

วารสารวิศวกรรมศาสตร์

การวัดขนาดสัดส่วนศีรษะเด็กเล็กเพื่อหาค่ามิติที่จำเป็น สำหรับการออกแบบหมวกนิรภัยให้เหมาะสม

มาลินี ลีลัคนาวีระ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10330

อีเมล: Malinee.L@student.chula.ac.th

บทคัดย่อ ปัญหาความปลอดภัยในเด็กเล็กจากการเดินทางโดยรถจักรยานยนต์ในประเทศไทย ส่วนหนึ่งเกิดจากการไม่สวมหมวกนิรภัย ซึ่งสาเหตุเกิดหมวกนิรภัยในท้องตลาดนั้นขนาดและรูปทรงไม่เหมาะสมกับเด็กเล็ก งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาข้อมูลขนาดสัดส่วนของศีรษะเด็กที่จำเป็นต่อการออกแบบหมวกนิรภัย และได้เก็บตัวอย่างรูปถ่ายเด็กนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 1 ถึงชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 เป็นตัวแทนเด็กอายุ 3 ถึง 6 ปี จำนวนทั้งสิ้น 289 คน ซึ่งได้ข้อมูลขนาดสัดส่วนศีรษะจากภาพถ่ายทั้งหมด 15 สัดส่วน นำมาหาความสัมพันธ์กันเพื่อใช้เป็นปัจจัยในการหาสมการถดถอยเชิงเส้นในการทำนายค่าสัดส่วน พบว่าสัดส่วนที่มีค่าสหสัมพันธ์มากกว่า 50% ทั้งหมด 13 สัดส่วน มี 3 สัดส่วนซึ่งสามารถใช้สมการถดถอยเชิงเส้นในการทำนายที่สัมประสิทธิ์การตัดสินใจ 65% และจากการพิจารณารูปทรงศีรษะเด็กเล็กกับหมวกนิรภัยในท้องตลาดพบว่า มีเด็กเพียง 9% เท่านั้นที่สามารถสวมใส่หมวกนิรภัยได้พอดี 44% เกิดความไม่กระชับทางด้านข้างซ้ายและขวา และอีก 47% ไม่สามารถสวมใส่หมวกนิรภัยได้เนื่องจากศีรษะมีขนาดเล็กเกินไป ดังนั้นการออกแบบหมวกนิรภัยให้ปลอดภัยสำหรับเด็กเล็กนั้นจะต้องทำการปรับปรุงทั้งขนาดซึ่งใหญ่เกินไปและรูปทรงที่กว้างเกินไปสำหรับศีรษะเด็กเล็กดังที่ได้นำเสนอในผลการวิเคราะห์ในงานวิจัยนี้

คำสืบค้น : การยศาสตร์, หมวกนิรภัย, เด็กเล็ก, สัดส่วนศีรษะ

วารสารวิศวกรรมศาสตร์ (ISSN: 1906-3636) ปีที่ 5 ฉบับที่ 2

วันที่ส่ง 16 กุมภาพันธ์ 2557

วันที่ตอบรับ 5 สิงหาคม 2557

วันที่ตีพิมพ์ 31 สิงหาคม 2557

Online at <http://www.ej.eng.chula.ac.th/>

DOI:10.4186/ejth.2013.5.2.81



Children Head Anthropometry for Protective Helmet Design

Malinee Leelukkanaweera

Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330,
Thailand
E-mail: Malinee.L@student.chula.ac.th

Abstract. One of the accidents that often experience on the road is due to riding motorcycles in an unsafe manner. Children who do not wear a protective helmet when riding a motorcycle are in one of the highest risk groups. One reason for this happening is that there is no suitable protective helmet designed specifically for children. Images of the head of 289 young children from 3-6 years of age were studied. There were 15 dimensions of children's head were measured to identify the head shape and find out the relationship of dimensions by using linear regression model. The result showed that 13 out of 15 dimensions were over 50 percent correlation, and 3 of them can be used in the linear regression model to predict at coefficient of determination 65 percent. From the analysis of the head shape comparing to current protective helmet in the market, the result showed that the head shape of only 9 percent of young children who would fit the current protective helmet designed in the market. 44 percent of them would not fit the protective helmet at the left and right side. In addition 50 percent of them would not be able wear the protective helmet since the head too small. The design should be improved both of shape and size according to the result of this research.

Keywords: Ergonomic, helmet, children, head anthropometry.

Engineering Journal (ISSN: 1906-3636) Volume 5 Issue 2

Received 16 February 2014

Accepted 5 August 2014

Published 31 August 2014

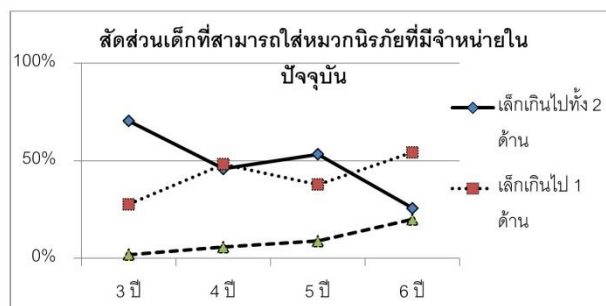
Online at <http://www.ej.eng.chula.ac.th/>

DOI:10.4186/ejth.2013.5.2.81

1. บทนำ

สาเหตุการเสียชีวิตของประชากรเด็กอันดับ 2 รองจากการจมน้ำ คืออุบัติเหตุการจราจร และกว่า 80% เกิดจากรถจักรยานยนต์ หรือใน 1 วันต้องมีเด็กเสียชีวิตจากรถจักรยานยนต์ 1 คน โดยเฉพาะอย่างยิ่งจากการได้รับการกระทบกระเทือนจากการกระแทกของศีรษะและสมอง ความเสี่ยงในเด็กเล็กจะเกิดจากการโดยสารที่ไม่สวมหมวกนิรภัยด้วยความเต็มใจของพ่อแม่ผู้ปกครองหรือผู้ขับขี่เอง ผู้ขับขี่รถจักรยานยนต์จัดอยู่ในกลุ่มผู้ใช้งานไร้สิ่งป้องกัน มีความเสี่ยงต่อการบาดเจ็บและการเสียชีวิตสูงกว่าผู้ใช้รถยนต์ 10-50 เท่า หมวกนิรภัยถูกออกแบบสำหรับทุกกลุ่มอายุ มีขนาดที่ต่างกันออกไป ในเด็กเล็กซึ่งศีรษะใหญ่และน้ำหนักตัวน้อย กล้ามเนื้อต้นคอไม่แข็งแรงเท่ากับผู้ใหญ่ มีโอกาสเกิดการหักของกระดูกต้นคอได้ง่าย การใช้หมวกนิรภัยอาจมีความเสี่ยงมากกว่าผู้ใหญ่ อย่างไรก็ตามไม่มีข้อมูลจากฐานข้อมูลใด หรือการศึกษาใดที่บ่งบอกถึงอันตรายจากหมวกนิรภัยในเด็ก ดังนั้นจึงควรสนับสนุนให้เด็กที่มีความจำเป็นต้องเดินทางด้วยรถจักรยานยนต์สวมใส่หมวกนิรภัย[1] จากการศึกษาขนาดและรูปทรงหมวกนิรภัยในท้องตลาดพบว่า หมวกนิรภัยสำหรับเด็กและผู้ใหญ่มีรูปทรงเดียวกัน ต่างกันที่ขนาดเท่านั้น และจากงานวิจัยในอดีต [2, 3] ซึ่งพบว่ารูปทรงศีรษะมนุษย์แต่ละภูมิภาคในโลกมีความแตกต่างกัน [4] ทำให้เกิดข้อสงสัยว่าหมวกนิรภัยที่เหมาะสมกับเด็กเล็กควรเป็นเช่นไร ดังนั้น งานวิจัยนี้ได้วัดขนาดศีรษะเด็กอายุระหว่าง 3 – 6 ปี ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากโรงเรียนอนุบาลเมืองใหม่จังหวัดชลบุรี เพื่อหาค่ามิติที่จำเป็นเพื่อการออกแบบหมวกนิรภัย [5, 6]

จากการวัดขนาดศีรษะของเด็กเล็กอายุ 3-6 ปีในงานวิจัยนี้ นำมาเปรียบเทียบกับขนาดหมวกนิรภัยในท้องตลาดโดยเปรียบเทียบสัดส่วนความกว้างศีรษะ และความยาวศีรษะกับหมวกนิรภัยที่มีจำหน่ายในปัจจุบันโดยค่าความแตกต่างที่ไม่เกิน 1 เซนติเมตรถือว่าเป็นหมวกนิรภัยที่พอดีกับศีรษะ



รูปที่ 1 สัดส่วนเด็กเล็กที่สวมใส่หมวกนิรภัยที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน

จากรูปที่ 1 จำนวนเด็กเล็กที่สวมใส่หมวกนิรภัยที่มีขายอยู่ในท้องตลาด แสดงว่าขนาดหมวกนิรภัยในท้องตลาดซึ่งมีขนาดเล็กที่สุดคือเส้นรอบศีรษะ 52 ซม. ความกว้าง 16 ซม. และความยาว 18 ซม. เด็กอายุ 3 ขวบสามารถสวมใส่ได้พอดีเพียง 2% เท่านั้น และ เมื่อศีรษะมีขนาดใหญ่ขึ้นตามอายุ จะสามารถสวมใส่ได้มากขึ้นที่ 6% , 9% และ 20% ตามลำดับ และ แนวโน้มของขนาดศีรษะเด็กที่พอดีกับหมวกนิรภัยในท้องตลาดเพียง 1 สัดส่วน บ่งบอกถึงรูปทรงศีรษะที่ไม่ได้สัดส่วนกับหมวกนิรภัย จากข้อมูลเด็กเล็กในงานวิจัยนี้พบว่าเกิดช่องว่างในด้านความกว้างศีรษะมากกว่า 1 เซนติเมตร หมายความว่า รูปร่างศีรษะเด็กเล็กนั้นยาวและผอมกว่ารูปร่างหมวกนิรภัยในท้องตลาด ซึ่งจากภาพแนวโน้มแสดงให้เห็นว่าเปอร์เซ็นต์ที่รูปทรงศีรษะไม่พอดีกับหมวกนิรภัยนั้นมีแนวโน้มมากขึ้นเช่นเดียวกันเนื่องจากเด็กที่ศีรษะเล็กเกินไปทั้ง 2 ด้าน เมื่อโตขึ้นจะมีขนาดศีรษะพอดี 1 ด้าน แต่รูปทรงยังคงไม่เหมาะสม จึงเกิดแนวโน้มโดยมีปริมาณ 35% ของเด็กอายุ 3 ปี และ 48% , 45% และ 53% ในเด็กอายุ 4 ปี, 5 ปี และ 6 ปี ตามลำดับ

งานวิจัยนี้ใช้วิธีการถ่ายภาพ [7] แทนการวัดด้วยเครื่องมือวัดโดยตรง [8, 9] เนื่องจากเด็กเล็กมีความหวาดกลัวเครื่องมือวัด และ ตำแหน่งในการวัดมีความเสี่ยงที่จะก่ออันตรายแก่เด็กเล็ก โดยมีการทดสอบทางสถิติได้ผลลัพธ์ที่ $T\text{-Value} = 0.02$ แสดงว่ายอมรับ H_0 ค่าเฉลี่ยของข้อมูลทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกันแสดงว่าข้อมูลจากการวัดด้วยวิธีการถ่ายภาพมีความถูกต้องแม่นยำ 98%

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1. ผู้เข้าร่วมทดสอบ

เด็กนักเรียนชาย 141 คน และเด็กนักเรียนหญิง 145 คน อายุระหว่าง 3 – 6 ปี ซึ่งเป็นนักเรียนระดับชั้นอนุบาลปีที่ 1 ถึง ประถมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนอนุบาลเมืองใหม่ จ.ชลบุรี โดยได้รับอนุญาตจากผู้ปกครองให้เข้าร่วมงานวิจัย

2.2. อุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล

- 2.1.1 เวอร์เนียคาลิเปอร์แบบดิจิตอล ขนาด 30 ซม. แสดงดังรูปที่ 2 (a)
- 2.1.2 เทปวัดร่างกายขนาดความยาว 1 เมตร แสดงดังรูปที่ 2 (b)
- 2.1.3 กล้องดิจิตอล Nikon D80 พร้อมเลนส์ 18-200 มิลลิเมตร จำนวน 2 ตัว แสดงดังรูปที่ 2 (c)
- 2.1.4 ขาตั้งกล้อง แสดงดังรูปที่ 2 (d)
- 2.1.5 เครื่องชั่งน้ำหนักแบบเข็ม แสดงดังรูปที่ 2 (e)
- 2.1.6 ไม้วัดส่วนสูง แสดงดังรูปที่ 2 (f)
- 2.1.7 อุปกรณ์อ้างอิงขนาดรูปสามเหลี่ยมมุมฉากขนาด 15 * 20 เซนติเมตร แสดงดังรูปที่ 2 (g)
- 2.1.8 แบบฟอร์มบันทึกข้อมูลส่วนตัว แสดงดังรูปที่ 2 (h)



(a)



(b)



(c)



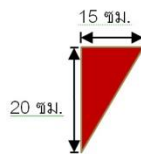
(d)



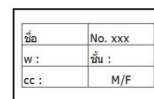
(e)



(f)



(g)



(h)

รูปที่ 2 แสดงอุปกรณ์ในการเก็บข้อมูล

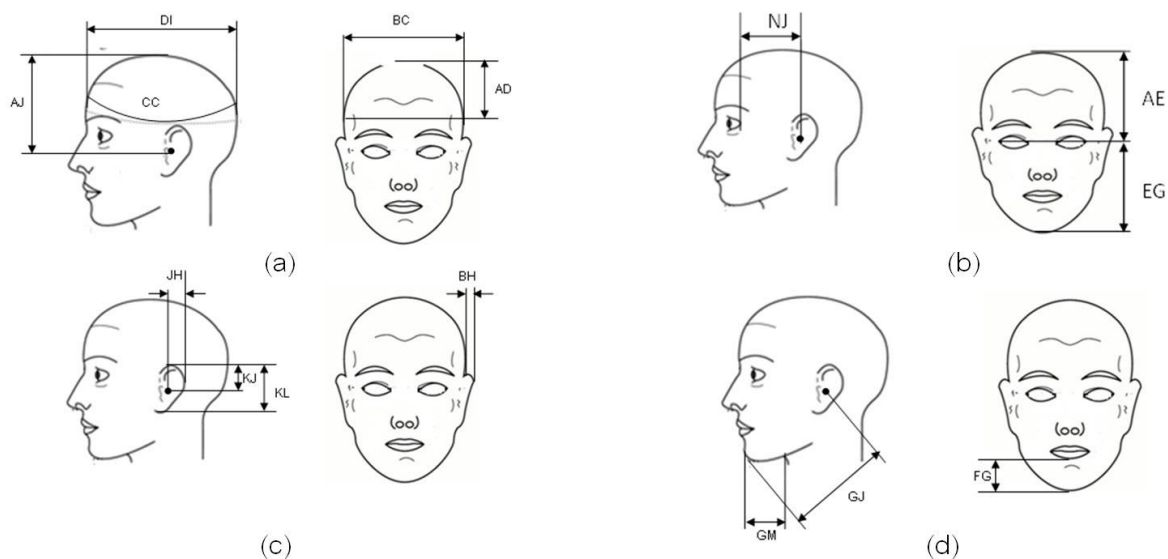
2.3. กำหนดตำแหน่งในการวัดเพื่อการออกแบบหมวกนิรภัย

กำหนดโดยพิจารณาหน้าที่ของส่วนประกอบหมวกนิรภัย แบ่งออกเป็น 4 หน้าที่หลัก [10] ได้แก่

- 2.3.1 การปกคลุมกะโหลกศีรษะ จำนวน 5 สัดส่วน ได้แก่ CC, BC, DI, AJ และ AD แสดงดังรูปที่ 3 (a)
- 2.3.2 การเปิดช่องด้านหน้าเพื่อการมองเห็น จำนวน 3 สัดส่วน ได้แก่ NJ, AE และ EG แสดงดังรูปที่ 3 (b)

2.3.3 การเปิดเว้นช่องว่างเพื่อการได้ยืน 4 สัดส่วน ได้แก่ JH, KL, JK และ BH แสดงดังรูปที่ 3 (c)

2.3.4 การยืดหมวกเข้ากับศีรษะด้วยสายรัดคาง จำนวน 3 สัดส่วน ได้แก่ GM, GF และ GJ แสดงดังรูปที่ 3 (d)



รูปที่ 3 แสดงสัดส่วนที่จำเป็นในการออกแบบหมวกนิรภัย

หมายเหตุ : W คือ น้ำหนักร่างกาย, H คือ ความสูงขณะยืน, CC คือ ความยาวเส้นรอบศีรษะ, BC คือ ระยะความกว้างศีรษะ, AD คือ ระยะจากแนวสูงสุดของศีรษะถึงแนวกว้างสุดของศีรษะ, AE คือ ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงแนวระดับสายตา, EG คือ ระยะจากปลายคางถึงระดับสายตา, FG คือ ระยะจากริมฝีปากถึงปลายคาง, BH คือ ระยะการกางของใบหู, DI คือ ความยาวศีรษะ, AJ คือ ระยะจากจุดสูงสุดศีรษะถึงรูหู, NJ คือ ระยะจากรูหูถึงหางตา, JH คือ ระยะความกว้างใบหู, KJ คือ ระยะจากรูหูถึงจุดสูงสุดของใบหู, KL คือ ความยาวใบหู, GJ คือ ระยะปลายคางถึงรูหู, GM คือ ระยะปลายคางถึงคอ

2.4. วิธีการเก็บข้อมูล

2.4.1 ข้อมูลพื้นฐานวันเดือนปีเกิด โดยบันทึกจากข้อมูลประวัตินักเรียน

2.4.2 วิธีการวัดสัดส่วนโดยตรง ในงานวิจัยนี้ได้ใช้วิธีการวัดสัดส่วนโดยตรง 1 สัดส่วน คือ เส้นรอบศีรษะ (CC) โดยใช้เทปวัดเส้นรอบศีรษะ และการเก็บข้อมูลพื้นฐานคือส่วนสูงและน้ำหนัก

2.4.3 วิธีการถ่ายภาพ เนื่องจากการวัดสัดส่วนศีรษะในเด็กเล็กในตำแหน่งบนใบหน้าค่อนข้างยากเนื่องจากเด็กเล็กไม่อยู่นิ่งและเครื่องมือส่วนปลายที่ทำการวัดอาจเกิดอันตรายแก่เด็กเล็กได้



รูปที่ 4 แสดงวิธีการเก็บข้อมูลเส้นรอบศีรษะ (CC), วัดส่วนสูง และ ชั่งน้ำหนัก



รูปที่ 5 วิธีการเก็บข้อมูลด้วยวิธีการถ่ายภาพจากด้านหน้าตรงและด้านข้าง

3. ผลการเก็บข้อมูล

ข้อมูลสัดส่วนศีรษะทั้ง 15 สัดส่วนสำหรับออกแบบหมวกนิรภัยได้ถูกวิเคราะห์ทางสถิติพื้นฐานดังแสดงในตารางที่ 1 โดยนำเสนอค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ที่ 5 และ 95 สัดส่วนสำคัญซึ่งเป็นปัจจัยหลักในการป้องกันอันตรายที่จะเกิดกับศีรษะคือความยาวศีรษะ BC และความกว้างศีรษะ DI มีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อยตามอายุเช่นเดียวกับสัดส่วนอื่นๆ และ จากการวิเคราะห์ด้วยการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สันแต่ละสัดส่วน รวมถึงข้อมูลพื้นฐานคือ อายุ, น้ำหนัก และ ส่วนสูง ในการพิจารณาความสัมพันธ์ เพื่อใช้เป็นตัวแทนในการทำนาย เพื่อความสะดวกในการใช้งานจริง ดังแสดงในตารางที่ 2

จากตารางที่ 2 น้ำหนัก (W) และส่วนสูง (H) มีค่าสหสัมพันธ์กับอายุ (AGE) 0.516 และ 0.718 สอดคล้องกับพัฒนาการเด็กที่จะมีน้ำหนักและส่วนสูงเพิ่มขึ้นตามอายุ

สัดส่วนเส้นรอบศีรษะ (CC) มีความสัมพันธ์ตามน้ำหนัก (W) และ ความกว้างศีรษะ (BC) เนื่องจากเด็กเล็กมีรูปทรงศีรษะที่อ้วนขึ้น ดังนั้นเส้นรอบศีรษะจึงมีสหสัมพันธ์กับความกว้างศีรษะ (BC) มากกว่าความยาวศีรษะ (DI) ซึ่งความกว้างศีรษะ (BC) มีความสัมพันธ์ตามความสูง (H) และน้ำหนัก (W)

สัดส่วนความยาวจุดสูงสุดของศีรษะถึงระดับสายตา (AD) และ สัดส่วนความยาวจุดสูงสุดศีรษะถึงระดับความกว้างสุดของศีรษะ (AE) มีสหสัมพันธ์แบบตามกันเพราะเป็นส่วนประกอบที่บ่งบอกความยาวของใบหน้าและศีรษะทั้ง 2 สัดส่วน

สัดส่วนความยาวจากระดับสายตาถึงปลายคาง (EG) และสัดส่วนริมฝีปากถึงปลายคาง (FG) มีความสัมพันธ์ตามกันกับน้ำหนัก (W) และส่วนสูง (H) และสัมพันธ์แบบตามกัน แสดงให้เห็นว่า ความสูงและน้ำหนักมีผลต่อความยาวของใบหน้า

สัดส่วนความยาวจากหางตาถึงรูหู (NJ), สัดส่วนความยาวจากจุดสูงสุดศีรษะถึงรูหู (AJ), สัดส่วนความยาวจากรูหูถึงจุดสูงสุดของใบหู (KJ), สัดส่วนความยาวใบหู (KL), สัดส่วนความยาวจากปลายคางถึงคอ (GM) และสัดส่วนความยาวจากปลายคางถึงรูหู (GJ) มีความสหสัมพันธ์กันแบบตามในทุกๆ สัดส่วน บ่งบอกถึงขนาดความยาวรูปหน้ามีทิศทางไปในทิศทางเดียวกันกับขนาดความยาวใบหูเช่นเดียวกัน

ตารางที่ 1 ขนาดสัดส่วนศีรษะเด็กเล็กอายุ 3 – 6 ปี จากกลุ่มตัวอย่าง 289 คน (หน่วยเป็นเซนติเมตร)

สัดส่วนศีรษะ	อายุ 3 ปี			อายุ 4 ปี			อายุ 5 ปี			อายุ 6 ปี		
	Mean	SD	P5/P95	Mean	SD	P5/P95	Mean	SD	P5/P95	Mean	SD	P5/P95
CC	49.78	1.72	46.9/52.10	50.81	1.41	48.50/53.00	50.93	1.82	48.10/53.90	50.81	1.48	48.65/53.21
BC	13.66	0.83	12.40/14.78	13.98	0.87	12.66/15.46	14.13	1.10	12.34/16.7	14.43	0.84	13.31/15.95
DI	16.71	0.95	15.32/18.53	17.04	0.73	15.94/18.28	17.13	0.92	15.71/19.19	17.50	0.91	16.06/18.68
AJ	12.60	0.70	11.67/13.673	12.67	0.78	11.43/13.88	12.77	0.91	11.42/14.17	12.61	0.86	11.36/14.19
AD	8.08	0.91	6.75/9.66	8.37	1.10	6.64/10.20	8.32	0.95	6.65/9.72	8.43	0.91	7.06/9.97
KJ	2.41	0.32	1.92/2.19	2.50	0.37	1.97/3.23	2.62	0.31	2.09/3.08	2.39	0.26	2.02/2.88
BH	1.88	0.31	1.48/2.44	1.91	0.33	1.41/2.48	1.93	0.43	1.41/2.84	1.91	0.38	1.40/2.54
JH	2.69	0.32	2.19/3.20	2.71	0.31	2.23/3.19	2.86	0.32	2.44/3.32	2.89	0.29	2.38/3.28
KL	4.93	0.44	4.37/5.60	4.99	0.36	4.49/5.60	5.22	0.55	4.40/6.13	5.35	0.39	4.77/5.90
NJ	6.21	0.44	5.38/6.83	6.19	0.41	5.50/6.73	6.30	0.39	5.69/6.99	6.45	0.45	5.78/6.92
AE	12.10	1.11	10.27/13.96	12.33	1.04	10.52/13.89	12.57	0.96	11.08/13.83	12.52	1.13	10.94/13.92
EG	8.72	0.47	8.05/9.55	8.96	0.52	8.23/9.82	9.14	0.81	7.90/10.63	9.51	0.46	8.85/10.29
GM	4.06	0.61	3.01/4.99	4.16	0.51	3.43/4.98	4.17	0.65	3.315.44	4.30	0.48	3.69/5.14
GF	2.26	0.42	1.74/3.04	2.31	0.35	1.72/2.85	2.51	0.42	1.81/3.22	2.66	0.36	2.16/3.27
JG	8.74	0.92	7.17/10.01	9.06	0.80	7.74/10.36	9.52	0.82	8.31/11.19	9.99	0.79	8.71/11.24

ตารางที่ 2 แสดงค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรแต่ละสัดส่วน

	W	AGE	SEX	CC	H	BC	AD	AE	EG	FG	BH	DI	AJ	NJ	JH	KJ	KL	GJ	GM
W		0.516	0.076	0.529	0.718	0.568	0.216	0.260	0.595	0.521	0.110	0.234	0.115	0.155	0.272	0.324	0.059	0.381	0.211
AGE	S		-0.120	0.239	0.807	0.338	0.140	0.173	0.492	0.379	0.081	0.110	-0.112	0.028	0.075	0.147	-0.077	0.260	0.017
SEX	X	X		0.245	-0.074	0.367	0.087	0.105	0.120	0.071	0.377	0.083	0.234	0.119	0.132	0.152	0.059	0.061	0.143
CC	S	X	S		0.349	0.539	0.213	0.296	0.437	0.327	0.149	0.309	0.191	0.142	0.127	0.248	0.164	0.237	0.167
H	S	S	X	S		0.506	0.201	0.241	0.637	0.504	0.130	0.350	0.023	0.129	0.192	0.340	0.025	0.405	0.080
BC	S	S	S	S	S		0.304	0.327	0.493	0.344	0.311	0.280	0.332	0.270	0.214	0.373	0.165	0.385	0.144
AD	X	X	X	X	X	S		0.801	0.040	-0.152	0.103	0.303	0.176	0.059	0.069	0.155	0.127	0.191	-0.153
AE	X	X	X	S	X	S	S		0.046	-0.099	0.045	0.331	0.219	0.122	0.093	0.208	0.208	0.273	-0.079
EG	S	S	X	S	S	S	X	X		0.683	0.201	0.389	0.117	0.135	0.233	0.299	0.077	0.338	0.078
FG	S	S	X	S	S	S	S	X	S		0.175	0.247	0.089	0.071	0.276	0.264	0.038	0.254	0.161
BH	X	X	S	X	X	S	X	X	S	S		-0.003	0.206	0.046	0.101	0.199	0.093	0.120	0.040
DI	S	X	S	S	S	S	S	S	S	X	X		0.487	0.488	0.259	0.498	0.361	0.502	0.422
AJ	X	X	S	S	X	S	S	S	X	X	X	S		0.809	0.431	0.723	0.626	0.662	0.583
NJ	S	S	X	X	S	S	X	X	S	X	X	S	S		0.354	0.720	0.603	0.801	0.633
JH	S	S	X	S	S	S	X	X	S	S	X	S	X	X		0.586	0.374	0.449	0.332
KJ	S	S	X	S	S	S	X	X	S	S	X	S	X	S	S		0.614	0.769	0.564
KL	X	X	X	X	X	X	X	S	X	X	X	S	X	X	S	S		0.601	0.398
GJ	S	S	X	S	S	S	X	S	S	S	X	S	X	S	S	S	S		0.563
GM	S	X	X	X	X	X	S	X	X	X	X	S	X	S	X	X	X	S	

หมายเหตุ : ตัวหนาและเอียงหมายถึงค่ามากกว่า 0.5; อักษร S แสดงความสัมพันธ์กันอย่างน้อยมีนัยสำคัญ

เพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูลจริง พิจารณาค่าสัดส่วนตัวแปรที่มีค่าสหสัมพันธ์เกิน 50% หาความสัมพันธ์ในรูปแบบสมการถดถอยเชิงเส้นเพื่อเลือกตัวแปรที่ใช้ในการทำนายค่าสัดส่วนโดยพิจารณาเลือกสมการที่ให้ค่า R^2 มากกว่า 65% ขึ้นไป สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 3 ดังนี้

ตารางที่ 3 แสดงสมการถดถอยเชิงเส้นที่มี R^2 มากกว่า 65%

	สัดส่วน	สมการสัดส่วน	R^2
AJ		$AJ = 2.64 + 1.59NJ$	65.40%
		$AJ = 2.00 + 1.18NJ + 0.632KJ$	69.50%
		$AJ = 2.30 + 133 NJ + 0.793 KL$	68.40%
		$AJ = 2.62 + 1.53 NJ + 0.0426 GJ$	65.40%
		$AJ = 2.50 + 1A4NJ + 0.256GM$	66.20%
NJ		$NJ = 1.07 + 0.412AJ$	65.40%
		$NJ = 0.788 + 0.307AJ + 0.315 KL$	69.30%
		$NJ = 0.983 + 0.361 AJ + 0.296 KJ$	66.90%
		$NJ = 0.584 + 0.252AJ + 0.269 GJ$	78.00%
		$NJ = 0.873 + 0.339AJ + 0.268 GM$	69.30%
		$NJ = 1.62 + 0.281 KJ + 0.343 GJ$	66.90%
		$NJ = 1.76 + 0.352 KL + 0.390 GJ$	66.50%
KL		$KL = 1.16 + 1.42JH$	74.20%
		$KL = 0.420 + 0.175AJ + 0.266 GJ$	67.30%
		$KL = 1.24 + 0.293 JH + 0.325 GJ$	66.40%
GJ		$GJ = 0.450 + 1 A2 NJ$	66.60%
		$GJ = -1.27 + 0.147D1 + 1.29NJ$	65.90%
		$GJ = -0.332 + 0.907 NJ + 0.777 KL$	71.90%
		$GJ = 0.196 + 1.22NJ + 0.607KJ$	66.40%
JH		$JH = 0.102 + 0.524 KL$	74.20%

จากสัดส่วนที่ระบุทั้งหมด 15 สัดส่วน ข้อมูลความสูง น้ำหนัก และอายุซึ่งเป็นข้อมูลพื้นฐานไม่สามารถใช้ทำนายขนาดศีรษะได้แม่นยำเพียงพอต่อการออกแบบหมวกนิรภัย

สัดส่วนความยาวจากจุดสูงสุดศีรษะถึงรูหู (AJ) สามารถทำนายได้ด้วยสัดส่วนความยาวจากหางตาถึงรูหู (NJ) และเมื่อเพิ่มปัจจัยด้านสัดส่วนความยาวใบหู (KL) จะมีความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น 4.1% และเป็นความน่าเชื่อถือสูงที่สุด สัดส่วนความยาวจากปลายคางถึงคอ (GM) และสัดส่วนความยาวจากรูหูถึงจุดสูงสุดของใบหู (KJ) สามารถทำนาย AJ ร่วมกับ NJ และให้ความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกันที่ 0.8% และ 3% ตามลำดับ สัดส่วนความยาวจากปลายคางถึงรูหู (GJ) เมื่อทำนายร่วมกับ NJ ไม่ส่งผลให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

สัดส่วนความยาวจากหางตาถึงรูหู (NJ) สามารถทำนายได้ด้วยสัดส่วนความยาวจากจุดสูงสุดศีรษะถึงรูหู (AJ) และเมื่อเพิ่มปัจจัยด้านสัดส่วนความยาวจากรูหูถึงจุดสูงสุดของใบหู (KJ) หรือสัดส่วนความยาวใบหู (KL) หรือสัดส่วนความยาวจากปลายคางถึงคอ (GM) สามารถเพิ่มความน่าเชื่อถือได้ 3.9% , 1.5% และ 3.9% ตามลำดับ และหากเพิ่มด้วยปัจจัย สัดส่วนความยาวจากปลายคางถึงรูหู (GJ) จะให้ความน่าเชื่อถือเพิ่มขึ้น 12.6% เป็นค่าความเชื่อมั่นสูงสุด หากใช้สัดส่วน

GJ ร่วมกับ KJ หรือใช้สัดส่วน GJ ร่วมกับ KL สามารถทำนายค่า NJ ได้เช่นเดียวกันแต่จะมีค่าความเชื่อมั่นมากกว่าใช้ AJ เพียงปัจจัยเดียวในการทำนายเพียง 1.5% และ 0.9%

สัดส่วนความยาวใบหู (KL) สามารถทำนายได้ด้วยสัดส่วนความกว้างใบหู (JH) ซึ่งให้ความน่าเชื่อถือสูงสุด จึงไม่จำเป็นต้องใช้สมการ 2 ตัวแปรในการคำนวณ

สัดส่วนความยาวจากปลายคางถึงรูหู (GJ) สามารถทำนายได้ด้วยสัดส่วนความยาวจากหางตาถึงรูหู (NJ) หากเพิ่มสัดส่วนความยาวคิ้วระยะ (DI) และสัดส่วนความยาวจากรูหูถึงจุดสูงสุดของใบหู (KJ) ทำให้ค่าความน่าเชื่อถือลดลง แต่ถ้าเพิ่มด้วยปัจจัยสัดส่วนความยาวใบหู (KL) จะได้สมการที่มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น 5.3% ซึ่งถือเป็นค่าความเชื่อมั่นสูงสุด

สัดส่วนความกว้างใบหู (JH) สามารถทำนายได้ด้วยสัดส่วนความยาวใบหู (KL) เพียงปัจจัยเดียวเท่านั้น

จากสมการทั้งหมดซึ่งใช้ในการทำนายค่าสัดส่วน ใช้ในการตัดตัวแปรบางค่าในการเก็บข้อมูล โดยพิจารณาจาก ค่า R^2 และความสะดวกในการเก็บข้อมูล จากตารางที่ 3 แสดงสมการถดถอยเชิงเส้นที่มี R^2 มากกว่า 65% ทั้งหมด 5 สัดส่วนโดยสัดส่วนทั้ง 5 สามารถทำนายกันและกันได้ด้วยค่าความเชื่อมั่นที่แตกต่างกันไป ดังนั้นจึงเลือกเก็บข้อมูลในสัดส่วนที่สามารถทำนายสัดส่วนอื่นได้ค่าความเชื่อมั่นสูงกว่า และเป็นตัวแปรร่วมในการทำนายสัดส่วนอื่นได้จำนวนมากกว่า จากเกณฑ์ในการเลือกดังกล่าว ตัวแปร NJ และ KL จึงเหมาะสมที่จะเก็บข้อมูลเพื่อทำนายค่าสัดส่วน AJ, GJ และ JH แสดงดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 แสดงสมการในการทำนายสัดส่วนคิ้วระยะ AJ, JH และ GJ

สมการ	R^2
$AJ = 2.00 + 1.18 NJ + 0.632 KL$	69.50%
$JH = 0.102 + 0.524 KL$	74.20%
$GJ = -0.332 + 0.907 NJ + 0.777 KL$	71.90%

ข้อมูลสัดส่วนคิ้วระยะจากงานวิจัยนี้แนะนำให้ออกแบบหมวกนิรภัยทั้งหมด 3 ขนาดเพื่อรองรับขนาดคิ้วระยะเด็กเล็กอายุ 3-6 ปี โดยเน้นส่วนปกคลุมคิ้วระยะเป็นหลักที่จะต้องมีความรองรับทั้ง 3 ขนาดคือสัดส่วน CC, BC และ DI สัดส่วนอื่นๆ สามารถใช้ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ (P5) หรือ ค่าเปอร์เซ็นต์ไทล์ (P95) เพียงขนาดเดียวสามารถรองรับขนาดที่แตกต่างกันได้ แสดงดังตารางที่ 5

4. สรุปและขอเสนอแนะเพิ่มเติม

หมวกนิรภัยสำหรับเด็กเล็กจะต้องมีการปรับปรุงการออกแบบทั้งด้านขนาดและรูปทรง แม้ข้อมูลพื้นฐานคืออายุ ความสูง และน้ำหนักจะไม่สามารถทำนายค่าสัดส่วนสำหรับการออกแบบหมวกนิรภัยได้ด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นที่ค่าความน่าเชื่อถือ 65% และการใช้สัดส่วนคิ้วระยะทำนายสัดส่วนคิ้วระยะอื่นด้วยสมการถดถอยเชิงเส้นสามารถลดการเก็บข้อมูลมิติขนาดเพื่อการออกแบบหมวกนิรภัยได้ 3 สัดส่วนจากทั้งหมด 15 สัดส่วน และสำหรับการออกแบบหมวกนิรภัยในตำแหน่งที่ไม่ต้องการความแม่นยำสูงหรือสามารถปรับได้เช่นบริเวณสายรัดคาง สามารถเลือกใช้ข้อมูลค่าเฉลี่ยซึ่งแสดงดังตารางที่ 5

รูปทรงหัวเด็กเติบโตทางด้านกว้างมากกว่าด้านยาว ควรออกแบบหมวกนิรภัยที่ขนาดใหญ่ขึ้นให้สอดคล้องกับรูปทรงที่เปลี่ยนแปลงตามพัฒนาการ

หมวกนิรภัยในท้องตลาดควรปรับปรุงขนาดและรูปร่างเพื่อความปลอดภัยในการสวมใส่หมวกนิรภัยในเด็กเล็กดังนี้

- ความกว้างสุด (BC) ขนาดต่ำสุด 13 เซนติเมตร
- ความยาวสุด (DI) ขนาดต่ำสุด 16 เซนติเมตร

สำหรับสมการความสัมพันธ์ในรูปแบบอื่นๆ ไม่ถูกนำมาพิจารณาเนื่องจากการใช้สมการรูปแบบอื่นให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) แตกต่างกันเพียงเล็กน้อยแต่กลับทำให้การอธิบายความสัมพันธ์เป็นไปได้ยาก และสมการถดถอยเชิงเส้นสะดวกต่อการใช้งานมากกว่าแม้ให้ค่า R^2 น้อยกว่าเล็กน้อย ดังนั้นการนำข้อมูลสัดส่วนศีรษะเพื่อการออกแบบหมวกนิรภัยไปใช้งาน ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ในการใช้งานในแต่ละขนาดสัดส่วนว่าต้องการความแม่นยำของข้อมูลมากน้อยเพียงใด และต้องการข้อมูลพื้นฐานด้านใดบ้าง การใช้สมการถดถอยเชิงเส้นในการทำนายค่าสัดส่วนศีรษะช่วยลดขั้นตอนการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการออกแบบได้ดี เพื่อยกระดับมาตรฐานความปลอดภัยให้กับเด็กนักเรียนซึ่งเป็นกำลังของชาติในอนาคต

ตารางที่ 5 แสดงขนาดสัดส่วนศีรษะเพื่อออกแบบหมวกนิรภัยสำหรับเด็กเล็กอายุ 3 – 6 ปี

ส่วนประกอบของหมวกนิรภัย	สัดส่วนศีรษะ	ขนาด (ซม.)		
		ขนาด 1	ขนาด 2	ขนาด 3
ขนาดเปลือกนอก ขนาดรองใน ขนาดเบาะหุ้มภายใน	CC	45	48	51
	BC	13.0	14.0	15.0
	DI	16.0	17.0	18.0
	AJ	12.7		
	AD	10.2		
	KJ	3.2		
	BH	2.8		
	JH	3.3		
	KL	6.1		
ตำแหน่งและขนาดช่องมอง	NJ	6.3		
	AE	12.4		
	EG	8.05 - 10.63		
สายรัดคาง ส่วนป้องกันคาง	GM	3.0		
	FG	1.7		
	GJ	7.0 - 12.0		

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนด้านสถานที่เก็บข้อมูลจากโรงเรียนอนุบาลเมืองใหม่ จ.ชลบุรี และได้รับความร่วมมือเข้าร่วมถ่ายรูปเป็นอย่างดีจากเด็กนักเรียนชั้นอนุบาล 1 ถึง ป.1 โรงเรียนอนุบาลเมืองใหม่ จ.ชลบุรี ผู้ปกครองผู้อนุญาตบุตรหลานเข้าร่วมงานวิจัย บุคลากรโรงเรียนอนุบาลเมืองใหม่ จ.ชลบุรี ผู้ช่วยเหลือด้านการติดต่อประสานงาน ขอขอบพระคุณ ณ ที่นี้

บรรณานุกรม

- [1] P. Mahajan, "Design of ventilated helmets: computational fluid and impact dynamics studies," Department of Applied Mechanics, Indian Institute of Technology Delhi, New Delhi, India, 2008.
- [2] I. Ilayperuma, "Evaluation of cephalic indices: A clue for racial and sex diversity," *Int. J. Morphol*, vol. 29, no. 7, pp. 112-117, 2011.
- [3] E. Sanna, "Growth charts of head length and breadth for regional areas? A study in Sardinia (Italy)," Anthropological Science Research Unit, Department of Experimental Biology, University of Cagliari, Sardinia, Italy, 2011.
- [4] T. Koizumi, "Cephalic index of Japanese children with normal brain development," Department of Plastic and Reconstructive Surgery, Juntendo University School of Medicine, Japan, 2010.
- [5] J. L. Smith and F. Tayyari, *Occupational Ergonomics: Principles and Applications*, 1st ed. London: Chapman & Hall, 1997.
- [6] M. Halander, *A Guide to the Ergonomics of Manufacturing*. U.K.: Taylor & Francis, 1995.
- [7] ณัฐพล พุฒยางกูร, "การวัดสัดส่วนร่างกายมนุษย์ โดยโปรแกรมประยุกต์การหาขอบวัตถุจากภาพถ่ายดิจิทัลแบบ 2 มิติ," วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2552.
- [8] กิตติ อินทรานนท์, *การยศาสตร์* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2548.
- [9] สุทธิ ศรีบุรพา, *เออร์โกโนมิกส์ : วิศวกรรมมนุษย์ปัจจัย* พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : บริษัท ซีเอ็ด ยูเคชั่น จำกัด มหาชน, 2540.
- [10] Z. Li, "Rapid preliminary helmet shell design based on three-dimensional anthropometric head data," Tsinghua University, China, 2008.

