุษย์. <u>จุลสารสภาวะแวดล้อม</u> ๘ (มีนาคม-เมษายน ๒๕๓๒) : ๑๔.

ตะกั่วอาจเข้าสู่ร่างกาย ตามลักษณะหรือรูปแบบของสารตะกั่วได้ ๓ ทาง ดังนี้

๑. <u>ระบบทางเดินหายใจ</u> แก๊ส,ละอองไอ หรือฝุ่นของตะกั่วที่มีขนาดเล็กกว่า ๐.๗๕ ไมครอน สามารถผ่านเข้าสู่ถุงลมปอด และผ่านเข้าสู่กระแสโลหิตได้ ส่วนฝุ่นที่มีขนาดใหญ่จะติดค้างตามบริเวณทางเดินหายใจตอนบน เช่น ในจมูก ช่วงต่อระหว่างโพรงจมูกกับคอ และหลอดลมใหญ่ ซึ่งร่างกายจะขับออกในรูปของเสมหะ ดังนั้นหากเรากลืนเสมหะลงไปก็ทำให้ตะกั่วที่อยู่ในเสมหะยังคงอยู่ในร่างกาย และถูกดูดซึมผ่านทางระบบทางเดินอาหารต่อไป(สมพูล กฤตลักษณ์,๒๕๓๒ ข) คาดกันว่าตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกายทางทางเดินหายใจจะถูกดูดซึมได้ถึงร้อยละ ๓๐ ในผู้ใหญ่ และสูงถึงร้อยละ ๔๐ ในเด็ก(Boeckx,๑๙๘๖) ในเขตอุตสาหกรรมที่มีการใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบ ความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศจะสูงกว่าในเขตเมืองมาก(W.H.O., ๑๙๗๗) ถ้าความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศ เท่ากับ ๑ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร สำหรับผู้ใหญ่ปกติซึ่งหายใจอากาศ ๒๐ ลูกบาศก์เมตรต่อวัน ร่างกายมีโอกาสที่จะดูดซึมตะกั่ว ทางทางเดินหายใจ ๖ ไมโครกรัมต่อวัน และสำหรับเด็กซึ่งประมาณว่าหายใจอากาศเป็นครึ่งหนึ่งของผู้ใหญ่ จึงมีโอกาสที่จะดูดซึมตะกั่วเข้าสู่ร่างกาย ๔ ไมโครกรัมต่อวัน ตะกั่วในอากาศส่วนหนึ่งมีที่มาจากการใช้สารประกอบอินทรีย์ของตะกั่วในน้ำมันเบนซิน จากการตรวจความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศรอบๆโรงหลอมตะกั่วแห่งหนึ่ง ที่อยู่ทางตอนเหนือของรัฐไอดาโฮ ประเทศสหรัฐอเมริกาเมื่อปีพ.ศ.๒๕๑๗ พบว่ามีค่าเฉลี่ยต่อปีมากกว่า ๑๕ และ ๑๐ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ในระยะรัศมีจากโรงหลอม ๑.๖ กิโลเมตรและ ๔ กิโลเมตร ตามลำดับ (Yankel, Lindern and Walter,๑๙๗๗) และที่ประเทศยูโกสลาเวีย เมื่อปี พ.ศ.๒๕๑๗-๑๙ พบว่าความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศ ณ จุดที่อยู่ห่าง ๑.๕ กิโลเมตรจากโรงหลอมตะกั่วแห่งหนึ่งมีค่าเฉลี่ยต่อปีมากกว่า ๒๐ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร(Prpic-Majic,Hrsak and Skender,๑๙๘๘) ที่ประเทศอินเดีย Chakraborty และคณะ ได้เคยรายงานไว้ เมื่อปี พ.ศ. ๒๕๐๗ ว่า โรงหลอมตะกั่วแห่งหนึ่ง ได้ปลดปล่อยตะกั่วออกสู่บรรยากาศเป็นจำนวน

เกือบหนึ่งต้นทุกวัน(Chakraborty,et al.,๑๙๖๔) จากผลการศึกษาต่างๆ พบว่า ถ้าความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศ สูงขึ้น ๑ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร จะสามารถทำให้ความเข้มข้นของตะกั่วในเลือด เพิ่มสูงขึ้น ๑ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร(Moore, Campbell and Goldberg,๑๙๗๗)



รูปที่ ๒.๒ การตกค้างที่ปอดของอนุภาคตะกั่ว กับอัตราการหายใจ

ที่มา : Rabinowitz,M.B.,Wetherill,G.W. and Kopple,J.D. Kinetic Analysis of Lead Metabolism in Healthy Humans. J.Clin. Invest. ๕๘ (๑๙๗๖) : ๒๖๖.

เมื่อพิจารณารูปที่ ๒.๒ จะเห็นได้ว่า อนุภาคของตะกั่วซึ่งตกค้างอยู่ที่ปอดจะขึ้นอยู่กับอัตราการหายใจ ถ้าอัตราการหายใจช้าลง อนุภาคของตะกั่วจะตกค้างอยู่ที่ปอดได้มากขึ้น (Rabinowitz , Wetherill and

Kopple,๑๙๗๖) ดังนั้น หากความเข้มข้นของตะกั่วในอากาศเพิ่มสูงขึ้นในเวลากลางคืน ซึ่งเป็นช่วงระยะเวลาของการนอนหลับ ที่อัตราการหายใจจะช้าลง การตกค้างของตะกั่วอยู่ที่ปอดก็ย่อมมีมากขึ้นไปด้วย

๒. <u>ทางเดินอาหาร</u> ตะกั่วที่ปนเปื้อนในอาหารและน้ำโดยวิธีใดวิธีหนึ่ง เช่น ปนเปื้อนมากับอาหาร มือเปื้อนสารตะกั่วที่หยิบอาหาร รวมทั้งการกลืนเสมหะ จะผ่านสู่กระเพาะอาหาร และส่วนอื่นๆของทางเดินอาหาร ซึ่งจะถูกดูดซึมเข้าสู่ร่างกายทางกระแสโลหิต กองวิเคราะห์อาหาร กรม-วิทยาศาสตร์การแพทย์ ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในอาหารไทย ๕ ประเภท ๕๖๓ ตัวอย่างซึ่งพบว่ามีตะกั่วเกินมาตรฐาน(๑ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม) จำนวน ๙๗ ตัวอย่างโดยพบในอาหารเกือบทุกประเภทยกเว้นในนมสด น้ำมัน น้ำตาล และเกลือ(ทวีศักดิ์ บุญยโชติมงคล,ลัดดาวัลย์ โรจนพรรณทิพย์ และประกาย บริบูรณ์,๒๕๓๑)

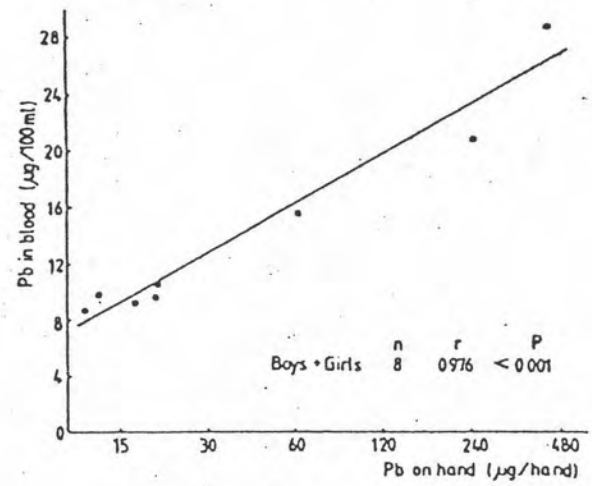
ตะกั่วสามารถที่จะถูกดูดซึม เข้าสู่ร่างกายของเด็กได้ดีกว่าผู้ใหญ่ Ziegler และคณะ ได้ทำการศึกษาในเด็กอายุตั้งแต่ ๑๔ วันถึง ๒ ปี พบว่าตะกั่วที่เข้าสู่ร่างกายทางทางเดินอาหาร สามารถที่จะถูกดูดซึมไว้ได้ร้อยละ ๔๑.๕ นอกจากนี้ยังเสนอว่าปริมาณตะกั่วที่เด็กได้รับทางทางเดินอาหารใน ๑ วันไม่ควรเกิน ๕ ไมโครกรัมต่อน้ำหนักตัว ๑ กิโลกรัม ส่วน Alexander และคณะ ได้ทำการศึกษาในเด็กอายุ ๓ สัปดาห์ถึง ๘ ปี ๖ เดือน พบว่าสามารถที่จะดูดซึมตะกั่วไว้ได้ถึงร้อยละ ๕๐ ขณะที่ Rabinowitz และคณะพบว่า ในผู้ใหญ่การดูดซึมมีเพียงร้อยละ ๕-๑๐ (Mahaffey, ๑๙๘๑)

โดยทั่วไปแล้ว เด็กมีโอกาสที่จะรับตะกั่วเข้าสู่ร่างกายได้มากกว่าผู้ใหญ่ ทั้งนี้เนื่องมาจากอุปนิสัยที่มักจะเอาสิ่งที่ไม่ใช่ของที่รับประทานได้เข้าปาก,อุปนิสัยชอบกัดหรือเคี้ยวของเล่น และสิ่งของอื่นๆ,การใช้มือที่เปื้อนเปรอะฝุ่นหรือดินหยิบอาหาร,การขาดความรู้และความเข้าใจ ถึงวิธีป้องกันตนเองจากอันตรายต่างๆ รวมทั้งการได้รับความดูแลเอาใจใส่จากผู้ใหญ่ไม่เพียงพอ เมื่อประกอบกับการที่ร่างกายสามารถที่จะดูดซึมตะกั่วไว้ได้ในปริมาณสูงแล้ว ก็ยิ่งส่งผลให้เด็กเป็นกลุ่มประชากรที่เสี่ยงอย่างยิ่งต่อการได้รับตะกั่ว

จากการตรวจวัดปริมาณตะกั่วในของเล่นโดยกองพิษวิทยา พบตะกั่วเกินมาตรฐาน(๒๕๐ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม)ในสีที่เคลือบของเล่นประเภทไม้และพลาสติค ๓๕ ตัวอย่าง(จาก ๑๘๐ ตัวอย่าง) โดยที่ค่าสูงสุดของตะกั่วในของเล่นประเภทไม้,พลาสติค และไม้-พลาสติค เท่ากับ ๙๕๐๒.๘,๑๐๕๓ และ ๕๒๑๘.๒ มิลลิกรัมต่อกิโลกรัมตามลำดับ (หรรษา ไชยวานิช และคณะ, ๒๕๒๙)

สีที่เคลือบดินสอซึ่งเด็กมักจะเอาเข้าปากอมหรือกัดอย่างเพลิดเพลินก็ได้มีการวิเคราะห์ว่า มีตะกั่วเป็นส่วนประกอบของสีอยู่ถึงร้อยละ ๑๒.๕ กระดาษหนังสือพิมพ์,นิตยสาร และหนังสือเด็กซึ่งพิมพ์ด้วยหมึกพิมพ์ที่ผสมตะกั่วก็พบว่า สีเหลือง, สีแดง และสีส้ม มีตะกั่วอยู่มากกว่า ๑ มิลลิกรัมต่อกรัม นอกจากนี้จากการวิเคราะห์ส่วนที่เคลือบหลอดยาสีฟันพบว่ามีตะกั่วอยู่มากกว่าร้อยละ ๕ และเมื่อตรวจยาสีฟันซึ่งเบื้อนถูกสีที่เคลือบหลอดยาสีฟัน ก็พบว่ามีตะกั่วอยู่ถึง ๑๘๐ไมโครกรัมต่อยาสีฟัน ๑ กรัมหรือมากกว่านั้น (Lin-Fu, ๑๙๗๓)

จากการตรวจวัดปริมาณตะกั่วในฝุ่น ตามบ้านเรือนที่ตั้งอยู่ใกล้โรงหลอมตะกั่วแห่งหนึ่งของประเทศยูโกสลาเวีย ตั้งแต่ปี พ.ศ.๒๕๒๓-๒๕๓๐ พบว่ามีพิสัยเท่ากับ ๒๑๐-๕๐๐ ไมโครกรัมต่อกรัม ซึ่งค่าความผันแปรนี้อาจสืบเนื่องมาจาก ความแตกต่างของปริมาณตะกั่วที่แต่ละบ้านได้รับ และวิธีรวมทั้งความถี่ของการทำความสะอาดบ้านเรือน (Prpic-Majic et al., ๑๙๘๘) ตะกั่วที่ปะปนอยู่กับฝุ่นตามบ้านเรือนนี้ สามารถเข้าสู่ร่างกายของเด็กทางปากได้ ถ้าเด็กไม่ได้มีการล้างมือก่อนหยิบอาหารเข้าปาก หรือเก็บอาหารที่ตกสู่พื้นบ้านขึ้นรับประทาน หรือมีอุปนิสัยชอบดูดนิ้ว หรือมีเล็บยาวและชอบกัดเล็บ Roels และคณะ(๑๙๘๐) พบว่าปริมาณตะกั่วในเลือดของเด็กที่พักอาศัยใกล้เคียงโรงหลอมตะกั่ว มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณตะกั่วที่อยู่บนมือของเด็ก (รูปที่ ๒.๓)



รูปที่ ๒.๓ ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณตะกั่วในเลือด กับปริมาณตะกั่วที่อยู่บนมือ ของเด็กที่พักอาศัยใกล้เคียงโรงหลอมตะกั่ว

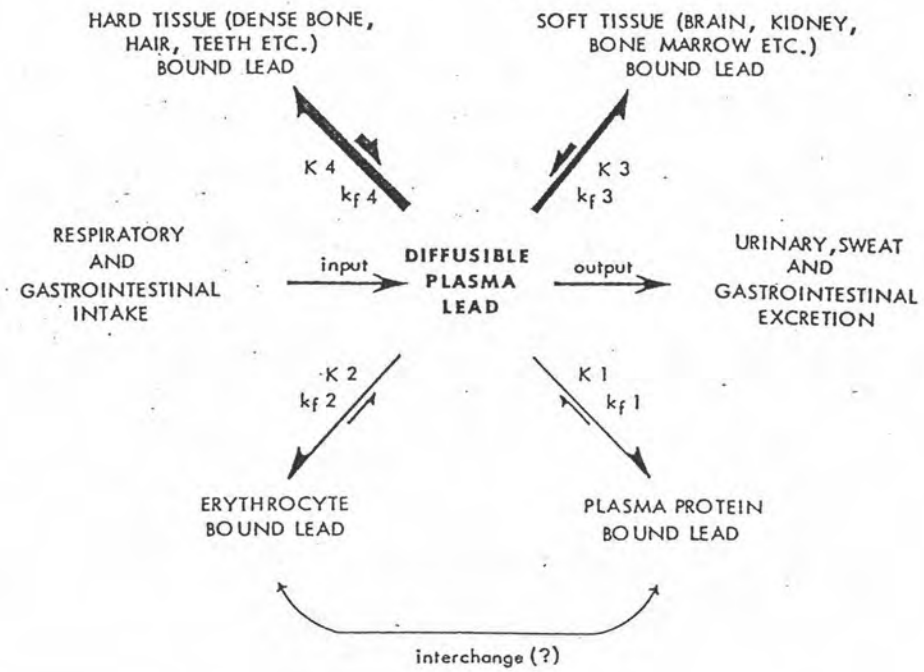
ที่มา : Roels,H.A. et al. Exposure to lead by the oral and the pulmonary routes of children living in the vicinity of a primary lead smelter. Environ Res ๒๒ (๑๙๘๐) : ๘๔.

๓. ทางผิวหนัง สารประกอบของตะกั่วอินทรีย์ เช่น เตตราเอทิลเลด จะสามารถผ่านผิวหนังได้ ส่วนตะกั่วอนินทรีย์ถ้าฝังอยู่ใต้ผิวหนังหรือในกล้ามเนื้อ เช่น หัวกระสุนปืนที่ยังไม่ได้ผ่าตัดออกอาจมีการละลายถูกดูดซึมเข้ากระแสโลหิตได้บ้าง จนอาจทำให้ปรากฏอาการพิษของตะกั่วขึ้น (ยุทธนา ปัญญางาม, ๒๕๓๓)

<u>การแพร่กระจาย, การสะสม และการขับถ่าย</u>

เมื่อตะกั่วถูกดูดซึมเข้าสู่กระแสโลหิต จะจับอยู่กับเม็ดโลหิตแดงอย่างรวดเร็ว แล้วถูกพาไปทั่วร่างกาย ต่อมาจะมีการกระจายตัวของตะกั่วที่อยู่ในกระแสโลหิต ไปสู่ของเหลวนอกเซลและอวัยวะต่างๆอย่างรวดเร็ว (Harrison and Laxen,๑๙๘๑) การกระจายตัวของตะกั่วในร่างกายนั้นมีแหล่งใหญ่ๆอยู่ ๓ แหล่ง กล่าวคือ *แหล่งที่* ๑ ได้แก่ กระแสโลหิต (ซึ่งหมายถึง เม็ดโลหิตแดงเป็นส่วนใหญ่) รวมทั้งเนื้อเยื่ออ่อนบางชนิด ที่มีการแลกเปลี่ยนตะกั่วกับกระแสโลหิตได้อย่างรวดเร็ว แหล่งนี้จะได้รับตะกั่วจากทางเดินอาหารและอากาศ จะเป็นแหล่งที่มีการแลกเปลี่ยนตะกั่วกับแหล่งที่ ๒ และ ๓ ตะกั่วจากแหล่งนี้จะถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะเป็นส่วนใหญ่ *แหล่งที่* ๒ ได้แก่ เนื้อเยื่ออ่อน เช่น ตับ ไต เป็นต้น และบางส่วนของกระดูก ที่ไวต่อการแลกเปลี่ยนตะกั่ว *แหล่งที่* ๓ ได้แก่ กระดูก เป็นแหล่งที่มีตะกั่วสะสมอยู่มากที่สุดในร่างกาย แหล่งนี้ยังรวมถึงเนื้อเยื่ออ่อนบางชนิดอีกด้วย (Rabinowitz, Wetherill and Kopple, ๑๙๗๓) เกือบทั้งหมดของตะกั่วที่อยู่ในร่างกาย หรือประมาณร้อยละ ๙๔ จะอยู่ในกระดูก และฟัน แต่สำหรับเด็กจะมีประมาณร้อยละ ๗๐ เท่านั้น ตะกั่วที่อยู่ในเนื้อเยื่ออ่อนจะมีประมาณร้อยละ ๒ และที่เหลือคือประมาณร้อยละ ๔ จะอยู่ในกระแสโลหิต(Boeckx, ๑๙๘๖) อย่างไรก็ตามได้มีบทความบางฉบับกล่าวว่า ตะกั่วที่อยู่ในกระแสโลหิตนั้น มีประมาณร้อยละ ๒ ของปริมาณตะกั่วทั้งหมดที่มีอยู่ในร่างกาย โดยกว่าร้อยละ ๙๐ ของตะกั่วที่อยู่ในกระแสโลหิตนี้ จะรวมตัวอยู่กับเม็ดเลือดแดง และส่วนที่เหลือจะอยู่ในพลาสมา ตะกั่วที่อยู่ในพลาสมา(ซึ่งมีประมาณร้อยละ ๐.๒ ของตะกั่วทั้งหมดที่อยู่ในร่างกาย)จะแยกออกเป็นสองส่วน คือส่วนที่รวมกับโปรตีนของพลาสมา และส่วนที่สามารถแพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่นๆของร่างกายได้ บทความนี้ยังได้กล่าวเน้นถึงตะกั่วในพลาสมา ส่วนที่สามารถแพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่นๆได้ว่า เป็นศูนย์กลางของการเคลื่อนย้ายแลกเปลี่ยน ระหว่างตะกั่วในแหล่งต่างๆของร่างกาย ดังแสดงในรูปที่ ๒.๔ (Baloh, ๑๙๗๔)

018717

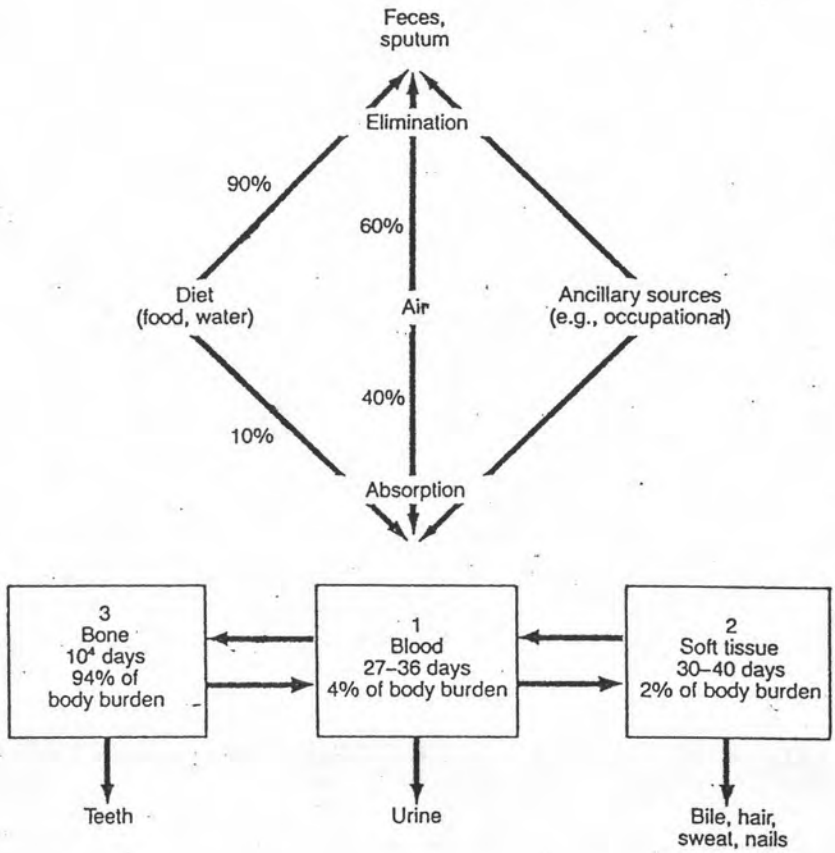


รูปที่ ๒.๔ การเคลื่อนย้ายของตะกั่วแหล่งต่างๆที่อยู่ในร่างกาย

ที่มา : Baloh,R.W. Laboratory diagnosis of increased lead absorption. Arch Environ Health ๒๘ (April ๑๙๗๔) : ๑๙๙.

ระยะเวลาที่ตะกั่ว ยังคงอยู่ในกระแสโลหิต และเนื้อเยื่ออ่อนนั้น ประมาณ ๔-๖ สัปดาห์ ส่วนในกระดูกตะกั่วอาจยังคงอยู่ได้นานถึง ๓๐ ปี ดังรูปที่ ๒.๕ (Boeckx,๑๙๘๖) จากการศึกษาวิจัยของ Rabinowitz และคณะ(๑๙๗๓) พบว่าตะกั่วที่ร่างกายดูดซึมเข้าไป จะยังคงอยู่ในกระแส-โลหิตเป็นระยะเวลา ๒๗ วัน ตะกั่วที่อยู่ในกระดูกนั้นบางส่วนจะกลับเข้าสู่กระแสโลหิตอีก ทำให้ช่วงเวลาครึ่งชีวิตของตะกั่วที่อยู่ในกระดูกจึงอาจอยู่ระหว่าง ๖๐๐-๓,๐๐๐ วัน (Harrison and Laxen, ๑๙๘๑)

ตะกั่วจะถูกขับออกจากร่างกายทางปัสสาวะ ประมาณร้อยละ ๗๖ ทางอุจจาระประมาณร้อยละ ๑๖ และอีกประมาณร้อยละ ๘ จะถูกขับออกทางผิวหนัง,เหงื่อ,เส้นขน หรือเส้นผม (Rabinowitz et al.,๑๙๗๓)



รูปที่ ๒.๕ แบบจำลองการดูดซึม,การสะสม และการขับถ่าย ของตะกั่วในร่างกาย

ที่มา : Boeckx,R.L. Report. Analytical Chemistry ๕๘ (February ๑๙๘๖) : ๒๘๐A.

<u>ปริมาณตะกั่วที่ร่างกายรับได้ในหนึ่งวัน</u>

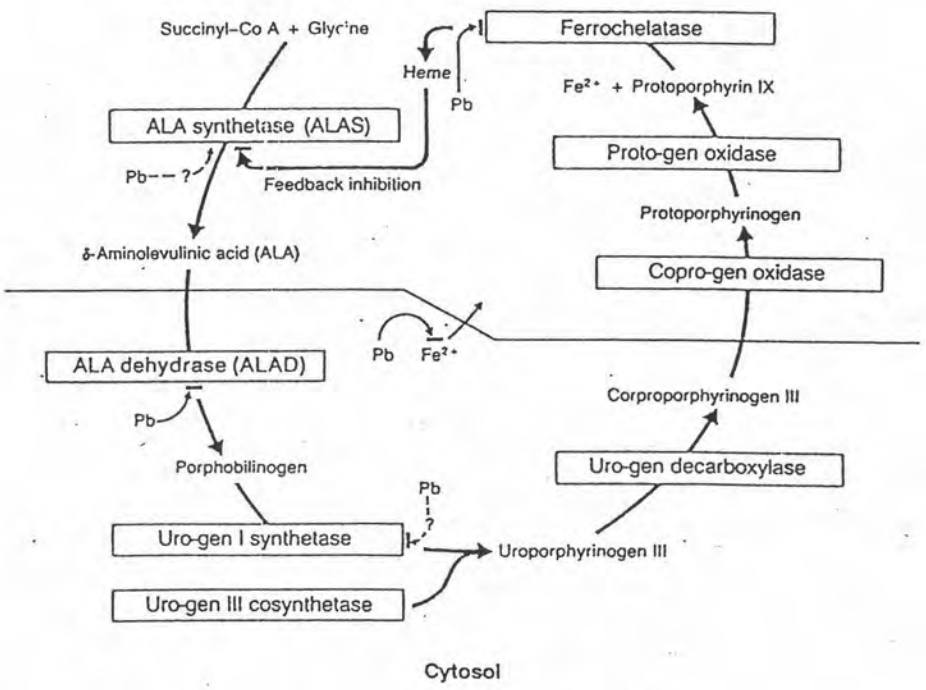
ปริมาณตะกั่วที่ร่างกายสามารถรับได้ในแต่ละวัน ขึ้นอยู่กับอายุ, ขนาดของร่างกาย และปัจจัยอื่นๆ(สมพูล กฤตลักษณ์,๒๕๓๒ ก) ตะกั่วที่ร่างกายได้รับจะหมายถึง ตะกั่วที่ร่างกายได้รับจากอาหาร,น้ำดื่มและสิ่งอื่นๆ ที่ไม่ใช่อาหาร รวมทั้งจากทางเดินหายใจด้วย ความสำคัญของการจำกัด หรือกำหนดปริมาณตะกั่วที่ร่างกายได้รับ จะมุ่งเน้นไปที่เด็ก ทั้งนี้เพื่อควบคุม และป้องกันความเป็นพิษของตะกั่ว ซึ่งมักจะเกิดขึ้นกับเด็กนั่นเอง

ปริมาณตะกั่วที่ร่างกาย*รับได้*ในหนึ่งวัน (Daily Permissible Intake : DPI) สำหรับเด็ก ได้ถูกกำหนดให้เท่ากับ ๓๐๐ ไมโครกรัม ถ้าปริมาณตะกั่วที่เด็กได้รับใน ๑ วัน สูงกว่าค่าที่กำหนดนี้ ร่างกายจะไม่สามารถขับตะกั่วออกได้หมด และจะเกิดการสะสมตะกั่วไว้ในร่างกาย การสะสมจะยังคงมีเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ ตราบเท่าที่ร่างกายยังคงได้รับตะกั่วสูงกว่าปริมาณที่รับได้อยู่(King,๑๙๗๑) สำหรับผู้ใหญ่ ถ้าค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่วที่ร่างกายได้รับต่อวันสูงกว่า ๕๐๐-๖๐๐ ไมโครกรัม ก็จะเกิดการสะสมของตะกั่วในร่างกายเช่นเดียวกัน(Lin-Fu, ๑๙๗๒) เมื่อมีตะกั่วสะสมในร่างกายมากขึ้น ก็อาจก่อให้เกิดความเป็นพิษขึ้นกับร่างกายได้ การที่จะเกิดพิษหรือไม่นั้นขึ้นอยู่กับ ปริมาณมากน้อยของตะกั่วที่มีอยู่ในเนื้อเยื่ออ่อน นอกจากนี้ในขณะที่ร่างกายไม่อยู่ในสภาวะ "ปกติ" เช่น มีไข้ หรือมีภาวะความเป็นกรดหรือด่างผิดปกติ ตะกั่วจะกลับออกจากกระดูกไปที่เนื้อเยื่ออ่อนมากขึ้น จึงทำให้เกิดอาการเป็นพิษขึ้นได้อย่างกะทันหัน(ฉวีวัฒณ์ จุฒานนท์, ๒๕๒๒; Harrison and Laxen, ๑๙๘๑)

<u>พิษของตะกั่วต่อร่างกาย</u>

ความเป็นพิษของตะกั่วต่อมนุษย์ เกิดจากการที่มนุษย์นำตะกั่วมาใช้ประโยชน์ในด้านต่าง ๆ และก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพของมนุษย์เอง ตะกั่วมีผลกระทบต่อร่างกายได้ ตั้งแต่ในระดับที่มองไม่เห็นจนถึงขั้นมีอาการแสดงออก ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้ คือ

๑. <u>ระบบโลหิต</u> ถือว่าเป็นระบบที่ไวที่สุดต่อผลกระทบของตะกั่วต่อร่างกาย โดยทำให้อายุของเม็ดเลือดแดงสั้นลง,ลดอัตราการสังเคราะห์โกลบูลิน(Globulin) และที่สำคัญที่สุดก็คือ การยับยั้งการสังเคราะห์ฮีม (Heme) เอนไซม์หลายชนิด ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ฮีม ถูกขัดขวางการทำงาน (รูปที่ ๒.๖)



รูปที่ ๒.๖ ผลกระทบของตะกั่วต่อกระบวนการสังเคราะห์ฮีม
ที่มา : Boeckx,R.L. Report. Analytical Chemistry ๕๘ (February ๑๙๘๖) : ๒๘oA.

ตะกั่วจะยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ delta-aminoleoulinic acid dehydrase(ALAD) มีผลทำให้ความเข้มข้นของสาร ALA ในเลือดและในปัสสาวะเพิ่มสูงขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณ ALA ในปัสสาวะก็จะไม่เพิ่มสูงขึ้น จนกว่าปริมาณตะกั่วในเลือดจะเท่ากับ ๔o ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งถือเป็นข้อจำกัดของการใช้ปริมาณ ALA ในปัสสาวะ เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความเป็นพิษของตะกั่วสำหรับเด็ก เพราะปัจจุบันนี้ ปริมาณตะกั่วในเลือดของเด็กที่ถือว่า "ปกติ" นั้น ได้พยายามผลักดันให้ไม่สูงกว่า ๒๕ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตะกั่วยังยับยั้งการทำงานของเอนไซม์ ferrochelatase ซึ่งทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับ การรวมธาตุเหล็กเข้ากับพอร์ไพริน (porphyrin) เป็นผลให้มีสารfree-erythrocytic protoporphyrin(FEP หรือ EP) เพิ่มสูงขึ้นในเลือด สำหรับเด็ก ถ้าปริมาณตะกั่วในเลือดเพิ่มขึ้นถึง

๒๐-๒๕ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ก็จะเริ่มมีการสะสมของ EP ขึ้นในเลือด และถึงแม้ว่าตะกั่วจะมีผลกระทบต่อชีวเคมีของระบบโลหิต ดังได้กล่าวมาแล้ว อาการแสดงออกที่สำคัญ คือ โลหิตจาง(anemia) ก็มักจะไม่ปรากฏจนกว่าปริมาณตะกั่วในเลือดจะเท่ากับหรือมากกว่า ๔๐-๕๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (Boeckx, R.L., ๑๙๘๖)

๒. <u>สมองและระบบประสาท</u> ในผู้ใหญ่ ตะกั่วมักมีผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนปลาย ซึ่งพบมากในผู้ที่มีอาชีพเกี่ยวข้องกับตะกั่ว โดยมีอาการกล้ามเนื้อส่วนปลายอ่อนแรงและอ่อนเปลี้ย เช่น มีอาการมือและเท้าตก เป็นต้น และมีการทำลายเซลล์ของระบบประสาทส่วนปลาย โดยมีอาการชาตามแขน-ขา (สมพูล กฤตลักษณ์,๒๕๓๒ ก ; Seppalainen,๑๙๘๔) ส่วนในเด็ก ตะกั่วมักจะมีผลกระทบต่อระบบประสาทส่วนกลาง เด็กที่ได้รับตะกั่วปริมาณที่สูงมากเข้าสู่ร่างกาย มักมีอาการทางสมองอย่างรุนแรง และอาจชักหมดสติหรือเสียชีวิตได้(Hutton,๑๙๘๗) และพบว่าถ้าปริมาณตะกั่วในเลือดของเด็กเท่ากับหรือมากกว่า ๘๐-๑๐๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ก็จะมีอาการทางสมองอย่างเฉียบพลันเกิดขึ้นได้ และหากเด็กยังคงมีชีวิตรอดภายหลังที่เกิดอาการดังกล่าวแล้ว ก็มักจะมีอาการของรอยโรคปรากฏอยู่ ได้แก่ อาการชัก, มีพฤติกรรมเปลี่ยนแปลงไป และที่สำคัญที่สุดมักจะทำให้เด็กปัญญาอ่อน (Boeckx, ๑๙๘๖; Rummo and Routh,๑๙๗๙)

เนื่องจากความไวต่อพิษของตะกั่ว ที่มีผลกระทบต่อสมองของมนุษย์นั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญคืออายุ ตะกั่วมักจะมีผลกระทบอย่างยิ่งยวดกับสมองที่อยู่ระหว่างกำลังกำลังพัฒนา(Holtzman et al., ๑๙๘๔) ทั้งนี้หากเด็กอายุ ๓-๕ ปี มีปริมาณตะกั่วในเลือดเท่ากับหรือมากกว่า ๖๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร จะมีความเสี่ยงสูงมากต่อการทำลายการเรียนรู้ในช่วงวัยเรียนต่อมา ถ้ามีปริมาณตะกั่วในเลือดเท่ากับหรือมากกว่า ๔๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร คาดว่าจะมีความเสี่ยงเช่นกัน แต่อยู่ในระดับปานกลาง(Chisolm, ๑๙๘๔)

สำหรับเด็กที่อาศัยอยู่ในสิ่งแวดล้อมที่มีตะกั่วปนเปื้อนเป็นระยะเวลานานๆ เช่น พักอาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงโรงหลอมตะกั่ว Landrigan

และคณะ(๑๙๗๕) พบว่าเด็กที่มีปริมาณตะกั่วในเลือดเท่ากับหรือมากกว่า ๔๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร จะมีระดับสติปัญญาต่ำกว่าเด็กที่มีปริมาณตะกั่วในเลือดน้อยกว่า ๔๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร (ซึ่งถือว่าเป็นปริมาณที่ยอมรับได้สำหรับเด็กในขณะนั้น Needleman(๑๙๘๓)ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมของเด็กทั่วๆไป พบว่าเด็กที่มีปริมาณตะกั่วในฟันสูง จะมีการเสื่อมของระดับสติปัญญาและกระบวนการเรียนรู้, มีสมาธิอยู่ได้ในระยะสั้น และมีพฤติกรรมที่ปรับตัวเข้ากับชั้นเรียนได้น้อยกว่าเด็กที่มีปริมาณตะกั่วในฟันต่ำ

๓. <u>ไต</u> ไตเป็นอวัยวะที่ได้รับผลกระทบจากสารตะกั่วมากที่สุดอวัยวะหนึ่ง ในรายที่มีภาวะพิษตะกั่วอย่างเฉียบพลัน เซลล์ของท่อเล็กๆของไตโดยเฉพาะส่วนต้นถูกทำลาย ทำให้หน้าที่การดูดกลับสารอาหารบกพร่อง มีการขับกรดอะมิโน,น้ำตาล และฟอสเฟต ออกทางปัสสาวะมากขึ้น หรือที่เรียกว่าเกิดอาการคล้ายๆกับกลุ่มอาการแฟนโคไน(Fanconi's syndrome) ซึ่งจะพบในรายที่มีปริมาณตะกั่วในเลือดมากกว่า ๑๕๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และในรายที่มีภาวะพิษตะกั่วเฉียบพลันแบบรุนแรงเท่านั้น การที่ฟอสเฟตถูกขับออกทางปัสสาวะมากเกินไปจะส่งผลเสียที่สำคัญ คือ ทำให้ระดับของฟอสเฟตในเลือดลดต่ำลง ร่างกายจะตอบสนองโดยมีการปลดปล่อยฟอสเฟตจากกระดูกออกสู่กระแสโลหิต ลักษณะเช่นนี้เชื่อว่า จะสามารถกระตุ้นให้ตะกั่วที่สะสมอยู่ในกระดูกหลุดออกมาด้วย และจะไหลเวียนสู่เนื้อเยื่ออ่อนต่างๆของร่างกาย ซึ่งก่อให้เกิดอันตรายขึ้นได้ อย่างไรก็ตามผลกระทบจากสารตะกั่วต่อการทำงานของไตจะเกิดขึ้นในชั่วขณะหนึ่ง และร่างกายสามารถปรับคืนสู่สภาพปกติได้ในภายหลัง

นอกจากนี้ร่างกายยังมีกลไกบางอย่าง ในการป้องกันการเกิดพิษโดยมีการจับสารตะกั่วไว้กับโปรตีนที่ซับซ้อนในเซลล์ไต กลายเป็นอินคลูชันบอดี้(Inclusion body) ทั้งนี้เข้าใจว่าเป็นกลไกในการปกป้องมิให้สารตะกั่วในนิวเคลียสไปรวมกับไมโตคอนเดรียนั่นเอง (Chisolm, ๑๙๗๑)

๔. <u>ผลกระทบอื่น ๆ</u> ได้แก่

๔.๑ ตะกั่วมีผลต่อปริมาณของอนุพันธ์ของวิตามินดี (๑,๒๕-dihydroxy-cholecalciferol หรือ ๑,-๒๕-CC) ซึ่งเป็นตัวกระตุ้น

พิพิธภัณฑ์ วิทยาศาสตร์การแพทย์
ศูนย์วิทยทรัพยากร

การดูดซึมของแคลเซียม และฟอสฟอรัสที่ผนังลำไส้ สำหรับเด็กปริมาณตะกั่วในเลือดมีความสัมพันธ์เชิงลบกับปริมาณ ๑,๒๕-CC ถ้าปริมาณตะกั่วในเลือดของเด็กมากกว่า ๖๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ปริมาณ ๑,๒๕-CC จะลดลงอย่างมาก และเมื่อปริมาณตะกั่วในเลือดอยู่ระหว่าง ๑๒ - ๕๙ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ก็มีผลเชิงลบต่อปริมาณ ๑,๒๕-CC เช่นกัน

ปริมาณ ๑,๒๕-CC ในวัยเด็กจะไม่ได้รับอิทธิพลจากฤดูกาล ถึงแม้ว่าในช่วงฤดูร้อนวิตามินดีที่เพิ่มสูงขึ้น จะทำให้อนุพันธ์ของวิตามินดีซึ่งสังเคราะห์ที่ตับ คือ ๒๕-hydroxy-cholecalciferol หรือ ๒๕-CC เพิ่มขึ้นอย่างมากก็ตาม (Mahaffey et al., ๑๙๘๒)

๔.๒ ผลกระทบของตะกั่วต่อกระดูก ตะกั่วจะสะสมอยู่ในกระดูกสูงมาก ในวัยเด็กซึ่งเป็นวัยกำลังเจริญเติบโต จะพบการแทรกตัวของตะกั่วบริเวณเยื่อเจริญซึ่งอยู่ตอนปลายของกระดูกท่อนยาว ได้แก่ กระดูกแขนและขา และอาจพบที่กระโหลกศีรษะด้วย (สมพูล กฤตลักษณ์, ๒๕๓๒ ข)

๔.๓ ตะกั่วมีผลกระทบต่อทางเดินอาหาร ทำให้เกิดอาการปวดท้องที่ไม่สัมพันธ์กับอาหาร, ท้องผูก และอาการอื่นๆ ของระบบทางเดิน-อาหาร (สมพูล กฤตลักษณ์ , ๒๕๓๒ ก)

๔.๔ ตะกั่วมีผลกระทบต่อระบบสืบพันธุ์ ทำให้เป็นหมัน,แท้งบุตร, ทารกตายคลอดและเสียชีวิตในขวบปีแรก(Boeckx, ๑๙๘๖) ทั้งนี้ตะกั่วสามารถผ่านทางกระแสโลหิตจากแม่ไปสู่ทารกในครรภ์ได้ และถ้าปริมาณตะกั่วในเลือดค่อนข้างสูงแล้ว ก็สามารถทำให้แท้งบุตรหรือทารกตายคลอดได้ ซึ่งมักพบในสตรีที่ทำงานเกี่ยวข้องกับตะกั่ว หรือได้รับการปนเปื้อนจากตะกั่วปริมาณสูง ๆ (Moore et al., ๑๙๗๗)

๔.๕ ผลกระทบต่อหัวใจ บริเวณพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของตะกั่วในสิ่งแวดล้อมสูงขึ้น พบว่ามีอุบัติการณ์ของโรคหัวใจและความดันโลหิตสูงมากขึ้น เมื่อทำการทดลองเลี้ยงหนูด้วยอาหารที่เติมสารตะกั่วพบว่ามีการเปลี่ยนแปลงทางโครงสร้างหลายอย่างกับเซลล์กล้ามเนื้อของหัวใจ ในคนที่มีความดันโลหิตสูง พบว่าจะมีปริมาณตะกั่วในเลือดสูงกว่าคนทั่วไป

๔.๖ ผลกระทบต่อตับและระบบภูมิคุ้มกัน มีบทความในวารสารบางฉบับได้รายงานถึงผลกระทบของตะกั่วต่อตับและระบบภูมิคุ้มกัน อย่างไรก็ตาม การศึกษาวิจัยด้านนี้ในมนุษย์ยังมีอยู่ค่อนข้างน้อย(Boeckx , ๑๙๘๖; Mahafffey, ๑๙๘๑)

<u>อุตสาหกรรมหลอมตะกั่วกับผลกระทบต่อสุขภาพมนุษย์</u>

อุตสาหกรรมหลอมตะกั่ว(หรืออีกนัยหนึ่งอุตสาหกรรมถลุงตะกั่ว) ในประเทศไทยนั้น ส่วนใหญ่จะใช้วัตถุดิบจากเศษตะกั่วที่มีอยู่ในแบตเตอรี่ชำรุดมาทำการหลอม โดยเจ้าของจะซื้อแบตเตอรี่เก่าแล้วทุบเอาเปลือกแบตเตอรี่ออก จากนั้นก็ทำการหลอมในเตาหลอมโดยการใช้อากาศเป่าช่วย มลภาวะที่เกิดจากการหลอมตะกั่วซึ่งได้แก่ แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์,ไอตะกั่ว และฝุ่นตะกั่ว ได้ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและสุขภาพมนุษย์โดยเฉพาะอย่างยิ่งไอตะกั่วอันเกิดจากการหลอมตะกั่ว มิได้เป็นอันตรายกับผู้ที่ปฏิบัติงานในโรงหลอมตะกั่วเท่านั้น แต่ยังกระจายออกไปยังบรรยากาศ สู่ประชาชนในละแวกใกล้เคียงอีกด้วย(ชาคร จารุพิสิฐธร,๒๕๓๐;ชัยยะ พงษ์พานิช และ วิโชติ บุญเปลี่ยน, ๒๕๒๑)

ดังเช่นรายงานของ เยาวลักษณ์ โลหารชุน และดนัย สนิทวงศ์ ในปีพ.ศ.๒๕๐๗ ที่กล่าวถึงผู้ป่วยเด็กหลายรายจากสองครอบครัว ป่วยด้วยโรคพิษตะกั่ว โดยทั้งสองครอบครัว ประกอบอาชีพที่มีการหลอมตะกั่วที่บ้าน ครอบครัวแรกบิดามีอาชีพซ่อมและทำแบตเตอรี่ มีการหลอมตะกั่วจากหม้อแบตเตอรี่เก่าๆที่ไม่ใช้แล้ว เพื่อทำเป็นแท่งเก็บไว้ขาย ส่วนใหญ่จะหลอมประมาณเดือนละครั้ง และมักจะทำในเวลากลางคืน เป็นเวลากว่าสิบปี ควันจากการหลอมมีมาก และเข้าไปถึงทุกห้องในบ้าน โดยเฉพาะชั้นล่าง ครอบครัวนี้มีบุตร ๕ คน สองคนแรกเสียชีวิตแล้ว เนื่องจากเป็นไข้และชัก บุตรที่เหลือป่วยด้วยโรคพิษตะกั่วทั้งสามคน บุตรคนโตเป็นผู้หญิงอายุ ๔ ปี มีไข้ เดินไม่ได้ก่อนมาโรงพยาบาลประมาณ ๑๐ วัน ขาข้างขวาไม่มีแรง ต่อมาขาข้างซ้ายเริ่มแสดงอาการอ่อนแรงและในที่สุดมือทั้งสองก็ไม่มีแรงด้วย

เด็กลักษณะตัวเล็กกว่าอายุจริง, ซีด, ผลการตรวจเอ็กซเรย์ของกระดูกยาว พบว่าทึบกว่าปกติ ภายหลังที่ได้รับการรักษา และมาตรวจครั้งสุดท้ายเมื่ออายุ ๗.๕ ปี ปรากฏว่าเด็กตัวเล็กว่าอายุ และมีความประพฤติไม่เหมือนปกติ คือ บางคราวก็เกะกะเกเรหรือร้องไห้โดยไม่มีเหตุผล บุตรคนที่สองเป็นผู้ชาย เมื่ออายุได้ ๑ ปี ๘ เดือน เคยมาโรงพยาบาลด้วยอาการไข้สูง ได้ยาไปกินที่บ้าน ต่อมาเด็กไม่พูดและไม่เดิน เมื่ออายุ ๒.๕ ปี มาโรงพยาบาล ด้วยอาการไข้สูงไอและชักเมื่อตรวจร่างกายพบว่าเด็กเข้าใจภาษาน้อยกว่าที่ควรสำหรับอายุสองปีครึ่ง ซีด เอ็กซเรย์ของกระดูกยาวทึบกว่าปกติ ต่อมาภายหลังได้รับการรักษาอีกหลายครั้งจนเมื่อเด็กอายุ ๕ ปี ก็พบว่ายังพูดไม่ได้ ระดับสติปัญญาเท่ากับเด็กอายุ ๒ ปี เดินได้แต่ไม่มั่นคง บุตรคนที่ ๓ เป็นชายอายุ ๘ เดือน มีอาการอาเจียนและปวดท้องบ่อยๆ มารดาสังเกตว่าเด็กกวนมากกว่าธรรมดา มือซ้ายอ่อนแรง

ครอบครัวที่สอง บิดามีอาชีพเจียรไนพลอยมานาน ๘-๙ ปี ต้องใช้เขียงตะก่วรูปจานกลมไว้สำหรับรองพลอย เมื่อเขียงสึกก็จะไปเอาตะก่วมาหลอมทำเขียงใหม่ โดยเอาแท่งตะก่วใส่ในกะทะตั้งบนเตาไฟและหลอมให้ละลาย แล้วเทใส่พิมพ์ ประมาณเดือนครึ่งถึงสองเดือนก็ต้องทำการหลอมใหม่ ขณะเจียรไน จะมีผลตะก่วปลิวฟุ้งอยู่ทั่วไป เด็กๆก็จะเล่นอยู่รอบๆบริเวณนี้ ครอบครัวนี้มีบุตร ๓ คน บุตรคนกลางอายุ ๒ ปี เป็นชาย ป่วยด้วยอาการท้องเดินเรื้อรัง อาเจียน เบื่ออาหาร หงุดหงิด ชอบเก็บเศษผงและเศษกระดาษตามพื้นใส่ปากเคี้ยวกินเสมอ ตรวจร่างกายพบว่า ซีด มีสีดำที่ขอบเหงือก เอ็กซเรย์กระดูกยาวพบว่าทึบกว่าปกติ บุตรคนโตอายุ ๔ ปี เป็นชาย ไม่มีอาการผิดปกติอย่างใด แต่จากการตรวจทางห้องปฏิบัติการและเอ็กซเรย์ ได้รับการวินิจฉัยว่าเป็นโรคพิษตะก่ว

ในปี พ.ศ.๒๕๑๒ได้มีการระบาดของโรคพิษตะก่วที่ตำบลบางครุ ในอำเภอพระประแดง จังหวัดสมุทรปราการ จากการเผาเปลือกแบตเตอรี่เป็นเชื้อเพลิงเคี่ยวน้ำตาลขาย ภัยของเปลือกแบตเตอรี่อยู่ที่สารตะก่วซึ่งติดปะปนมา เมื่อถูกเผาไหม้ไอของตะก่วจึงฟุ้งกระจายไป บริเวณลานที่ใช้ทุบเปลือกแบตเตอรี่ หรือกองเนินเถ้าเปลือกแบตเตอรี่ เป็นบริเวณที่เด็กๆ

ใช้เป็นที่เล่น ชาวบ้านบางครอบครัว ก็ใช้เถ้าเปลือกแบตเตอรี่ถมที่ลุ่มในบริเวณบ้าน และใช้ถมพื้นบ้านให้สูงจากระดับน้ำที่ท่วมถึง เถ้าเปลือกแบตเตอรี่ก็จะถูกน้ำฝนและน้ำคลองชะล้างไป ทั้งนี้สืบเนื่องมาจาก การที่มีเด็กอายุ ๓ ปี ๒ เดือน ป่วยด้วยโรคพิษตะกั่วมารับการรักษาที่โรงพยาบาลศิริราช จึงได้มีการสำรวจหมู่บ้านที่ผู้ป่วยเด็กรายนี้อาศัยอยู่ ปริมาณตะกั่วในเลือดที่ทำการตรวจ จำนวน ๑๒ รายมีค่าสูงมาก อยู่ในช่วง ๙๑ -๓๐๔ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร สมาชิกของครอบครัวผู้มีอาชีพเคี่ยวน้ำตาลมะพร้าว รวมทั้งสัตว์เลี้ยง ต่างอยู่ในอันตรายจากการถูกพิษตะกั่วโดยรู้เท่าไม่ถึงการณ์ เด็ก ๓ ราย ที่มีปริมาณตะกั่วในเลือด ๑๖๓,๒๐๗ และ ๓๐๑ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร มีอาการอ่อนแรงของกล้ามเนื้อแขน-ขา,หงุดหงิด และเบื่ออาหาร (อุรพล บุญประกอบ และคณะ,๒๕๑๔)

ในปี พ.ศ.๒๕๒๑ ชัยยะ พงษ์พานิชและวิโชติ บุญเปลี่ยน ได้ทำการศึกษาอันตรายอันเกิดจากตะกั่วในและนอกโรงหลอม เพื่อดูการแพร่-กระจายของตะกั่วที่กระจายออกจากโรงหลอมตะกั่ว ไปสู่ประชาชนที่พักอาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียง พบว่าในระยะ ๐-๑ กิโลเมตรจากโรงหลอม ผลการตรวจปริมาณตะกั่วในเลือดของคนงาน ๕ คนเกินมาตรฐานทุกคน ปริมาณตะกั่วในอากาศ ๔ ตัวอย่าง ซึ่งเก็บที่ระยะประมาณ ๘๐๐ - ๑,๐๐๐ เมตรจากโรงหลอม ก็เกินมาตรฐานทั้งสิ้น ในระยะ ๑ - ๔ กิโลเมตรจากโรงหลอม ผลการตรวจปริมาณตะกั่วในเลือด ๕๒ ตัวอย่าง พบว่ามีอยู่ ๒๑ ตัวอย่างที่เกินมาตรฐาน(ร้อยละ ๔๐) และในระยะ ๔ - ๕ กิโลเมตรจากโรงหลอม ผลการตรวจปริมาณตะกั่วในเลือด ๕๖ ตัวอย่าง พบว่ามีอยู่ ๔ ตัวอย่างที่เกินมาตรฐาน(ร้อยละ ๗)

ปีพ.ศ.๒๕๒๔ ภาควิชากุมารเวชศาสตร์ โรงพยาบาลศิริราช ได้รับเด็กอายุ ๘ เดือน ไว้ในโรงพยาบาลด้วยอาการชัก และพบว่าเป็นโรคสมองอักเสบจากพิษตะกั่ว ผู้ป่วยรับประทานนมมารดา ซึ่งมีระดับตะกั่วสูงถึง ๔๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ครอบครัวของผู้ป่วยเด็กรายนี้อาศัยอยู่ในโรงงานทำแบตเตอรี่ ปริมาณตะกั่วในเลือดของบิดาและมารดาของเด็กสูงทั้งสองคน และเมื่อตรวจคนงานของโรงงานนี้ ๓๐ คน พบว่ามีปริมาณตะกั่วในเลือด

๖๐-๑๒๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ซึ่งจำเป็นต้องให้การรักษา นอกจากนี้ยังพบว่าฟองน้ำที่ใช้ปิดจมูกหรือกรองอากาศหายใจขณะทำงาน มีตะกั่วอยู่ถึง ๑๐,๐๐๐ ไมโครกรัม(สมพูล กฤตลักษณ์ และคณะ , ๒๕๓๑)

ในปี พ.ศ.๒๕๓๐ ศูนย์อาชีวอนามัยที่ ๑(สำโรงใต้) กองอาชีวอนามัย ได้จัดทำโครงการเฝ้าคุมโรค อันเกิดจากการทำงานที่เกี่ยวข้องกับตะกั่วอนินทรีย์ ในโรงงานที่ใช้ตะกั่วเป็นวัตถุดิบหลัก โดยการตรวจหาปริมาณตะกั่วในอากาศบริเวณทำงาน และปริมาณตะกั่วในเลือดของคนงาน พบว่าปริมาณตะกั่วในอากาศบริเวณทำงานของโรงหลอมตะกั่วแห่งหนึ่ง ซึ่งเก็บมาทั้งหมด ๓ จุดเท่ากับ ๐.๑๓๙,๐.๑๗๑ และ ๐.๒๙ มิลลิกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (มาตรฐานตามประกาศกระทรวงมหาดไทยเท่ากับ ๐.๒ มก/ลบ.ม.) และเป็นโรงงานที่มีปริมาณตะกั่วในอากาศบริเวณทำงานมากที่สุด ส่วนปริมาณตะกั่วในเลือดของคนงานโรงหลอมตะกั่วแห่งนี้ จำนวน ๓๔ ตัวอย่าง อยู่ในช่วง ๔๔.๒๑-๑๐๐.๘๓ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ๗๐.๑๑ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร มีจำนวนตัวอย่างที่เกินกว่าค่าที่ยอมรับได้ (๖๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร) ถึงร้อยละ ๗๔ (๒๗ ตัวอย่าง)

ปี พ.ศ.๒๕๓๑ สมพูล กฤตลักษณ์ และคณะได้ทำการศึกษาระบาดวิทยาของพิษตะกั่ว ที่ตำบลแสมดำ ทั้งนี้สืบเนื่องมาจากมีผู้ป่วยเด็กหญิงอายุ ๑ ปี ๑๑ เดือน เข้ารับการรักษาที่โรงพยาบาลศิริราช ด้วยอาการชักก่อนมาโรงพยาบาลประมาณ ๑๐ ชั่วโมง ได้รับการวินิจฉัยว่า เป็นโรคพิษตะกั่ว คณะผู้วิจัยพบว่า ที่บ้านของผู้ป่วย มีอาชีพย่อยพลาสติกที่ใช้แล้วให้เป็นชิ้นเล็กๆ เพื่อส่งขายโรงงานหลอมพลาสติก ประมาณ ๒ เดือน ก่อนที่ผู้ป่วยมาโรงพยาบาล ได้มีพ่อค้านำพลาสติกเก่าหุ้มแบตเตอรี่รถยนต์ มาให้ย่อยเป็นชิ้นเล็กๆ หลังจากนั้นสมาชิกในครอบครัวก็มีอาการปวดศีรษะ และปวดท้องบ่อยๆ พี่ชายของผู้ป่วยปกติเป็นเด็กแข็งแรงดี แต่กลับมีอาการเบื่ออาหารและผอมลง สุนัข ๒ ตัวซึ่งเลี้ยงไว้บริเวณใต้ถุนบ้าน ชักตายโดยไม่ทราบสาเหตุ

คณะผู้วิจัยได้ทำการสำรวจสิ่งแวดล้อมบริเวณบ้าน พบว่าขณะที่ใช้เครื่องย่อยพลาสติคให้เป็นชิ้นเล็กๆนั้น ฝุ่นและละอองที่เกิดจากการย่อยพลาสติค ฟุ้งกระจายไป ซึ่งอาจถูกพัดพาไปตกบริเวณบ่อน้ำที่ใช้อุปโภค และ

ตุ่มดินที่ใส่น้ำบริโภค(เป็นน้ำประปาซื้อมาจากการประปานครหลวง) ซึ่งไม่มีฝาปิด บริเวณใต้ถุนบ้านซึ่งใช้เป็นที่ย่อยพลาสติคนั้น ก็เป็นบริเวณพักผ่อนของผู้ใหญ่ และเป็นที่วิ่งเล่นสำหรับเด็กๆ(ซึ่งมักจะไม่ใส่รองเท้าและบางคนก็ไม่ใส่เสื้อผ้า) หลังจากทำการตรวจวิเคราะห์แล้วคณะผู้วิจัย พบว่าปริมาณตะกั่วในน้ำบ่อหลังบ้าน และหน้าบ้านเท่ากับ ๗๗.๔๒ และ ๒๐.๙๗ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ, เศษดินจากลานกองพลาสติค มีตะกั่ว ๓๑.๕ มิลลิกรัมต่อกรัม, เศษดินจากเครื่องย่อยพลาสติคหุ้มแบตเตอรี่ มีตะกั่ว ๓๘.๘๑-๔๓.๑๒ มิลลิกรัมต่อกรัม , พลาสติคหุ้มแบตเตอรี่ มีตะกั่ว ๒.๙๖ มิลลิกรัมต่อกรัม,ปริมาณตะกั่วในเลือด ๒๙ ตัวอย่างอยู่ในช่วง ๖๔.๕-๒๑๔.๗ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร มีค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ ๑๐๓.๖๕ และ ๓๕.๐๙ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ

ส่วนทางด้านต่างประเทศ ในปีพ.ศ.๒๕๑๕ Landrigan และคณะ พบว่า เด็กส่วนใหญ่ที่พักอาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงโรงหลอมตะกั่วแห่งหนึ่ง ณ เมืองเอล์ พาโซ รัฐเท็กซัส ประเทศสหรัฐอเมริกา จะมีปริมาณตะกั่วในเลือดอยู่ในช่วง ๔๐-๘๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และพบว่าตะกั่วจากโรงหลอมตะกั่ว สามารถดูดซึมเข้าสู่ร่างกายโดยการรับประทาน และการหายใจเข้าไปทุกวันๆ เป็นระยะเวลานานๆ คณะผู้วิจัยจึงได้สนใจที่จะทำการศึกษาว่า ระดับตะกั่วในเลือด ๔๐-๘๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร จะมีผลกระทบต่อสมองและระบบประสาท หรือไม่อย่างไร [ทั้งนี้ก่อนหน้านั้นได้มีบทความหลายฉบับได้รายงานว่า หากตะกั่วที่ร่างกายดูดซึมเข้าไป จนกระทั่งมีปริมาณตะกั่วในเลือดถึงระดับดังกล่าว ก็เพียงพอที่จะทำให้เกิดความผิดปกติของพฤติกรรมของเด็ก(เช่น กระสับกระส่าย) กล้ามเนื้ออ่อนแรง หรือมีอาการมือและเท้าตก] ผลการศึกษาพบว่าการที่ร่างกายได้รับสารตะกั่วจากโรงหลอมตะกั่วทุกๆวัน เป็นระยะเวลานานๆ และมีปริมาณตะกั่วในเลือด ๔๐-๘๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร จะก่อให้เกิดผลกระทบต่อสุขภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งต่อเด็ก โดยจะค่อยๆทำลายพฤติกรรมการเรียนรู้,ความสามารถในการรับรู้ รวมทั้งความสามารถในการบังคับการใช้กล้ามเนื้อ (Landrigan et al.,๑๙๗๕)

ผลกระทบจากอุตสาหกรรมหลอมตะกั่ว ย่อมเกิดกับผู้ประกอบอาชีพเกี่ยวข้องกับตะกั่ว ดังที่ Levine และคณะได้รายงานไว้เมื่อปีพ.ศ. ๒๕๑๙ ถึงโรงหลอมตะกั่วแห่งหนึ่งซึ่งตั้งอยู่ชานเมืองทรอย ทางตะวันออกเฉียงใต้ของรัฐอัลลาบามา ประเทศสหรัฐอเมริกา ว่าคนงานของโรงหลอมตะกั่วแห่งนี้ ๙ คน ต้องเข้ารับการศึกษาในโรงพยาบาลด้วยโรคพิษตะกั่ว และมีปริมาณตะกั่วในเลือดอยู่ในช่วง ๗๘-๑๒๘ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร โดยที่คนงาน ๘ คนมีอาการปวดท้องมาก อีก ๑ คนมีอาการสับสนและสติหลอน คณะผู้วิจัยจึงได้ทำการตรวจวิเคราะห์ปริมาณตะกั่วในเลือด ของเจ้าหน้าที่และคนงานโรงหลอมตะกั่วแห่งนี้ ๓๗ คน พบว่าทั้ง ๓๗ คนมีปริมาณตะกั่วในเลือดมากกว่า ๔๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร รวมทั้งเจ้าที่สำนักงาน ซึ่งทำงานได้เพียง ๑๐ สัปดาห์ และพบว่าคนงาน ๓๐ คน(จากคนงานทั้งหมด ๓๓ คน) มีปริมาณตะกั่วในเลือดมากกว่าหรือเท่ากับ ๘๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร คณะผู้วิจัยยังได้ตรวจปริมาณตะกั่วในเลือดของผู้ใหญ่สองครอบครัว ที่พักอาศัยห่างจากโรงหลอมตะกั่ว ๕๐ และ ๑๐๐ เมตร จำนวน ๘ คนพบว่าทุกคนมีปริมาณตะกั่วในเลือดไม่สูงกว่า ๔๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร อย่างไรก็ตาม ค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่วในเลือด ของครอบครัวที่พักอาศัยห่างจากโรงหลอมตะกั่ว ๕๐ เมตร และ ๑๐๐ เมตร (๒๕ และ ๑๔ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตรตามลำดับ) ก็ค่อนข้างจะสูงกว่าค่าเฉลี่ยของปริมาณตะกั่วในเลือดของผู้ใหญ่ในกลุ่มควบคุม ซึ่งพักอาศัย ณ ที่อื่นในเมืองทรอย

อย่างไรก็ตามเป็นที่ตระหนักดีว่า "เด็ก" เป็นผู้ที่ไวที่สุด และมีความเสี่ยงสูงมากต่อพิษตะกั่ว ในปี พ.ศ. ๒๕๒๐ Yankel และคณะได้เขียนบทความรายงานถึง ปริมาณตะกั่วในเลือดของเด็ก ที่พักอาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงโรงหลอมตะกั่วแห่งหนึ่ง ตั้งอยู่ทางตอนเหนือของรัฐไอดาโฮ ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งพวกเขาได้ทำการตรวจวิเคราะห์ไว้เมื่อปี พ.ศ. ๒๕๑๗ และ ๒๕๑๘ พบว่าร้อยละ ๙๙ ของเด็กอายุ ๑-๙ ปีที่พักอาศัยในระยะ ๑.๖ กิโลเมตร จากโรงหลอมมีปริมาณตะกั่วในเลือดสูงกว่า ๔๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร และเมื่อระยะยิ่งห่างจากโรงหลอมออกไปมากขึ้น ปริมาณตะกั่วในเลือดของเด็กก็จะยิ่งน้อยลง คณะผู้วิจัยพบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการที่เด็ก

จะมีโอกาสมีปริมาณตะกั่วในเลือดสูงกว่า ๔๐ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ได้แก่ ความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศ , ปริมาณตะกั่วในดิน , อายุของเด็ก, ความสะอาดของบ้านที่เด็กพักอาศัยอยู่ และประการสุดท้าย คือ อาชีพของบิดา-มารดา โดยที่ความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศ เป็นปัจจัยที่มีอิทธิพลมากที่สุด ซึ่งสามารถอธิบายการผันแปรของปริมาณตะกั่วในเลือดได้ถึงร้อยละ ๕๕ ค่าเฉลี่ยปริมาณตะกั่วในเลือดของเด็กที่พักอาศัยอยู่ในระยะ ๑.๖ กิโลเมตร จากโรงหลอมตะกั่ว สำหรับบ้านที่สะอาด,สะอาดปานกลาง และค่อนข้างสกปรกเท่ากับ ๓๙, ๖๗ และ ๗๗ ไมโครกรัมต่อเดซิลิตร ตามลำดับ และโดยทั่วๆไปแล้วปริมาณตะกั่วในเลือดของเด็กจะลดลงเมื่ออายุเพิ่มขึ้น (Yankel et al., ๑๙๗๗)

ในปีพ.ศ.๒๕๓๑ Prpic-Majicและคณะ ได้เขียนบทความที่เน้นถึงบทบาทและความสำคัญของปริมาณตะกั่วในเลือดของเด็ก ซึ่งสามารถใช้เป็นดัชนีในการประเมินความเสี่ยงด้านสุขภาพ ของผู้ที่พักอาศัยอยู่ในบริเวณใกล้เคียงโรงหลอมตะกั่ว โดยได้ทำการศึกษาที่ชุมชนแห่งหนึ่งซึ่งตั้งอยู่ใกล้โรงหลอมตะกั่ว ในหุบเขาเมซา ทางตะวันตกเฉียงเหนือ ของประเทศยูโกสลาเวีย และพบว่า ภายหลังที่โรงหลอมตะกั่วแห่งนี้ได้ติดตั้งระบบกำจัดอากาศเสียแบบ Bag Filters ในปีพ.ศ.๒๕๒๑ (หลังจากที่ได้เปิดดำเนินกิจการมาเป็นเวลา ๓๐๐ กว่าปี) ค่าปริมาณตะกั่วในเลือดของกลุ่มตัวอย่างต่างๆในปี พ.ศ.๒๕๒๓-๒๕๓๐ มีแนวโน้มที่จะลดลงสู่ระดับปกติ โดยที่ปริมาณตะกั่วในเลือดของเด็ก จะสูงกว่าของมารดาตนเองเสมอ และยังคงอยู่ในระดับที่สูงตลอดช่วงเวลาที่ทำการศึกษา สำหรับเด็กที่เกิดก่อนและหลังการติดตั้งระบบกำจัดอากาศเสีย พบว่า มีระดับตะกั่วในเลือดใกล้เคียงกันในช่วงปีพ.ศ. ๒๕๒๗-๒๕๓๐ ซึ่งแสดงว่าบทบาทของตะกั่วจากแหล่งต่างๆที่ร่างกายได้รับ มีผลกระทบต่อร่างกาย มากกว่าตะกั่วที่สะสมอยู่ในร่างกาย ซึ่งเด็กได้รับในปริมาณที่สูงกว่าในอดีต และในปีพ.ศ.๒๕๓๐แม้ว่าค่ามัธยฐานของปริมาณตะกั่วในเลือด จะมีค่าใกล้เคียงกับ ค่าปกติของผู้ที่พักอาศัยอยู่ในเขตเมือง แต่ก็ยังแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับต่ำกว่า ๐.๐๐๑ เมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยังพบว่า ความแตกต่างระหว่าง

ปริมาณตะกั่วในเลือด ของผู้ที่พักอาศัยในระยะรัศมี ๑,๐๐๐ เมตร จากโรงหลอมตะกั่ว กับค่าปกติมีค่าสูงที่สุด เมื่อเทียบกับปริมาณตะกั่วในเลือดของผู้ที่พักอาศัยห่างจากโรงหลอมตะกั่วมากกว่า ๑,๐๐๐ เมตร ตลอดช่วงเวลาที่ศึกษา

สำหรับการตรวจตามด้านสิ่งแวดล้อม(Environmental Monitoring) คณะผู้วิจัยพบว่าภายหลังจากที่โรงหลอมตะกั่วแห่งนี้ได้ติดตั้งระบบกำจัดอากาศเสียแล้ว ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในบรรยากาศได้ลดลงจนถึงระดับน้อยกว่า หรือเท่ากับ ๒ ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (ค่ามาตรฐานของประเทศยูโกสลาเวีย) ตลอดช่วงเวลาที่ได้ทำการศึกษา อย่างไรก็ตาม ปริมาณความเข้มข้นของตะกั่วในฝุ่น ซึ่งแม้ว่าจะลดลงด้วยก็ตาม แต่ก็ยังคงสูงกว่า ๕๐๐ ไมโครกรัมต่อตารางเมตรต่อวัน (ค่ามาตรฐาน ของประเทศยูโกสลาเวีย) นอกจากนี้ ในบางช่วงของการศึกษายังแสดงแนวโน้มที่จะเพิ่มขึ้นอีกด้วย คณะผู้วิจัยได้ตั้งข้อสมมติฐานว่า ปริมาณของตะกั่วในฝุ่นนี้อาจมาจากตะกั่วที่อยู่ในดิน ซึ่งในอดีตได้รับการปนเปื้อนที่สูงมากมาตลอด

ปริมาณของตะกั่วในฝุ่นตามบ้านเรือน ตั้งแต่ปี พ.ศ.๒๕๒๓-๒๕๓๐ ค่อนข้างจะผันแปร (แต่ก็ยังต่ำกว่าในช่วงก่อนติดตั้งระบบกำจัดอากาศเสีย) ทั้งนี้ อาจขึ้นอยู่กับปริมาณของตะกั่วที่เข้าไปในบ้าน และวิธีต่างๆหรือความถี่ของการทำความสะอาดบ้าน

จากผลการวิจัย คณะผู้วิจัยได้ชี้ให้เห็นว่า ปริมาณตะกั่วในเลือดจะเป็นตัวบ่งชี้ถึง การได้รับตะกั่วเข้าไว้ในร่างกายจากทุกวิถีทาง และจากทุกแหล่ง (ได้แก่ ตะกั่วที่หลงเหลืออยู่ในสิ่งแวดล้อมต่างๆ ภายหลังที่ได้ติดตั้งระบบกำจัดอากาศเสีย และตะกั่วที่มีสะสมอยู่ในร่างกายจากการได้รับมาในอดีต) ซึ่งทั้งหมดนี้จะก่อให้เกิดความเป็นพิษขึ้นกับร่างกาย ส่วนการตรวจตามทางสิ่งแวดล้อม ใช้ประเมินความมากน้อย,ช่วงเวลา และความถี่ของการปนเปื้อนจากตะกั่วในสิ่งแวดล้อมต่างๆ แต่ก็ไม่มีผลการตรวจจากสิ่งแวดล้อมอันใดอันหนึ่งเลย (เช่น อากาศ,อาหาร,น้ำดื่ม,ดิน,ฝุ่น เป็นต้น) ที่จะบ่งชี้ถึงระดับที่แน่นอน ซึ่งจะก่อให้เกิดอันตรายขั้นวิกฤติ ต่ออวัยวะของร่างกาย(Prpic-Magic et al.,๑๙๘๘)