

# Populärvetenskaplig sammanfattning

Rörelseorganens vävnader påverkas och anpassas över tid av den belastning och miljö de utsätts för. Detta kallas mekanobiologi. Vävnader som inte utsätts för belastning får sämre egenskaper. Studier på musembryon visar att ben som inte belastas normalt får en annorlunda form och sämre mekaniska egenskaper. Det är fortfarande oklart hur belastning under denna utvecklingsprocess påverkar skelettets sammansättning och byggstenarnas struktur. Studier på hälsenor har visat att både för låg och hög belastning ökar risken för skada. Trots att det finns många olika rehabiliteringsprotokoll som kan tillämpas efter en hälseneruptur är det fortfarande oklart vad som ger bäst resultat och minskar risken för ytterligare skada. En bidragande faktor till detta är att vi saknar en djupare kunskap kring hur belastning påverkar strukturen hos både intakta och läkande hälsenor.

Den minsta byggstenen i rörelseorganens vävnader, så som skelettet och senor, är proteinet kollagen. Trots att de olika vävnaderna alla är uppbyggda av kollagen så skiljer sig deras mekaniska funktion och egenskaper avsevärt; senor är elastiska och har energibevarande samt dämpande egenskaper, medan skelettet är hårt, styvt och kan utstå hög belastning. Skelettets styvhet kommer från dess oorganiska mineralfas, hydroxyapatit, som är inbäddat i kollagennätverket. Övriga skillnader i funktion mellan rörelseorganens vävnader beror på hur kollagenet är organiserat över flera längdskalor. Deras hierarkiska organisation tillåter optimering på flertalet längdskalor, vilket medför att vävnaden kan anpassa sig till sin mekaniska miljö. Det är därför viktigt att förstå organisationen på varje strukturell nivå, samt hur olika nivåer samspelar. Ökad kunskap kring detta kan bidra till bättre förebyggande insatser och rehabilitering av rörelseorganens olika skador och sjukdomar. Målet med den här avhandlingen var att undersöka hur mekanisk belastning påverkar mineraliseringsprocessen i ben under embryonal utveckling, samt på kollagenets organisation och funktion hos intakta och läkande hälsenor. För att uppnå detta undersöktes vävnader med en kombination av olika synkrotronbaserade röntgentekniker så som låg- och vidvinkelspridning, spektroskopi och tomografi, samt dragprov. En synkrotron är en partikelaccelerator som kan producera mycket kraftfullare röntgenstrålning än labbkällor, vilket möjliggör mer detaljerade undersökningar.

I den första delen av avhandlingen studerades mineraliseringsprocessen i ben från musembryon med och utan normal muskelbildning. Röntgentekniker tillämpades för att avbilda mineralfasen i ben, så som dess sammansättning och mineralplattornas storlek och riktning. Vid normal utveckling mineraliserar

musbenen på enbart 4 dagar och uppnår liknande sammansättning och koncentration av calcium som vuxna ben. Det visade sig även att zink är en viktig faktor för mineraliseringsprocessen, då det återfinns i områden där mineralisering pågår. När muskler däremot saknas så blir processen försenad och oorganiserad. Det visar sig bland annat genom en mer utbredd förekomst av zink samt en kontinuerlig ökning i storlek av mineralplattorna. Detta skulle kunna förklara varför muskellösa ben mot slutet av utvecklingen kommer i kapp storleksmässigt.

I den andra delen av avhandlingen studerades hälsenor från råttor som kunde röra sig normalt samt de som inte kunde belasta sina senor. Röntgentekniker i kombination med dragprov tillämpades för att avbilda kollagenstrukturen och dess mekaniska egenskaper. Resultaten visade att kollagenfibrillerna på nanoskalan reagerar på belastning samtidigt som senan, samt att senans dämpande egenskaper återfinns hela vägen ner på nanoskalan. Avlastning av senan ledde till en mindre välorganiserad mikrostruktur samt förändrade mekaniska egenskaper som sträckte sig hela vägen från organnivå ner till fibrillerna på nanoskalan.

I den tredje delen av avhandlingen studerades läkande hälsenor från råttor som kunde röra sig normalt samt de som inte kunde belasta sina senor. Röntgentekniker i kombination med dragprov tillämpades för att avbilda den nybildade kollagenstrukturen och dess mekaniska egenskaper. 3D avbildning visade att avlastning under läkningsprocessen leder till en försenad och mindre organiserad återbildning av kollagennätverket. Minskad belastning ledde också till en större andel fettvävnad, en försenad omorganisering av den tidigare senan, samt en försenad mognad av den läkande vävnaden. Detta skulle kunna förklara den ökade risken för ytterligare skada vid minskad belastning under läkningsprocessen.

Sammanfattningsvis visar resultaten i avhandlingen vikten av den mekaniska miljön för nanostrukturen hos rörelseorganens vävnader. Den visar även på hur flertalet synkrotronbaserade röntgentekniker kan kombineras för att undersöka vävnadens sammansättning, struktur och mekaniska funktion för att studera flera strukturella nivåer samtidigt, vilket i sin tur möjliggör bättre förståelse av hur den komplexa uppbyggnaden ger vävnaderna deras unika funktion.