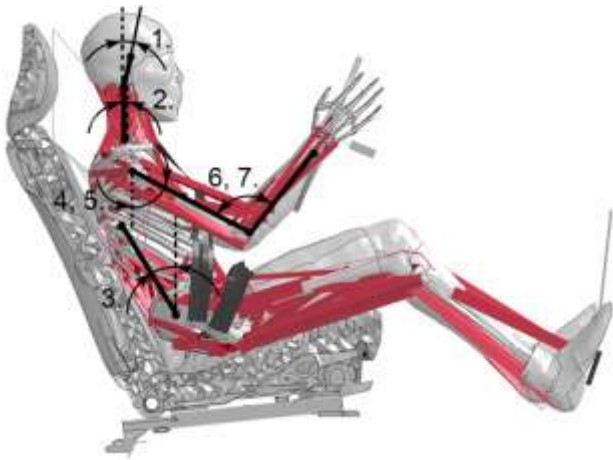


# Aktiva humanmodeller för virtuell åkanderespons, del 2



Dnr: 2010-02860

Författare: Bengt Pipkorn (Autoliv), Karin Brolin (Chalmers)

Delprogram: Fordons- och trafiksäkerhet

Datum: 2015-01-27

## Innehåll

|   |           |
|---|-----------|
| <b>Sammanfattning</b> .....                             | <b>3</b>  |
| <b>Bakgrund</b> .....                                   | <b>3</b>  |
| <b>Syfte</b> .....                                      | <b>4</b>  |
| <b>Genomförande</b> .....                               | <b>4</b>  |
| <b>Resultat</b> .....                                   | <b>5</b>  |
| 5.1 Bidrag till FFI-mål .....                           | 8         |
| <b>Spridning och publicering</b> .....                  | <b>10</b> |
| 6.1 Kunskaps- och resultatspridning .....               | 10        |
| 6.2 Publikationer .....                                 | 10        |
| 1.1.1. Publikationer med kollegial granskning.....      | 10        |
| 1.1.2. Akademiska avhandlingar och examensarbeten ..... | 11        |
| 1.1.3. Konferenspresentationer och övrigt .....         | 12        |
| <b>Slutsatser och fortsatt forskning</b> .....          | <b>12</b> |
| <b>Deltagande parter och kontaktpersoner</b> .....      | <b>14</b> |

### Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings-, innovations- och utvecklingsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Säkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör hälften.

För närvarande finns fem delprogram Energi & miljö, Fordons- och trafiksäkerhet, Fordonsutveckling, Hållbar produktionsteknik och Transporteffektivitet. Läs mer på [www.vinnova.se/ffi](http://www.vinnova.se/ffi)

## Sammanfattning

Risken för en bilåkande att skadas i en krock är avsevärt mindre i bilar utrustade med system som bromsar bilen automatiskt när en krock är oundviklig. Den reducerade krockhastigheten resulterar i en lägre risk för att skadas. Ytterligare reduktion av skaderisken kan åstadkommas om skyddssystemen är aktiverade när bilens automatbromsande system är aktiverat. T ex kan bilens säkerhetsbälte aktiveras för att positionera den åkande i en för skyddssystemen optimal position. I en nödbromsande bil kan de åkande delvis förhindra att kastas framåt i bilen genom att hålla emot spänna kroppens muskler.

För att utveckla skyddssystem som interagerar med den åkande före krock måste också aktivering av kroppens muskler inkluderas i utvecklingsarbetet. Det finns inga verktyg (krockdockor eller modeller av krockdockor) för närvarande som inkluderar muskelaktivering.

I detta projekt utvecklades därför en matematisk (finita element) human modell med aktiva muskler. Modellen kan prediktera kinematiken för åkande i bil, både förare och passagerare, i en nödbromsande (automatbromsande) bil upp till 2 sekunders bromsning av bilen innan krock.

För att utveckla och validera den aktiva humanmodellen, gjordes prov i bil som bromsar kraftigt med volontärer (20 st) för att generera nödvändig data. Prov där föraren bromsade själv och där bilen automatbromsade utfördes. Prov med både förare och passagerare utfördes. En stor mängd data insamlades såsom film med den åkandes rörelse, krafterna i ratten, krafterna i bromspedal och fotstöd. För att modellera muskelaktivering av de åkande under bromsning av fordonet uppmättes aktiviteten hos utvalda muskelgrupper genom electromyografi (EMG) mätningar.

Den aktiva humanmodellen kommer att användas för att prediktera rörelse och krafter på en åkande i en frontalkollision inklusive inbromsning före krock. Automatisk inbromsning av system integrerade i fordonet kan simuleras för att ge stöd i utvecklingen av funktioner för att undvika krock genom bromsning. Dessutom är modellen ett viktigt verktyg för utvecklingen av integrerade skyddssystem där information från bilens sensorer (sensorerna som styr automatbromsningen) kan användas för att utveckla effektiva skyddssystem.

## Bakgrund

Humanmodeller (HBM efter engelskans *human body models*) som kan simulera den åkandes respons innan och under krock är viktiga verktyg för att utveckla avancerade

skyddssystem och för olycksrekonstruktioner. Humanmodeller erbjuder möjligheten att detaljerat studera skademekanismer och ta fram skadekriterier. Dessa kriterier kan användas för att utveckla metoder som utvärderar nya skyddssystem. Jämfört med fysiska krockdockor är det lättare att få humanmodeller att reagera människolikt för olika lastriktningar och accelerationsnivåer. Humanmodeller kan representera åkande i olika storlekar, av olika kön, med olika antropometri och muskeltonus.

I ett tidigare projekt (SAFER projekt nr. B8: *Development of active HBM in frontal impact situations, step 1*) har parterna initierat forskning om aktiva humanmodeller som kan simulera muskelspänning. Resultaten visade att en sluten reglerkrets kunde användas för att simulera aktiva muskelkontraktioner hos åkande som utsattes för autonoma inbromsningar. En aktiv humanmodell utvecklades, kallad SAFER A-HBM betaversion, och jämfördes med försökspersoner i autonoma inbromsningar om 0,7g. Modellen var dock begränsad till rörelser i sagittalplanet och krävde ytterligare valideringar. Det saknades valideringsdata med såväl muskelaktivitet som åkandekinetik och krafter mellan den åkande och bilinteriören.

## Syfte

Syfte med detta projekt var:

- Att förbättra metoden för att simulering aktiv muskelrespons i humanmodeller, utvecklad i betaversionen av SAFER A-HBM för att:
  - simulera hur den åkande spänner sig för att få stöd innan en krock och
  - för att utöka modellens användbarhet i lastfall bortom inbromsningar, så som filbyten.
- Att ta fram valideringsdata för inbromsning med aktiva humanmodeller.

## Genomförande

Projektet var ett samarbete mellan akademi och näringsliv. Det har innehållit både experimentell volontärprovning och utveckling av matematiska modeller, såväl som utveckling av metodik för aktiv muskelrespons. Tre industriella och en akademisk part har ingått i projektet, men en kombination av seniora ingenjörer och forskare samt två doktorander.

En av doktoranderna var inblandad i planeringen, genomförandet av de experimentella volontärproven med stöd från de industriella parterna Volvo Personvagnar och Autoliv. För testerna tillhandahöll Volvo fordon som användes för att testa, samt bistod i installation av testutrustning i fordonet. Autoliv tillhandahöll fasthållningssystem (bälten) som användes i testerna, samt bistod i installation. Prov med 20 volontärer utfördes analyserades. Resultaten användes i utvecklingen av den matematiska modellen.

Den andra doktoranden var främst inblandad i att analysera volontärprov som utfördes vid "University of Vancouver". Ett stort antal prov genomfördes och rörelsen hos

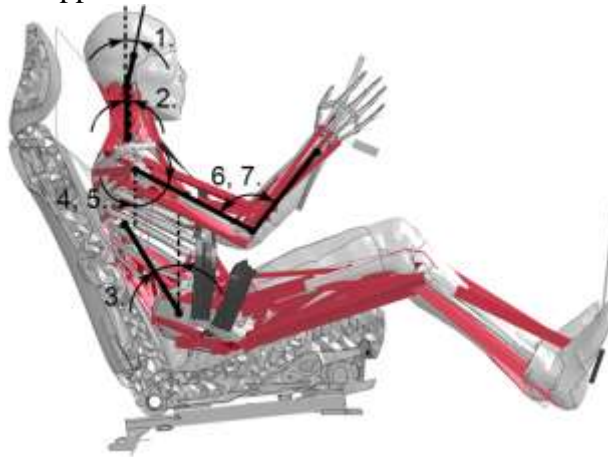
volontärer var mycket komplicerad. Både doktoranderna var inblandade i utvecklingen av den matematiska människokroppen modell.

## Resultat

I detta projekt har Jonas Östh avlagt en doktorexamen och Jóna Marín-Ólafsdóttir en licentiatexamen på Chalmers tekniska högskola.

Betaversionen av SAFER A-HBM utvecklades vidare för att möjliggöra simulering av hur den åkande spänner sig för att få stöd under autonoma inbromsningar och då föraren själv bromsar. För att lyckas med det krävdes ytterligare utveckling som under projektet identifierades och implementerades. Projektets huvudsakliga resultat redovisas nedan.

1. För att simulera hur föraren interagera med ratten implementerades aktiv kontroll av musklerna i armarna. Modellerna med aktiva muskler i armar och längs ryggraden slogs ihop till en modell. För att simulera förarbromsningar implementerades även benmuskler i SAFER A-HBM. (Blomgren et al. 2013). Figur 1 visar den uppdaterade modellen SAFER A-HBM.

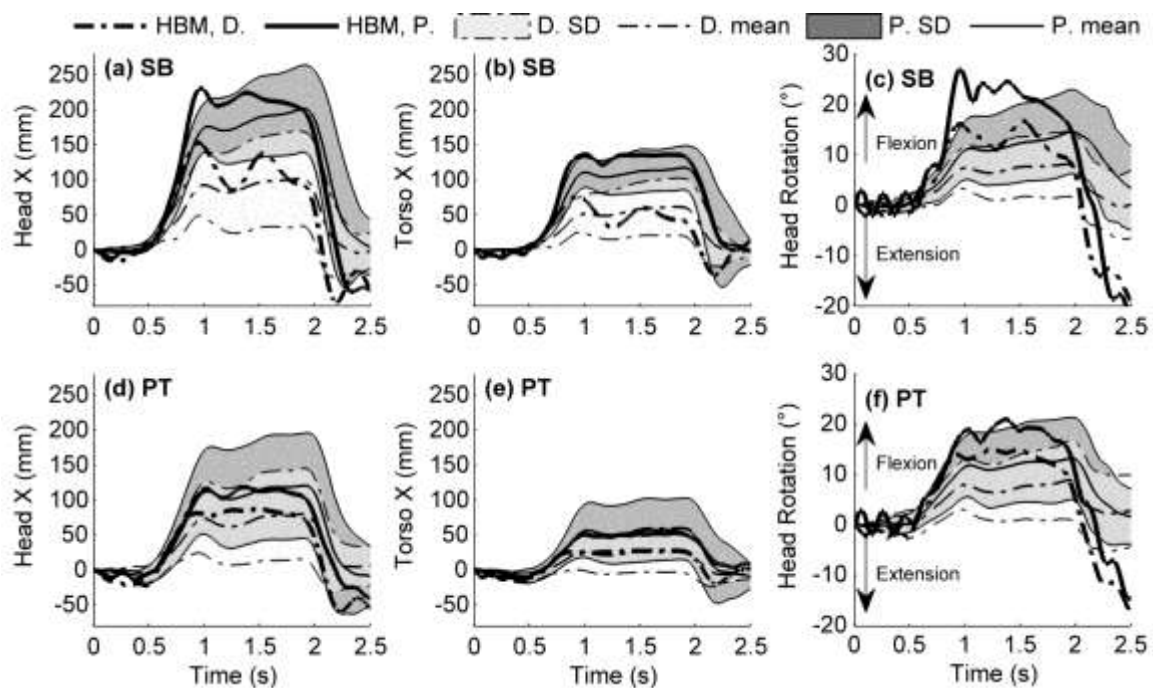


Figur 1. SAFER A-HBM med aktiva muskler för att kontrollera ryggraden, armarna och benen. Reglervinklarna för (1) huvud, (2) nacke, (3) lumbalryggen, (4) vänster och (5) höger axel använder vinkeln mellan kroppsdelen och vertikalaxeln. Den (6) vänstra och (7) högra armbågen regleras med den relativa vinkeln mellan över- och underarmsbenen. Kroppens mjukdelar och halva sätet har tagits bort ur bilden för att visa de muskeloskeletal delarna.

2. För att skapa valideringsdata genomfördes volontärprov. 20 försökspersoner (11 män, 9 kvinnor) testades i autonoma inbromsningar och förarbroms med två olika bältessystem. Försökspersonerna var både passagerare och förare i en Volvo V60 som körde på landsväg i Göteborgstrakten. Försökspersonerna instrumenterades innan prov med elektromyografi (EMG)-elektroder på huden och deras maximala muskelkontraktion (MVC) uppmättes. Data som samlades in under

inbromsningen var fordonets accelerationer, den åkandes kinematik genom videoupptagning, EMG normaliserat med MVC, kraft från rattstången, sätets kompression, kraft i fotpaneler och bromspedal, säkerhetsbältets utmatning och kraft. Förarnas respons under de autonoma inbromsningarna var signifikant annorlunda jämfört med passagerarnas respons. När för-försträckaren i säkerhetsbältet aktiverades innan inbromsningen ökade muskelaktiviteten i armarna simultant. Detta var tydligast hos de kvinnliga försökspersonerna. (Östh et al. 2013, Ólafsdóttir et al. 2013)

3. SAFER A-HBM validerades i en jämförelse med volontärdata från de autonoma inbromsningarna. Valda resultat från simuleringarna av autonoma inbromsningar visas i Figur 2 (Östh et al. 2104a).



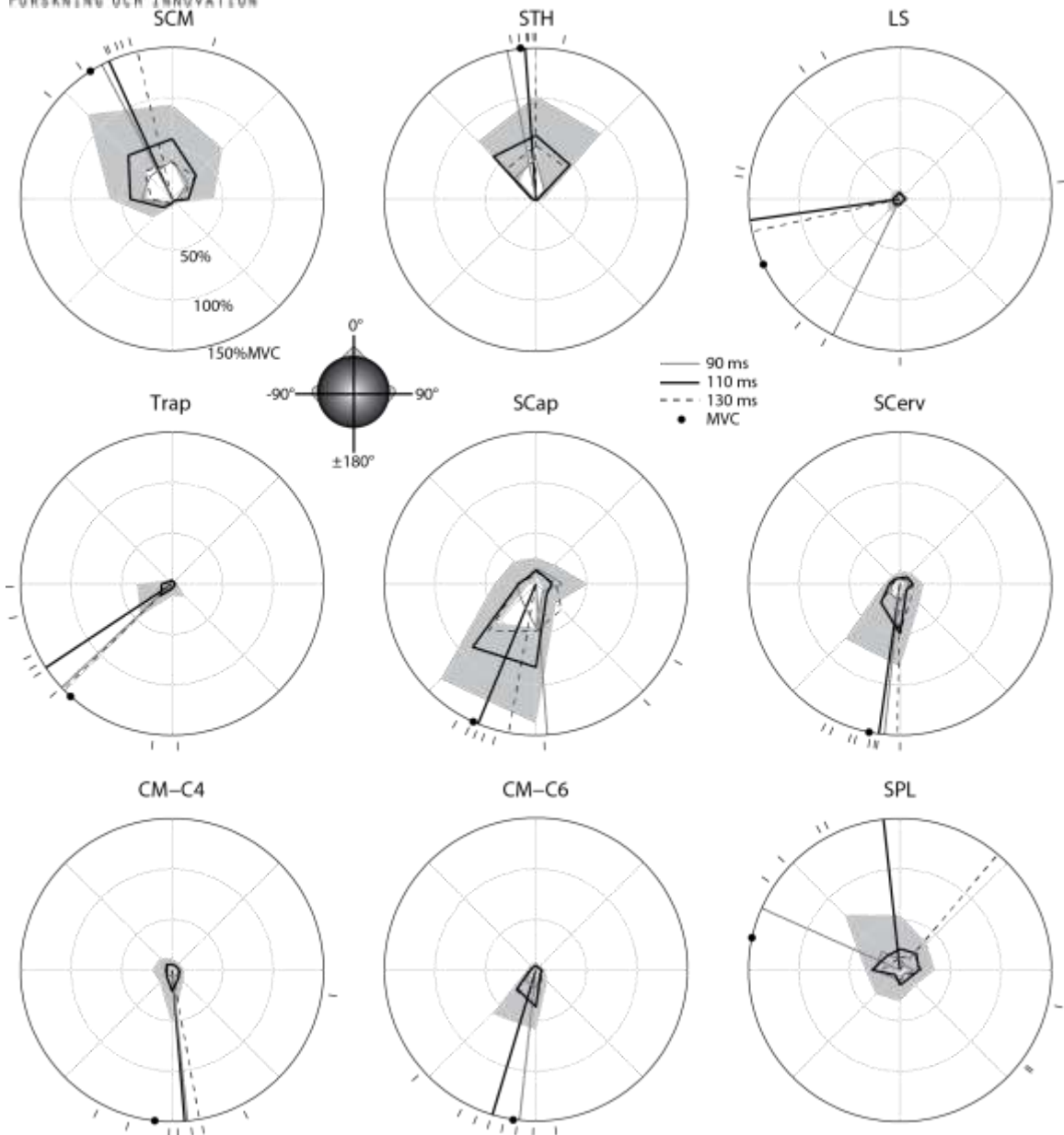
Figur 2. Respons för huvud och torso i SAFER A-HBM jämfört med medelvärdet  $\pm$  en standardavvikelse för volontärdata (Östh et al. 2013; Ólafsdóttir et al. 2013). Torsos förskjutningar mättes på sternum för förarna (D, streckade linjer) och vid kotan T1 för passagerarna (P, heldragen linje). Standardbälte (SB) i a–c; Förförsträckare (PT) i d–f.

4. För att simulera kroppens kontroll då den är förberedd på inbromsning implementerades en öppen reglerkrets för att styra muskelaktiveringen och jämfördes mot förarnas respons då de bromsade bilen själva (Figur 3). (Östh et al. 2014b)



Figur 3. Responsen hos SAFER A-HBM (röd) jämfört med en försöksperson (blå), medelresponsen (grå) och korridorer med en standardavvikelse (ljugrätt område).

5. Ett utveckla en metod att med aktiv muskelkontroll i lateralplanet, analyserades nackmuskelnas aktivitet i försökspersoner som utsattes för accelerationsstötar i åtta olika riktningar. Det visade sig att musklernas aktivering beror på accelerationspulsens riktning. Interiöra muskler (SCM och ATH) hade högst aktivitet i rakt och snett framåtriktade ( $0^\circ$ ,  $\pm 45^\circ$ ) stötar, medan de posteriori musklerna, bortsett från SPL, hade högst aktivitet i bakåt och snett bakåtriktade ( $180^\circ$ ,  $\pm 135^\circ$ ) stötar. En kombination av interiöra och posteriori muskler aktiverades i laterala ( $\pm 90^\circ$ ) stötar. (Ólafsdóttir et al. 2014)
6. En strategi för att implementera aktiv muskelkontroll i lateral planet med sluten reglerkrets definierades. En första version som testades med simulering av nackens muskler indikerade att det krävs multipla reglerfunktioner för varje kroppsdel.



Figur 4. Muskelnas medianaktivering för åtta olika riktningar vid tidpunkterna 90, 110 and 130 ms. Den gråa ytan representerar interkvartilvärdena vid 110 ms. SCM: sternocleidomastoid, STH: sternohyoid, LS: levator scapulae, Trap: trapezius, SCap: semispinalis capitis, SCerv: semispinalis cervicis, CM-C4: cervical multifidus C4/C5 level, CM-C6: cervical multifidus C6/C7 level, SPL: splenius capitis.

## 5.1 Bidrag till FFI-mål

Målet att ”verka för att ny kunskap tas fram och implementeras, samt att befintlig kunskap implementeras i industriella tillämpningar” har adresserats genom att industri och akademi har arbetat integrerat genom hela projektet.



Ett antal aktiviteter har utförts för att försäkra att modellen som utvecklats i projektet kan användas industriellt. Projektmedlemmarna har utbildats i "state-of-the art" skyddssystemsfunktionalitet. Akademisk "state-of-the art" kunskap har också delats mellan projektmedlemmarna. Dessutom har ny kunskap genererats gemensamt genom planering, utförande och analys av volontärprov i bil där "state-of-the art" system som automatbromsning och för-försträckning av säkerhetsbälten ingick. I dessa prov utvärderades åkandes kinematik i nödbromsande fordon.

Den här nya kunskapen har använts för att utveckla och validera en matematisk modell av en människa som kan prediktera mänsklig rörelse, muskelaktivering och att den åkande håller emot i kraftigt bromsande fordon. Modellen kommer att användas av de industriella parterna, Volvo Personvagnar, Volvo AB och Autoliv för att utveckla skyddssystem som skall reducera antalet döda och allvarligt skadade i fordonsolyckor, speciellt vid frontalkollisioner.

Målet att "medverka till en fortsatt konkurrenskraftig fordonsindustri i Sverige" har adresserats genom att utveckla ett unikt verktyg som kommer att användas för att utveckla nya integrerade skyddssystem. Detta verktyg är endast tillgängligt för Volvo Personvagnar, Volvo AB och Autoliv. Genom att använda verktyget kan Volvo och Autoliv utveckla, patentera och sälja säkerhetsprodukter som stärker företagets konkurrenskraft på den globala fordonsmarknaden. Projektresultatet bidrar till att stärka "säkerhets imagen" för projektets partners.

Målet att "stärka samverkan mellan fordonsindustrin och myndigheter, universitet, högskolor och forskningsinstitut" har adresserats genom att både fordonstillverkare, underleverantör och högskola har varit delaktiga i projektet. För högskolan har seniora forskare såväl som doktorander varit aktiva. Förutom den kontinuerliga kommunikationen mellan projektets parter har ytterligare industriella kontakter tagits genom att projektets studenter har utfört experiment med Volvo bilar och Autoliv skyddssystem. I processen har experter i integration av skyddssystem från Volvo Personvagnar samt bälteskomponentexperter från Autoliv varit involverade och "nätverkat" med varandra och doktoranderna. Dessutom eftersom projektet har varit SAFER associerat har resultat regelbundet delats med andra SAFER partners, vilket innebär ett antal relevanta aktörer inom industri, myndighet, samhälle, universitet och andra institutioner.

## Spridning och publicering

### 6.1 Kunskaps- och resultatspridning

Vilka förändringskrafter i projektets omvärld kan påskynda spridningen av projektresultaten? Kopplingar till andra interna/externa projekt som kan påskynda introduktion eller ge större genomslag?

Säkerhetsvisionsinitiativ, inklusive den svenska "Vision Zero" och Volvo Personvagnars "Vision 2020" ger utmanande mål för att eliminera trafikskador. I linje med detta finns det behov att adressera varje situation som potentiellt skulle kunna resultera i skada. Därför är det nödvändigt att kunna simulera vad som händer med de åkande i krocksituationer utöver lagkravssituationer. Den här utvecklingen driver behovet av den här typen av projekt som utvecklar verktyg som kan användas för ovan nämnda syfte. Det här projektet tar ett viktigt steg i utveckling av en modell för broms situationer. Ett uppföljningsprojekt "Aktiv Human Modell för virtuell åkanderespons, Steg 3" (Dnr 2014-03931) kommer driva modellutvecklingen vidare samt förstärka utvecklingen och användbarheten av resultaten från nuvarande projekt. Andra relevanta projekt relaterade till humanmodellutveckling, inklusive skadeprediktering är "Förbättrad skadeprediktering med HBM, steg 2" (Dnr 2013-01287) samt projekt inom "collision avoidance/mitigation system" utveckling och automatkörande fordon.

### 6.2 Publikationer

#### 1.1.1. Publikationer med kollegial granskning

Khodaei H, Mostofizadeh S, Brolin K, Johansson H, Östh J. (2013). Simulation of active skeletal muscle tissue with a transversely isotropic viscohyperelastic continuum material model. *Proceedings of the Institution of mechanical engineers. Part H, journal of engineering in medicine*. 227 s. 571-580. [[CPL 173982](#)]

Ólafsdóttir J, Östh J, Davidsson J, Brolin K. (2013) Passenger Kinematics and Muscle Responses in Autonomous Braking Events with Standard and Reversible Pre-tensioned Restraints. *International IRCOBI Conference on the Biomechanics of Impact*, p. 602-617, Gothenburg, Sweden, September 11-13. [[CPL 188819](#)]

Ólafsdóttir JM, Brolin K, Blouin J-S, Siegmund GP (2014) Dynamic Spatial Tuning of Cervical Muscle Reflexes to Multi-directional Seated Perturbations. Submitted for publication to *Spine*, in review with minor revision.

Ólafsdóttir JM, Östh JKH, Davidsson J, Brolin K (2013) Passenger Kinematics and Muscle Responses in Autonomous Braking Events with Standard and Reversible Pre-

tensioned Restraints. *Proceedings of the IRCOBI Conference*; Gothenburg, Sweden, pp. 602–617. [[CPL 188819](#)]

Östh J, Brolin K, Bråse D (2014) A Human Body Model with Active Muscles for Simulation of Pre-Tensioned Restraints in Autonomous Braking Interventions. *Traffic Injury Prevention* (in press), DOI: 10.1080/15389588.2014.931949. [[CPL 201718](#)]

Östh J, Brolin K, Carlsson S, Wismans J, Davidsson J. (2012) The Occupant Response to Autonomous Braking: A Modelling Approach That Accounts for Active Musculature. *Traffic Injury Prevention*, 13(3):265–277. [[CPL 151227](#)] (results from previous project, published and revised in this project)

Östh J, Brolin K, Happee R. (2012a) Active muscle response using feedback control of a finite element human arm model. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 15(4):347–361. [[CPL 155448](#)] (results from previous project, published and revised in this project)

Östh J, Eliasson E, Happee R, Brolin K (2014) A Method to Model Anticipatory Postural Control in Driver Braking Events. *Gait and Posture* 40:664–669. [[CPL 201716](#)]

Östh J, Ólafsdóttir JM, Davidsson J, Brolin K (2013) Driver Kinematic and Muscle Responses in Braking Events with Standard and Reversible Pre-tensioned Restraints: Validation Data for Human Models. *Stapp Car Crash Journal* 57:1–41. [[CPL 188685](#)]

### 1.1.2. Akademiska avhandlingar och examensarbeten

Andersson S (2013) Active Muscle Control in Human Body Model Simulations: Implementation of a feedback control algorithm with standard keywords in LS-DYNA. *Master thesis*, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden. [[CPL 182123](#)]

Blomgren N, Eliasson E, Ericson J, Lundahl O (2013) Modellering och Simulering av Benmuskulatur Inför Fordonskrock. *Bachelor thesis*, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden. [[CPL 179557](#)]

Ólafsdóttir JM (2014) Volunteer Muscle Activity in Dynamic Events. Input Data for Human Body Models. *Licentiate Thesis*, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden. [[CPL 202600](#)]

Östh J. (2014) Muscle Responses of Car Occupants: Numerical Modeling and Volunteer Experiments under Pre-Crash Braking Conditions, *Doctoral thesis*, Department of Applied Mechanics, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden, ISBN/ISSN: 978-91-7385-987-5. [[CPL 194443](#)]

### 1.1.3. Konferenspresentationer och övrigt

Brolin K. (2012) 'Kan vi utveckla säkerhetssystem med hjälp av virtuella människor?' Presentation at the seminar "Den ömtåliga människan" arranged by SAFER and NTF Väst, Gothenburg, Sweden, May 10.

Brolin K, Gras LL, Östh J, Mendoza-Vazquez M, Ólafsdóttir J, Davidsson J. (2013) Human Body Modeling for Integrated Safety Analyses, Adult and Child Models, Presentation at the 4<sup>th</sup> International Symposium on Human Modelling and Simulation in Automotive Engineering, Aschaffenburg, Germany, May 13-14. [[CPL 192673](#)]

Brolin K, Mendoza-Vazquez M, Östh J, Ólafsdóttir J, Paas R, Davidsson J. (2013) Human body modeling for integrated safety analyses using THUMS, Presentation at the THUMS European Users' Meeting, Manchester, England, June 6. [[CPL 192670](#)]

Brolin K, Östh J, Nydahl M. (2014) Evaluation at low g-level loading. Presentation at the 5<sup>th</sup> International Symposium on Human Modelling and Simulation in Automotive Engineering, Munich, Germany, October 16-17. [[CPL 205756](#)]

Brolin K, Östh J, Ólafsdóttir J, Davidsson J. (2014) Finite element musculoskeletal model with feedback control to simulate spinal postural responses. 7<sup>th</sup> World Congress of Biomechanics, Boston, July 6-11. [[CPL 202494](#)]

Ólafsdóttir J, Brolin K, Blouin J, Siegmund G (2014) Cervical Muscle Responses to Multidirectional Perturbations. 7<sup>th</sup> World Congress of Biomechanics, Boston, July 6-11 [[CPL 202733](#)]

Östh J, Ólafsdóttir J, Brolin K. (2014). Modelling of Car Occupant Muscle Responses in a Finite Element Human Body Model, 11<sup>th</sup> World Congress and 5<sup>th</sup> European Conference on Computational Mechanics, July 20-25, 2014, Barcelona. [[CPL 200876](#)]

Östh J, Ólafsdóttir J, Brolin K. (2014). Modeling Active Human Muscle Responses during Driver and Autonomous Avoidance Maneuvers, 3<sup>rd</sup> International Workshop on Computational Engineering, October 7-10, Stuttgart, Germany. [[CPL 204563](#)]

Östh J. (2014) Feedback Control in LS-DYNA and Application for Modeling Muscle Responses of Car Occupants. Nordic LS-DYNA Forum, October 9, Gothenburg, Sweden. [[CPL 205248](#)]

## Slutsatser och fortsatt forskning

Den aktiva humanmodellen (A-HBM) utvecklad i detta projekt kan replikera en människas rörelse i automatbromsningssituationer och i situationer där föraren bromsar.

Modellen är validerad för både passagerare och förare. I volontärproven som utfördes i projektet varierades inte fordonets hastighet vid bromsinitiering. I samtliga prov initierades bromsning vid en hastighet av 70 km/h. Framtida validering av humanmodellen borde inkludera en människas rörelse i olika bromssekvenser och bromsning vid både högre och lägre hastighet än 70km/h.

Den aktuella versionen av den aktiva humanmodellen är validerad för ”pre-crash” långsgående rörelse för en åkande i fordon. Framtida valideringar av modellen kommer också att inkludera krockfasen. Framtida behov inkluderar därför att validera modellen för hela sekvensen från ”pre-crash” bromsning till krock (crash). Ett sätt att åstadkomma denna typ av validering är att rekonstruera ett antal olyckor från fältet där hela ”pre-crash” fasen av fordonet och den åkandes skador är kända.

Nästa steg för den aktiva humanmodellen är att vidareutveckla modellen till att också kunna prediktera mänsklig rörelse i fordon som gör undanmanöver. Ultimat skall modellen kunna prediktera mänsklig rörelse både för undanmanöver utförd av förare och autonom undanmanöver av fordonet.

I projektets humanmodell, är musklerna modellerade med endimensionella muskelement som tillsammans med ett ”closed loop” reglersystem modellerar en människas respons. En nackdel med endimensionella muskler av Hill typ är att de inte är kapabla att inkludera omslutning av musklerna runt skelettdelar av människokroppen. Dessutom kan inte kontakt definieras mellan muskler och skelett. Därför kommer i den framtida utvecklingen av human modellen en tredimensionell representation av muskelmodellen utvärderas.

Målet med den aktiva humanmodellen är att prediktera mänsklig rörelse i komplexa händelser såsom att bilen åker av vägen ned i ett dike innan krock eller att bilen krockar med flera fordon efter varandra (multipla olyckor). Framtida validering bör därför inkludera komplexa rörelser såsom avåkning etc.

Att göra en simulering på 2 sekunder med den här versionen av den aktiva humanmodellen är mycket tidskrävande. På ett ”state-of-the art” datorsystemet kan en exekvering ta upp till 90 timmar. Ett ”state-of-the art” datorsystemet distribuerar modellen på många processorer. Ju fler processorer som används desto kortare körtid i datorn. Emellertid, när den aktuella versionen av den aktiva humanmodellen körs minskar inte körtiden när fler processorer adderas. I det framtida arbetet ingår därför även att reducera körtiden för aktiva humanmodeller. Målet är att en körning inte skall ta längre tid än en natt i anspråk.

I en futuristisk utblick kan i framtiden den aktiva humanmodellen kopplas ihop med beteendemodeller för att prediktera mänsklig handling baserat på impulser utifrån t ex att en människa utför en handling när hon ser att hon är på väg att krocka.

## Deltagande parter och kontaktpersoner

Deltagare i projektet var Autoliv Development, Volvo Personvagnar, Chalmers tekniska högskola, Umeå universitet, Volvo Group.

Bengt Pipkorn, Convenor, Tel 0322-626341, email: [bengt.pipkorn@autoliv.com](mailto:bengt.pipkorn@autoliv.com)

Lotta Jakobsson, Tel 031-591814, email: [lotta.jakobsson@volvocars.com](mailto:lotta.jakobsson@volvocars.com)

Merete Östmann, Tel 031-3252066, email: [Merete.ostmann@volvocars.com](mailto:Merete.ostmann@volvocars.com)

Karin Brolin, Tel 031-7721509, email: [karin.brolin@chalmers.se](mailto:karin.brolin@chalmers.se)

Johan Davidsson, Tel 031-7723644, email: [johan.davidsson@chalmers.se](mailto:johan.davidsson@chalmers.se)

Mats Lindquist, Tel 0520- 279435, email: [mats.lindquist@umu.se](mailto:mats.lindquist@umu.se)

Stefan Thorn, Tel 031-3229768, email: [stefan.thorn@volvo.com](mailto:stefan.thorn@volvo.com)

Jonas Östh, Tel 031-7721536, email: [jonas.osth@chalmers.se](mailto:jonas.osth@chalmers.se)

Jona Marin Ólafsdóttir, Tel 031-7723653, email: [jona.olafsdottir@chalmers.se](mailto:jona.olafsdottir@chalmers.se)