

# **Introduktion till preventiv träning för att undvika icke-kontakt skador på främre korsbandet hos unga kvinnliga idrottare**

En systematisk litteraturstudie

Johan Lahti & Lotta Nylund

EXAMENSARBETE	
Arcada	
Utbildningsprogram:	Idrott och hälsopromotion
Identifikationsnummer:	10407 & 11650
Författare:	Johan Lahti & Lotta Nylund
Arbetets namn:	Introduktion till preventiv träning för att undvika icke-kontakt skador på främre korsbandet hos unga kvinnliga idrottare.
Handledare (Arcada):	Katri Pullinen
Uppdragsgivare:	
<p><b>Sammandrag:</b>  Antalet främre korsbandsskador har ökat i flera länder runtom i världen under de senaste årtionde. Denna systematiska litteratur studien har utförts med syftet att introducera de framgångsrikaste tränings-metoderna för prevention av icke-kontakt främre korsbandsskada för unga kvinnliga idrottare. Examensarbetet har två frågeställningar: 1) Vilka är de framgångsrikaste träningsformerna för att förbättra specifika neuromuskulära svagheter, som påverkar icke-kontakt främre korsbands-skadomekanismer hos unga kvinnliga idrottare? 2) Vad är det framgångsrikaste träningsprogrammets uppbyggnad för att undvika icke-kontakt främre korsbandsskador hos unga kvinnliga idrottare? Examensarbetet följer ramerna för en systematisk litteraturstudie där 29 undersökningar mellan åren 1996-2012 inkluderades efter kvalitetsgranskning samt inklusions –och exklusionskriterier. För informations sökning användes databaserna Sportdiscus och Google Scholar samt det centrala biblioteket för hälsovetenskap (Terkko). Resultaten påvisar att ett mångsidigt program med tillräckligt hög intensitetsnivå och en tillräcklig lång varaktighet minskar på antalet icke-kontakt främre korsbandsskador bland unga kvinnliga idrottare. Examensarbetet skall fungera som en informations källa för idrottsinstruktörer och idrottare för att minska på antalet icke-kontakt främre korsbandsskador och resultera en tryggare idrottsvärld.</p>	
Nyckelord:	Preventiv träning, ACL-skada, icke-kontakt skada, ACL-skada hos unga kvinnliga idrottare, neuromuskulär träning
Sidantal:	80
Språk:	Svenska
Datum för godkännande:	

DEGREE THESIS	
Arcada	
Degree Programme:	Sport and health promotion
Identification number:	10407 & 11650
Author:	Johan Lahti & Lotta Nylund
Title:	Introduction to preventive training against non-contact injuries on the ACL for young female athletes. Systematic literature study.
Supervisor (Arcada):	Katri Pullinen
Commissioned by:	
<p><b>Abstract:</b>  The number of sports related ACL injuries have increased drastically in many countries around the world in the last few decades. This systematic literature study is conducted with the aim to introduce what are currently the most successful training methods for the prevention of non-contact anterior cruciate ligament (ACL) injury in young female athletes. This thesis has two research questions: 1) What are the most successful types of training for improving specific neuromuscular deficiencies that cause non-contact ACL injuries in young female athletes? 2) What are the most successful training program structures to prevent non-contact ACL injuries for young female athletes? This thesis follows the parameters for systematic literature study where 29 studies between the years 1996-2012 were included after a quality review. For the information search we used the databases Sportdiscus and Google Scholar, and the Central Library of Health Sciences (Terkko). The results indicate that a diverse program with sufficiently high intensity level and an optimally long duration reduces the number of non-contact ACL injuries in young female athletes. The study will serve as an information resource for coaches and athletes to reduce the number of non-contact ACL injuries and takes steps towards a safer sporting world.</p>	
Keywords:	Preventive training, ACL injury, non-contact injury, ACL injury in young female athletes, neuromuscular training
Number of pages:	80
Language:	Swedish
Date of acceptance:	
OPINNÄYTE	
Arcada	

Koulutusohjelma:	Liikunta ja terveyden edistäminen
Tunnistenumero:	10407 & 11650
Tekijä:	Johan Lahti & Lotta Nylund
Työn nimi:	Johdanto muissa kuin kontaktitilanteissa tapahtuvien ACL-vammojen ennaltaehkäisevä harjoittelu nuorilla naisurheilijoilla. Systemaattinen kirjallisuus katsaus.
Työn ohjaaja (Arcada):	Katri Pullinen
Toimeksiantaja:	
<p>Tiivistelmä:</p> <p>Eturistiside vammat ovat lisääntyneet viimeisen vuosikymmenen aikana ympäri koko maailmaa. Opinnäytetyön tarkoitus on tutustautua menestyneimpiin menetelmiin joilla ”ei-kontakti” eturistiside-vammoja voidaan ehkäistä nuorilla nais-urheilijoilla. Työ käsittelee kahta tutkimuskysymystä: 1) Minkälaiset ovat menestyneimmät harjoitusmenetelmät joiden avulla erityisiä neuromuskulaarisia heikkouksia voidaan vahvistaa ja ehkäistä eturistiside-vamma mekanismia nuorilla nais-urheilijoilla? 2) Millainen on menestyneimmän harjoitusohjelman rakenne jolla voidaan ehkäistä ei-kontakti eturistiside vammoja nuorilla nais-urheilijoilla? Opinnäytetyö rakentuu systemaattisen kirjallisuus katsauksen pohjan mukaan, joten työhön on käytetyt 29 tutkimusta vuosilta 1996-2012 ja joille on suoritettu laatutrakastus. Tiedonlähteinä on käytetty seuraavia lähteitä; Sportdiscus, Google Scholar ja terveys- ja lääketieteen pääkirjastossa (Terikko). Tulokset kerätyistä tutkimuksista osoittavat että monipuoliset, tarpeeksi intensiteettiä omaavat ja tarpeeksi pitkät ohjelmat vähentävät ei-kontakti eturistiside-vammojen määrää nuorilla naisurheilijoilla. Opinnäytetyön tulisi toimia tiedonlähteenä valmentajille ja urheilijoille jotta ei-kontakti eturistiside-vammat vähenisivät joka puolestaan loisi paremmat ja turvallisemmat tavat urheilla nuoresta vanhaksi.</p>	
Keywords:	Preventive training, ACL injury, non-contact injury, ACL injury in young female athletes, neuromuscular training
Number of pages:	80
Language:	Swedish
Date of acceptance:	

## CENTRALA BEGREPP

ACL = Aterior Cruciate Ligament, Främre korsband

Abduktion = Extremiteten förs ut från kroppen

Adduktion = Extremiteten förs in mot kroppen

Agility träning = Uppbyggt för att utveckla snabba riktning- eller hastighetsändringar och används oftast för att öka sport-specifik snabbhets-uthållighet (Dawes - Roozen, 2012, s.

1)

Agonist = Huvudmuskeln i en rörelse

Antagonist = Muskeln samverkar tillsammans med agonist muskeln och jobbar emot rörelsen som sker

Anteriort = Främre (fram)

Extension = Sträckning

Externa eller lateral rotation = en rotation bort från mitten av kroppen

Flexion = Böjning

Fotens pronation = En kombination av eversion och abduktion, alltså när fotsulan vrids lateralt.

Icke-kontakt skada = En skada som har hänt i en situation utan någon kroppslig kontakt

Inferiort = Under

Interna eller medial rotation = en rotation mot mitten/centern av kroppen

Lateralt = Mot sidan, bort från mitten

Medialt = Mot mitten, bort från sidan

Neuromuskulär träning = Förbättra nervsystemet förmåga att generera ett snabbare och mera optimalt aktiverings mönster av muskulaturen, samt öka stabiliteten i leden och minska på dem.

Plyometric = Betyder utveckling av explosiv styrka med hjälp av short-streching cycle (SSC). Till det räknas användningen av en stark excentrisk muskel-kontraktion som direkt efterföljer med en stark koncentrisk muskel-kontraktion som ökar användningen av

de elastiska komponenterna i atletisk rörelse. Ett exempel på en plyometric rörelse är hopp av olika slag (Radcliff & Robert, 1999 s. 2).

Posteriort= Bakre (bak)

Proprioception= Uppfattning av den egna kroppen med receptioner som återfinns i muskler, leder och sensorer.

Sprint träning = Uppbyggt att förbättra linjär acceleration samt snabbhet

Stabilisator = Muskler som gör en ledrörelse stabil

Statisk flexibilitet = Förmågan av ledrörligheten och dess omgivande muskler under en passiv rörelse. (Baechle - Earle, 2008 s. 296).

Styrke träning = Delas in i flera olika kategorier; *maximal styrka* är den högsta styrkan som muskler och nerver kan åstadkomma viljemässigt. (Baechle - Earle, 2008 s. 250)

Isometrisk styrka = Graden i ledet och längden i musklerna inte utvidgas under kontraktion i en statisk position. (Baechle - Earle, 2008 s. 78)

Superiort = Över

Synergist = Hjälper agonisten i rörelse; ”sekundär agonist”

Uthållighets-styrka = Förmågan att under lång tid trots trötthet upprepa en rörelse som kräver relativt hög kraftinsats. (Baechle - Earle, 2008 s. 251)

Valgus i knäet = En oönskad påfrästning i form av aggressiv abduktion i knäet

Varus i knäet = En oönskad påfrästning i form av aggressiv adduktion i knäet

# INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>ACL SKADOSTATISTIK</b> .....	<b>11</b>
2.1	FÖREKOMSTEN AV ACL-SKADOR .....	12
<b>3</b>	<b>KNÄETS ANATOMI</b> .....	<b>13</b>
3.1	KNÄETS BEN.....	13
3.2	KNÄETS LIGAMENT .....	16
3.3	KNÄETS MUSKULATUR .....	18
3.3.1	<i>Hamstrings muskler</i> .....	18
3.3.2	<i>Quadriceps muskler</i> .....	19
<b>4</b>	<b>KNÄETS BIOMEKANIK</b> .....	<b>21</b>
4.1	KNÄLEDETS PÅFRÄSTNING.....	24
4.2	SKADOMEKANISMEN FÖR ACL .....	24
<b>5</b>	<b>RISK FAKTORER FÖR ACL</b> .....	<b>26</b>
5.1	OMGIVNING SOM RISK FAKTOR .....	26
5.2	HORMONELLA RISK FAKTORER .....	26
5.3	ANATOMISKA RISK FAKTORER .....	27
5.4	NEUROMUSKULÄRA OCH BIOMEKANISKA RISKFAKTORER.....	28
5.4.1	<i>Brister i hamstrings och quadriceps muskulaturens balans</i> .....	29
5.4.2	<i>Svaghet i musklerna</i> .....	30
5.4.3	<i>Ben dominans</i> .....	30
5.4.4	<i>Muskeltröthet i medvetna och omedvetna atletiska rörelser</i> .....	31
5.4.5	<i>Neuromuskulära utvecklings skillnader bland kön</i> .....	32
<b>6</b>	<b>SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING</b> .....	<b>34</b>
<b>6</b>	<b>METOD</b> .....	<b>34</b>
6.1	LITTERATURUPPSÖKNING .....	35
6.2	INKLUSIONS-OCH EXKLUSIONSKRITERIER .....	36
6.3	KVALITETS-GRANSKNING .....	37
<b>7</b>	<b>ETISK REFLEKTION</b> .....	<b>39</b>
<b>8</b>	<b>RESULTAT</b> .....	<b>39</b>

8.1	TRÄNINGSFORMER.....	55
8.1.1	<i>Plyometrics träning</i> .....	55
8.1.2	<i>Styrketräning</i> .....	57
8.1.3	<i>Balans</i> .....	59
8.1.4	<i>Agility/Sprint</i> .....	61
8.1.5	<i>Flexibilitet</i> .....	62
8.2	UPPBYGGNADEN PÅ TRÄNINGSPROGRAM.....	62
8.2.1	<i>Sportmetrics-programmets framgång och struktur</i> .....	62
8.2.2	<i>PEP-program framgång och struktur</i> .....	63
8.2.3	<i>Mångsidiga program</i> .....	64
8.2.4	<i>Längden av programmet samt åldern på idrottare</i> .....	65
<b>9</b>	<b>DISKUSSION</b> .....	<b>66</b>
9.1	METOD DISKUSSION.....	66
9.2	RESULTATDISKUSSION.....	67
<b>10</b>	<b>KÄLLOR</b> .....	<b>72</b>



## **Tabeller**

Tabell 1. De tio mest skadorika idrottsgrenarna i Finland.....	11
Tabell 2. Aktiva rörelser av knäledet.....	22
Tabell 3. Skadomekanismen i de biomekaniska rörelseplanen.....	24
Tabell 4. Riskfaktorer för en icke-kontakt ACL-skada .....	33
Tabell 5. Sökord i databasen Google Scholar.....	35
Tabell 6. Kvalitets granskning.....	38
Tabell 7. Undersökningar.....	40-54
Tabell 8. Neuromuskulär prevention av icke-kontakt ACL-skadomekanismer.....	68

## **BILDER**

Bild 1. Femur benet.....	14
Bild 2. Tibia och fibula benet.....	16
Bild 3. Knäledet .....	17
Bild 4. De posteriora musklerna av benet .....	19
Bild 5 De anteriora musklerna av benet.....	20
Bild 6. De biomekaniska planen .....	22
Bild 7. Skadomekanismer för ACL.....	25
Bild 8. Skadomekanismer för ACL.....	25
Bild 9. Q-vinkel.....	27

# 1 INLEDNING

Enligt Suomen Liikunta ja Urheilu ry (2010) har den fysiska aktiviteten i Finland ökat under de senaste åren och organisationen rapporterar att 92 % av alla finländare i 3-18 års åldern utövar någon form av idrott eller motion medan resultatet år 1995 var endast 76 % (Suomen Liikunta ja Urheilu ry et al. 2010). Enligt Suomen Kuntoliikuntaliitto ry (2010) utövade 55 % (ca 1,8 miljoner) av vuxna och seniorer (19-65 år) någon sorts motion åtminstone fyra gånger i veckan under åren 2009-2010, medan resultatet i samma åldersgrupper år 2001-2002 var endast 46 % (ca 1,6 miljoner).

Enligt statistikcentralen har den finska befolkningen ökat med 10 % under åren 1980-2003 men antalet motionsskador har ökat betydligt mer än populationen (Parkkari et al. 2004). Eftersom det år 1980 hände omkring 21000 motionsskador, år 1993 ca 232 000 motionsskador och år 2003 var antalet motionsskador 338 000 i åldersgruppen 15-74. Det betyder att en ca 62 % ökning har skett i registrerade motionsskador i Finland sedan år 1980. Det här framhäver en oroväckande trend och att idrottskadorna är ett verkligt problem i Finland. (Statistikcentralen, 2012).

För att bearbeta trenden så inriktar vårt examensarbete på främre korsbandet (Anterior Cruciate Ligament, ACL) som är det främre ligamentet i knäet. Knäets anatomiska position är orsaken till att den utsätts för enorma krafter och tryck i fysisk rörelse. Knäet är det mest skadade ledet i kroppen, ca 15-30% av alla motionsskador är knäskador (Chan et al. 1993; Baquie et al. 1997; Parkkari et al. 2004) och ACL utsätts för mest skador bland ligamenten i knäet (Woodford-Rogers et al. 1994). Av alla ACL skador sker ca 70% för idrottsutövare i den aktivaste åldern 15-25 år, som utövar idrottsgrenar med vändningar, vridningar och ryckningar (Kujala et al. 1995; Griffin et al. 2000; Granan et al. 2008). Av alla ACL-skador så är 70 % icke-kontakt ACL-skador, vilket betyder att skadan inträffar utan fysiskt kontakt till en annan människa (Agel et al. 2005; Griffin et al. 2006). Därför strävar vårt slutarbete till att ge en logisk slutsats om vad/vilka som är de framgångsrikaste interventionsmetoder i preventiva program för icke-kontakt ACL-skador för unga kvinnliga idrottare.

Flera olika faktorer väcker vårt intresse för ACL-skador och vi vill med hjälp av det här examensarbete bli mera kunniga i hur och varför prevention av idrottsskador fungerar och där igenom dela med oss fakta till både blivande kunder och kollegor. Små steg leder till stora steg och vi hoppas att unga idrottare i framtiden inte behöver oroa sig för icke-kontakt ACL-skador utan tränaren skulle med hjälp av preventiv träning ge den bästa möjliga grunden för en framgångsrik och hållbar karriär. Vi anser att det här arbetet kan fungera som ett viktigt verktyg för idrottare och idrottsinstruktörer samt stöda den finländska idrottens framgång. *Det här är för dem som vill förstå och uppleva framsteg inom idrott.*

## 2 ACL SKADOSTATISTIK

I tabellen nedan finns skado statistik om fritids-och tävlingsidrott i de tio mest skadorika idrottsgrenarna i Finland (Parkkari et al. 2004) och i alla dem kan icke-kontakt ACL-skador förekomma.

*Tabell 1. De tio mest skadorika idrottsgrenarna i Finland (Parkkari et al. 2004).*

<b>Idrottsgren</b>	<b>Utövar idrotts- grenen</b>	<b>Utövar idrotts- grenen i procent</b>	<b>Skadoantal av de som utövat id- rottsgrenen</b>	<b>Skador/ 1000 trä- nings timmar</b>
<b>Squash</b>	27	0,9	17	18,3
<b>Judo</b>	11	0,0	15	16,3
<b>Orjentering</b>	20	1,0	5	13,6
<b>Rinkboll</b>	41	1,0	22	11,5
<b>Innebandy</b>	249	8,1	139	10,9
<b>Brottning</b>	8	0,0	5	9,1
<b>Korgboll</b>	59	2,0	30	9,1
<b>Fotboll</b>	191	6,0	85	7,8
<b>Ishockey</b>	82	3,0	55	7,5
<b>Volleyboll</b>	123	4,0	55	7,0
<b>Karate</b>	18	0,6	11	6,7
<b>Boboll</b>	58	2,0	20	6,6

Flera av idrottsgrenarna i tabell 1 är populärast bland 3-18 åringar i Finland enligt Nuori Suomi (2010) och eftersom idrottsgrenarna innehåller snabba accelerationer, vändningar i olika riktningar, explosiva hopp och snabba bromsningar höjer det risken för en icke-kontakt ACL-skada. I Parkkari et al. (2004) undersökning kom man fram till att ca 40 procent av alla idrottsskador förekom i de nedre extremiteterna och av dem var 2,5-4 % ligament och korsbandsskador. Liknande resultat kom man fram till i en amerikansk undersökning som sammanfattade 16 års skadostatistik av 15 olika idrottsgrenar (var av sex stycken finns i Tabell 1; brottning, korgboll, fotboll, ishockey, volleyboll och boboll i form av baseball). I den Amerikanska undersökningen synliggörs att 50 % av alla idrottsskador uppkom de i nedre extremiteterna och 3% av alla skadorna var ACL-skador, men 88% av dem orsakade minst tio dagars vila. (Hootman et al. 2007)

## 2.1 Förekomsten av ACL-skador

Skada i det främre korsbandet (ACL) är en av de långvarigaste och allvarligaste icke-kontakt idrottsskador som delas in i tre olika allvarlighets-grader;

**Grad 1.** Mild försträckning

**Grad 2.** Partiell reva, som är sällsynt

**Grad 3.** Fullständig ruptur, som kräver en rekonstruktiv operation (Prentice et al. 2011 s. 543)

Då en ACL-skada sker är det ofta frågan om en fullständig ruptur (Prentice et al. 2011 s. 543). I Finland görs enligt privat sjukhuset Mehiläinen (2013) årligen över 2000 ACL rekonstruktiva operationer medan det i Norge och Danmark årligen görs ca 3000 rekonstruktiva operationer. (Granan et al. 2008; Lind et al. 2009) Enligt Paulos et al. (1981) undersökning krävdes det i slutet på 1970- talet omkring 9 månader vila efter en rekonstruktiv operation förrän spelaren kunde återvända till sin gren. Rehabiliteringen har utvecklats och förbättras under de senaste år tionden vilket har minskat på rehabiliterings tiden och enligt en ny ACL-rehabilitering form ”*accelerated protocol*” kan man förkorta rehabiliterings perioden till 4-6 månader. (Shelbourne et al. 1990 - Mehiläinen, 2013)

Antalet av ACL-skador har ökat vilket framhävs genom att det i Amerika på 1990-talet hände ca 80,000 ACL-skador av vilka ca 50,000 genomgick en rekonstruktiv operation (Griffin et al. 2000), medan det på 2000-talet inträffade 250,000 ACL-skador under id-

rottsprestation av vilka 100,000 genom gick en rekonstruktiv operation (Griffin et al. 2006). I Finland kostar en rekonstruktiv operation mellan 3000-6000 euro enligt privat sjukhuset Mehiläinen/Aava Orto lääkärit. I Amerika kostade en sådan operation ca 17,000 dollar per person på 1990-talet, vilket betyder att den årliga ACL-operationernas omkostnad blev sammanlagt 1,7 miljarder och dessa siffror tar inte i hänsyn kostnaderna före och efter operationen som t.ex. rehabiliteringen (Griffin et al. 2006).

Män utstår oftare för en ACL-skada eftersom de är aktivare idrottare än kvinnorna, men i idrottsgrenar där kvinnor och män deltar med samma utrustning och regler som i korgboll, fotboll, volleyboll och rugby har kvinnorna två till åtta gånger högre risk att få en ACL-skada. (Gwinn et al. 2000; Agel et al. 2005) Norges top tre handbollsdivisionens spelare undersöktes (3392 spelare) under alla säsonger mellan åren 1989-1991 var av 87 stycken utstod för en ACL-skada var av 75% hände under matcher och 95% av dem var icke-kontakt skador (Myklebust et al. 1997). I en annan norsk undersökning inom elit-handbollen, uppkom det 28 stycken ACL-skador under åren 1993-1996, 23 stycken bland kvinnorna och endast fem skador bland männen. Av dem hände 24 stycken under match och fyra under träningstid, av vilka 25 stycken var icke-kontakt skador som orsakades av höghastighets vändningar i stora vinklar som de var vana att utföra.(Myklebust et al. 1998) Dessa undersökningar tydliggör att unga kvinnor skadar sig betydligt mera än unga män i samma idrottsförhållanden och skadorna sker oftast under matcher då intensiteten är högst. Orsaken till det här förklaras senare i neuromuskulära och biomekaniska riskfaktorer (kapitel 4).

### **3 KNÄETS ANATOMI**

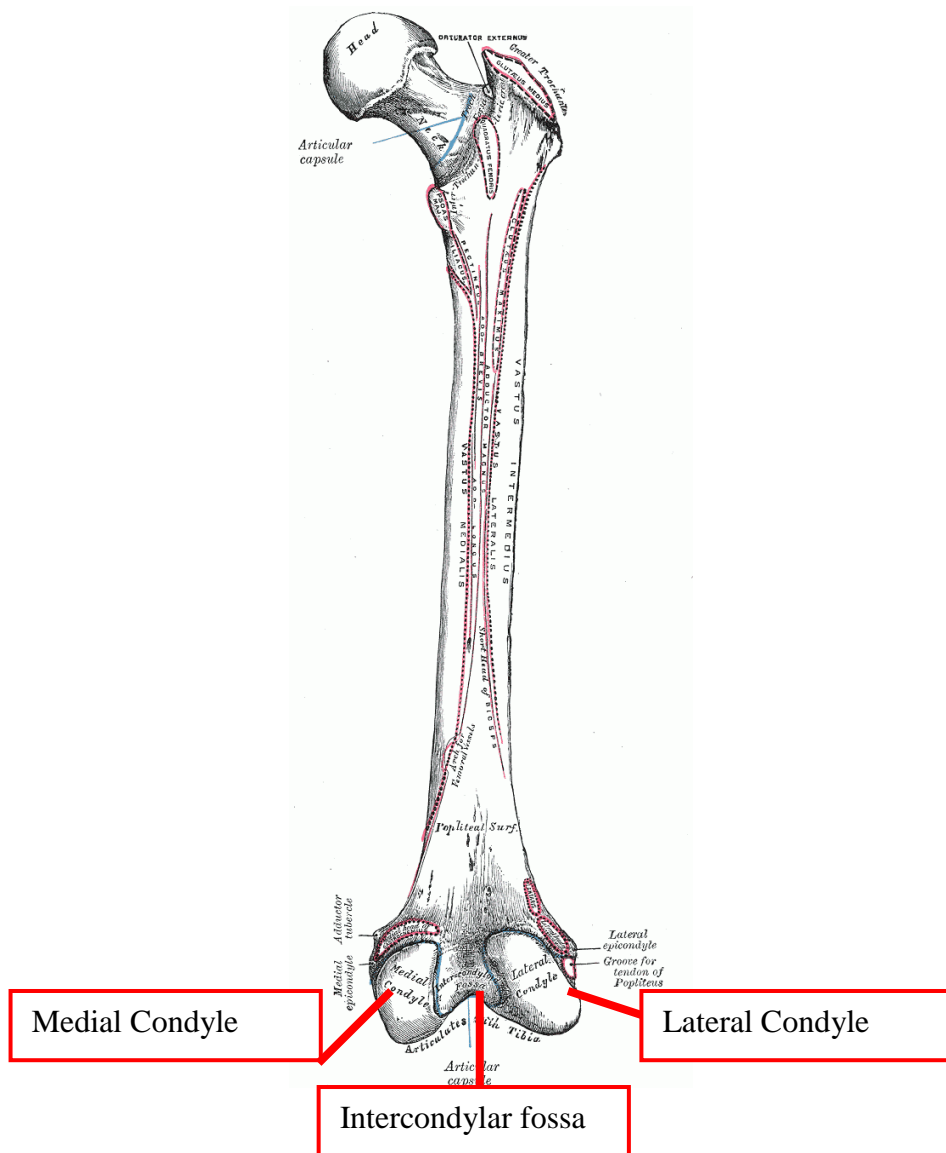
I detta kapitel förklaras knäledets centrala strukturer och deras huvuduppgifter för att senare kunna förstå hur en ACL-skada uppstår och hur det kunde preventeras.

#### **3.1 Knäets ben**

Knäledet består av tre stora ben; femur, patella och tibia.

*Femur* benet (Bild 1) är det längsta och hållbaraste benet i kroppen och ingår i både höftleden och knäledet. Femurbenets distala ända (fäst mot knäet) består av två kondyler;

mediala och laterala kondylen. Kondylerna är separerade på den posteriora sidan av strukturen *intercondylar fossa*. ACL fäster sig på den laterala sidan och på den posteriora delen av den mediala ytan av femurs laterala kondyl var av största delen till strukt *intercondylar fossa* (Bild. 1) (Palastanga et al. 2006 s.250)



*Bild 1. Femur benet (Modifierad, Gray's Anatomy, 1918)*

**Tibia** benet (Bild 2) är det andra största benet i människokroppen. Tibian ingår i både knäledet och vristledet. Tibias distala ända består även av en medial och lateral kondyl. Den laterala kondylen är bredare till sin yta än den mediala kondylen. Ungefär i mitten av kondylerna finns en upphöjning(*intercondylar eminence*) i anterior posterior riktning.

Anterior till *intercondylar eminence* fäster sig flera viktiga ligament och strukturer i knäledet. Där fäster sig ACL, den anteriora delen av den mediala menisken och den anteriora hornet av den laterala menisken. Posterior till *intercondylar eminence* fäster sig Posterior Cruciate Ligament (PCL), posterior horn av lateral menisken och posterior horn av den medial menisken. (Palastanga et al. 2006 s.254)

**Patella benet** är (Bild 6) ett triangelformat platt ben som glider mellan femurs kondyler. Patellan fäster sig i senan från muskeln *quadriceps femoris* och i femurs anteriora yta (Palastanga et al. 2006 s.253).

**Fibula benet** (Bild 2) ligger på den laterala sidan av *tibia* och är nästan lika långt. *Lateral collateral ligament (LCL)* fäster sig på den laterala ytan av fibulas huvud (Palastanga et al. 2006 s.255-256).

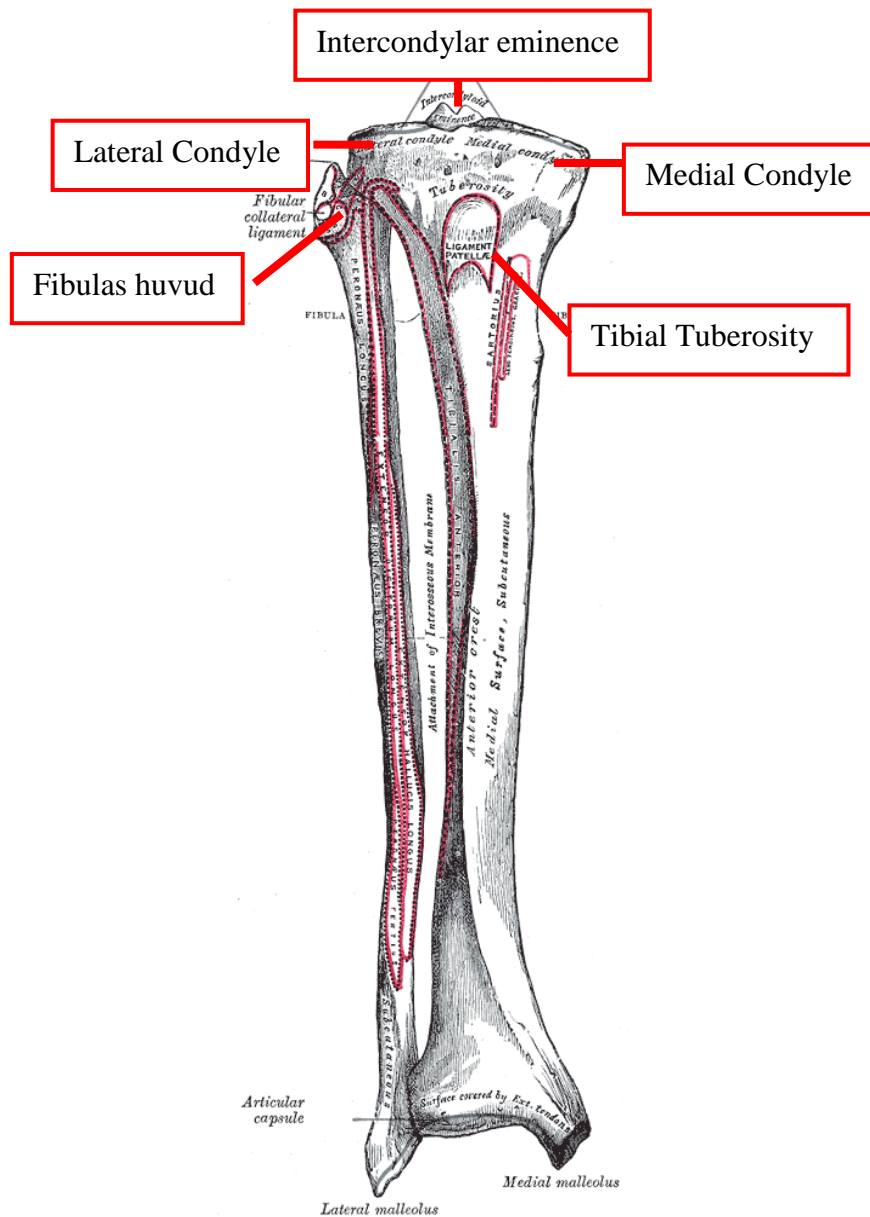


Bild 2. Tibia och fibula benet (Modifierad, Gray's Anatomy, 1918)

### 3.2 Knäets ligament

I och runt knäet finns sex ligament (Bild 3); de ytre och inre kollateralligamenten (*MCL*, *LCL*) som är fästa på sidan av knäet, två korsband som ligger i knäet; *PCL* och *ACL*, samt två coronarligament; *patella ligament* och *transvers ligament* som håller meniskerna på plats mot tibian. (Palastanga et al. 2006 s.362-368)



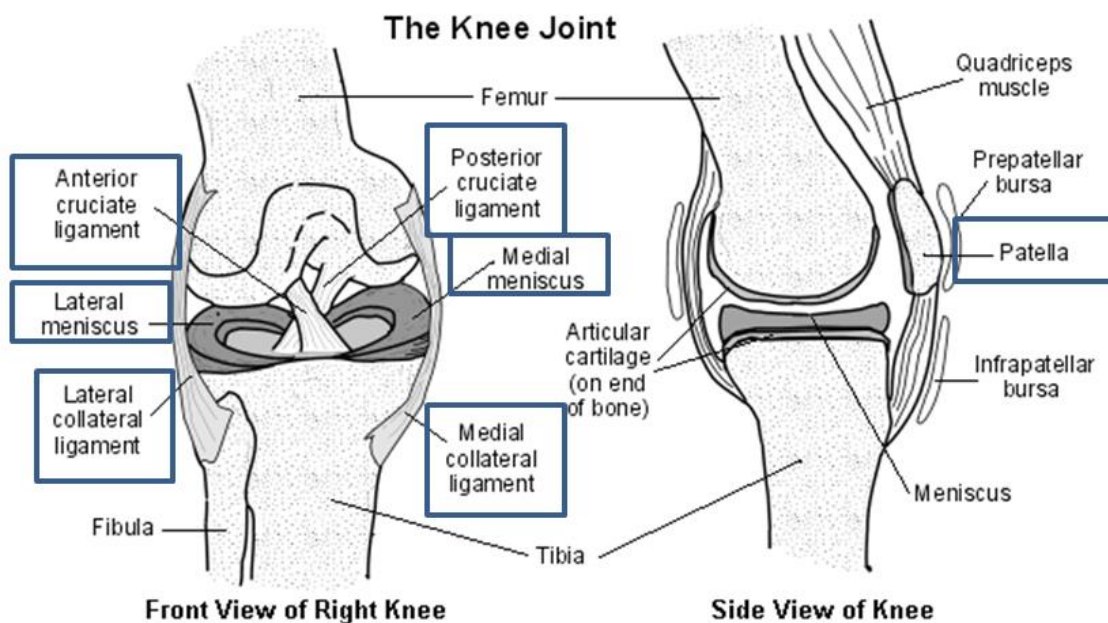


Bild 3. Knäledet (Modifierad, Patient.co.uk, 2013)

**Medial collateral ligament**(MCL) (Bild 3) fäster sig på femurns mediala epicondyl och mediala sidan av tibias skaft via den mediala menisken. MCL:s huvuduppgift är att stöda knäledet i extension samt förhindra rörelse i lateral riktning och statisk stabilisator för valgus stress. (Prentice et al. 2011 s. 527)

**Lateral collateral ligament** (LCL) (Bild 3) fäster sig i laterala epicondylen av femurn och därifrån ner till laterala ytan av fibulas huvud via den laterala menisken. LCL huvuduppgift är att stöda knäledets extension och förhindra rörelse i medial riktning och statisk stabilisator för valgus stress. (Palastanga et al. 2006 s.363).

**Posterior cruciate ligament**(PCL) (Bild 3) fäster sig i posterior intercondylar delen av tibia, där den passerar den mediala sidan av ACL för att fästa sig i anterior delen av den laterala ytan i mediala femur kondylen. PCL är kortare, inte så sned och dubbelt så stark i hållfasthet som ACL. Den är nära till rotationscentrumet av knäleden, som leder till att den högst antagligen är den huvudsakliga stabilisatorn i posterior-anterior riktningen. (Palastanga et al. 2006 s.366-367)

**Anterior Cruciate Ligament** (Bild 3) fäster sig anteriort på intercondylar eminence av tibia, den passerar under transvers ligamentet och fortsätter till den posteriora delen av den mediala ytan av femurs laterala kondyl varav största delen till strukturen intercondylar fossa. ACL gör en medial spirial på 110° från tibian till femurn. Fästpunkten till tibian

är starkare än till femurn, därför sker ofta rupturerna i femur fäste då knäledet utsätts för extrema stresssituationer. (Palastanga et al. 2006 s. 366) Dess huvuduppgifter i samband med hamstrings musklerna är att blockera förskjutning av tibian då femurn är i flexion, ge stabilitet då knäleden är i full extension, prevention av hyperextension och stabiliserar tibian för häftig inåt rotation. ACL fungerar också som en sekundär hindrande effekt mot valgus och varus stress i sammanbete med hamstrings. (Prentice et al. 2011 s. 528)

**Patella ligamentet** (Bild 2) är en starkt och platt ligament. Den har sitt ursprungsfäste i patellans nedre kant och slutar vid *tibial tuberosity*. Den konstanta extensionsspänningen i knäleden möjliggörs tack vare den starka quadriceps femoris (Palastanga et al. 2006 s.362).

### 3.3 Knäets muskulatur

För att knäet ska kunna fungera korrekt måste flera muskler arbeta tillsammans i en mycket komplex och koordinerad stil. En knärörelse kräver att olika nedre extremitens muskler fungerar som agonister, antagonister, synergister, stabilisatorer och neutraliserare. Dessa muskel-kraft-par producerar dynamiskt stabilitet för knäet (Prentice. 2011 s.528)

#### 3.3.1 Hamstrings muskler

Knäledens huvudsakliga flexorer är en samling av tre muskler; *semitendinosus*, *semimebranosus* och *biceps femoris*.

**M. Semitendinosus** (Bild 4) ursprungsfäste (*ischial tuberosity*) är den samma som biceps femoris långa huvud har och fortsätter tillsammans en kort sträcka. Slutligen fäster sig muskeln i den mediala kondylen av tibia. Semitendinosus uppgift är extension av höftledet, flexion av knäledet och medverkar även i medial rotation av tibian då knäleden är i flexion. (Palastanga et al. 2006 s.265).

**M. Semimebranosus** (Bild 4) har sitt ursprungsfäste på den övre laterala facetten på *ischial tuberosity*. Muskeln sträcker sig ner till den mediala kondylen av tibia där den fäster sig. Muskeln har samma uppgifter som som semitendinosus (Palastanga et al. 2006 s.265).

**M. Biceps femoris** (Bild 4) är en tvådelad muskel. Muskels långa huvuds ursprungsfäste är i ischial tuberosity och korta huvuds ursprungsfäste är längs distala femur. Dessa två delar av musklerna slås samman och fäster sig posterioert vid fibulans huvud. Muskels uppgift är att stöda de två delade hamstrings musklen i extensionen av höftledet, speciellt då bålen är böjt framåt och skall lyftas till upprätt läge. Muskels uppgift är också att hjälpa till i knäledets laterala och mediala rotation beroende på om foten är fäst mot marken eller inte (Palastanga et al. 2006 s.266-267).

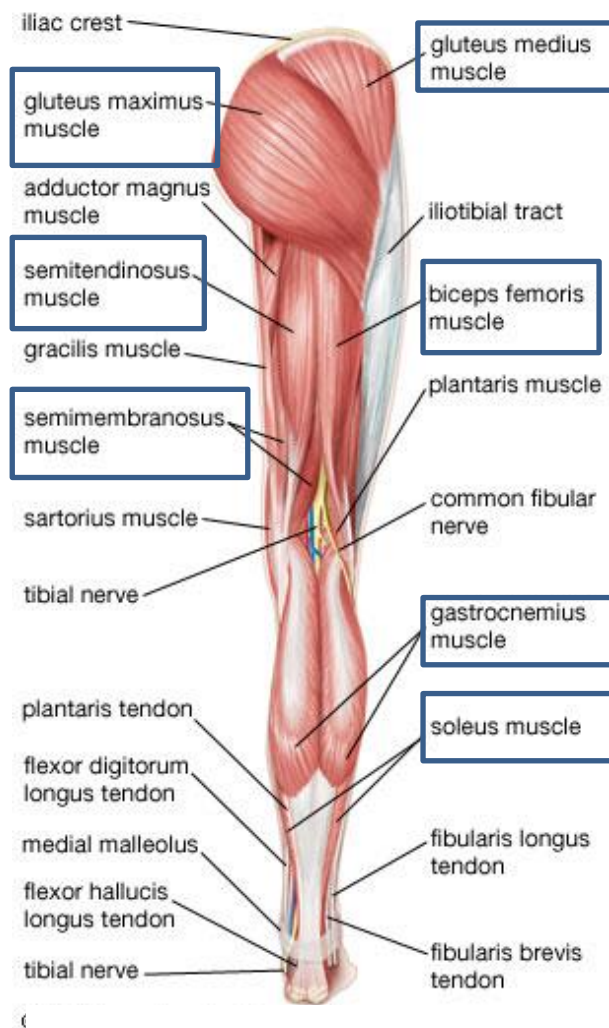


Bild 4. De posteriora musklerna av benet, (Modifierad, Encyclopaedia Britannica, 2007)

### 3.3.2 Quadriceps muskler

Knäledens huvudsakliga extensorer är fyra muskler som tillsammans bildar en tjock sena som fäster sig vid patellas kanter som fortsätter i form av patella ligamentet.

**M. Rectus femoris** (Bild 5) har sitt ursprung vid *anterior inferior iliac spine* och fästpunkten är vid patellas övre kant. Muskelns uppgift är extension av knäledet och flexion av höftledet. Eftersom muskelns ursprung är ovanför höftleden bidrar det till att muskeln också är aktiv vid höftledens flexion. (Palastanga et al. 2006 s. 284)

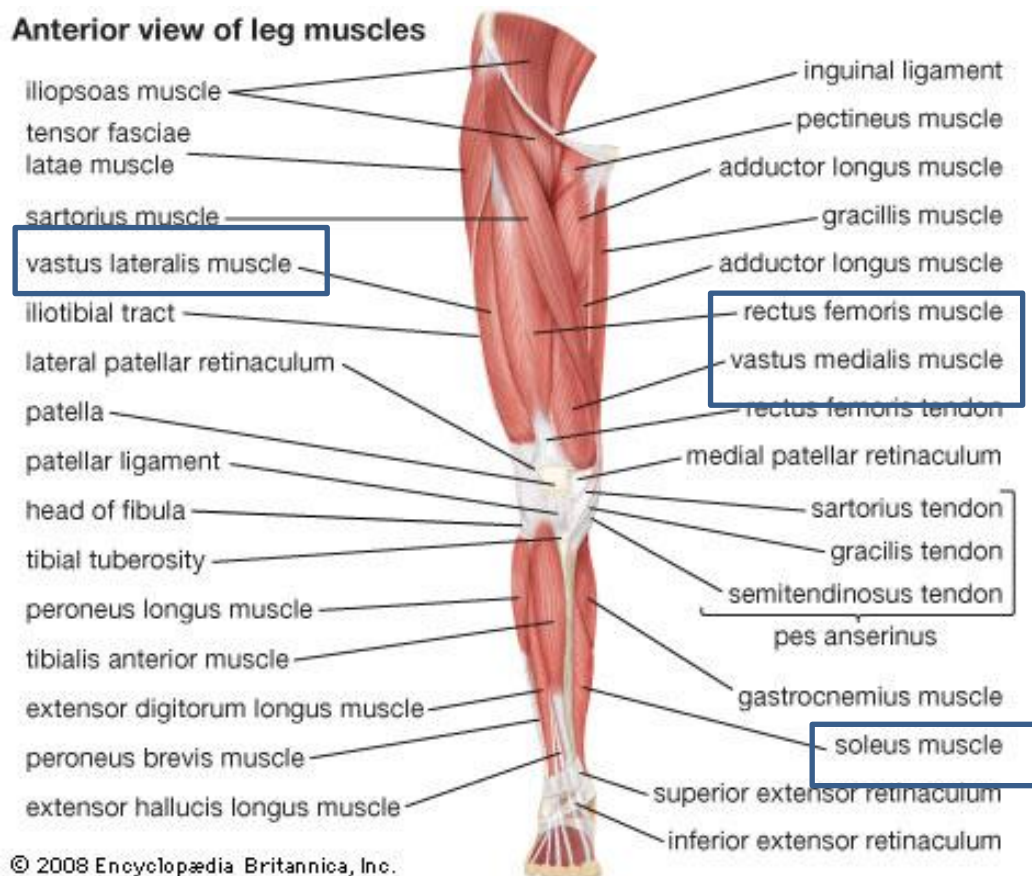


Bild 5. De anteriora musklerna av benet (Modifierad, Encyclopaedia Britannica, 2008)

**M. Vastus lateralis** (Bild 5) är lateralt från rectus femoris. Dess ursprung är i nedre kanten av strukturen *greater trochanter*, *gluteal tubercity* och övre delen av *linea aspera*, den fäster sig även vid *face tensor lata* sedan fäster sig muskeln i *rectus femoris* senan och patellan och en del av muskelfibrerna fäster sig tills slut vid laterala kondylen av tibian. Muskelns uppgift är att utföra extension av knäledet och att hålla patellan på sin plats tillsammans med vastus medialis (Palastanga et al. 2006 s.284-285).

**M. Vastus medialis** (Bild 5) har sitt ursprung vid nedre delen av *intertrochanteric* linje och därifrån fortsätter den på mediala sidan av rectus femoris. Delvis fäster kanter av vastus medialis anterior på femur benet och fäster sig slutligen på mediala kanterna av pa-

tella och anteriort på den mediala kondylen av tibia. Muskelns huvuduppgifter är extension vid knäledet och att hålla patellans position (Palastanga et al. 2006 s.285).

**M. *Vastus Inter Medius*** (Bild 5, posteriort av rectus femoris muskeln) är den djupaste delen av quadriceps femoris. Muskelen är belägen mellan vastus lateralis och vastus medialis. Muskels ursprungsfäste är på övre delen av femur och fäster sig vid undre kanten av patella och rectus femoris senan. Muskeln är som aktivast i slutskedet av knäledens extension (Palastanga et al. 2006 s.285).

### **Sammanfattning av musklerna runt knäledet**

- Knäflexion utförs av biceps femoris, semitendinosus, semimembranosus, gracilis, sartorius, gastrocnemius, popliteus och plantaris muskeln.
- Knä extension utförs av quadriceps musklerna, bestående av vastus medialis, vastus lateralis och vastus intermedius och av rectus femoris.
- External rotation av tibia styrs av biceps femoris.
- Internal rotation av knäledet åstadkoms genom popliteus, semitendinosus, semimembranosus, sartorius, och gracilis muskeln (Prentice 2011, s.528-529)

## **4 KNÄETS BIOMEKANIK**

I den här delen förklaras knäledets biomekanik, knäledets belastning och ACL skadomekanismen för att senare kunna förstå preventiva träningsprogram. Biomekanik är den inre (kroppsliga) och yttre (miljön) kraften som påverkar formen, storleken och strukturen i den producerade rörelsen. Biomekaniska rörelser beskrivs oftast i tre plan (Bild. 6); sagittalplanet, frontalplanet och trasversalplanet, för att beskriva kroppsposition och rörelsen i olika delar av kroppen. (Marion et al. 2005 s. 91)

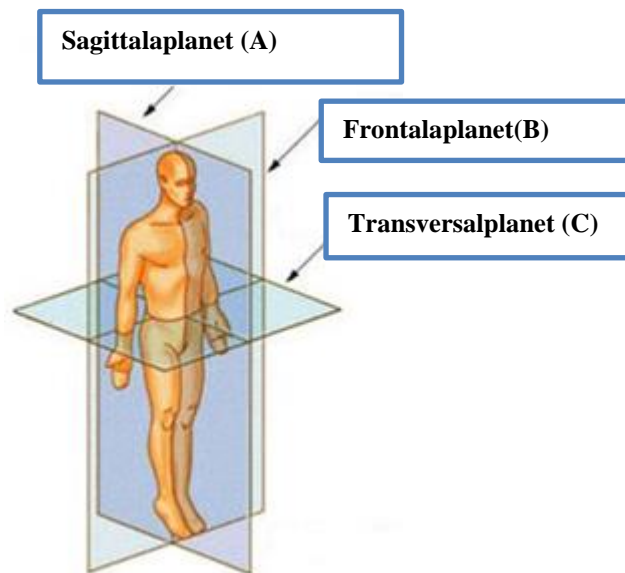


Bild 6. De biomekaniska planen (Modifierad, Spineuniverse, 2010)

Knäet hör till den kinestetiska kedjan och ligger mellan två ben; femurn och tibian, det betyder att den är känslig för traumatiska skador och påverkas av rörelser och krafter som förekommer i foten, underbenet och vristen. Dessa krafter förflyttas sedan från knäledet till låret, höftet och ryggraden. (Prentice et al. 2011 s. 526)

Knäledet kan röra sig i sex olika riktningar; *flexion/extension* i sagittalplanet, *internal/external rotation* i transversalplanet och *abduktion/adduktion* i frontalplanet samt i tre olika linjära riktningar; anteriort/posteriort, mediant/lateral och inferiort/superiort.

Till knäet hör tre leder men vi introducerar de väsentliga av dem; *patellafemoral* och *tibiofemoral* ledet eftersom de påverkar ACL.

Flexion och extension hör till knäledets huvudsakliga rörelser, och tibiofemorala ledet ansvarar för det. Tibiofemorala ledet består av tibia och femur benet, och är ett modifierat gångjärnsled som kan röra sig i sex olika riktningar och räknas som det största ledet i kroppen. De laterala och mediala kondylerna i tibia och femur är inte sammanfallande vilket möjliggör tibias och femurs olika rörelser med hjälp av ligament och muskler (Magee. 2007 s.727). I tabell 2 beskrivs knäledets aktiva rörelser.

Tabell 2. Aktiva rörelser av knä ledet (Magee. 2006 s.742).

Flexion	0 - 135°
Extension	0 - 15°
Medial rotation av tibian på femur	20 - 30°
Lateral rotation av tibian på femur	30 - 40°

Prentice et al. 2011 (s.526) förklarar att en grundläggande rörelse för tibiofemorala ledet är en linjär(axial) rotation av tibia i förhållande till femurn. "Screw home" mekanismen sker när personen strävar mot en upprätt position där extension av knäledet sker och tibia roterar externt. Rotationen sker för att den mediala femur kondylen är större än den laterala femur kondylen. Den laterala femur kondylen har en större yta i anterior riktning än den mediala femur kondylen för att preventivt hjälpa patellan att inte gå ur led i lateral riktning. För kvinnor är den femurs laterala kondylens storlek i anterior riktning viktig på grund av att kvinnorna har bredare bäckene och därför en större inåtvänd vinkel av femur, som tillåter de femurala kondylerna att vara parallellt med marken. (Magee. 2006 s.727) Den inåt vända vinkeln av femur kan också kallas för Q-angle (se sid. 27) som "testas" genom att drar en linje från ASIS (anterior superior iliac spine) till mitten av patellan och en annan linje från mitten av patellan till tibial tuberosity. (Prentice et al. 2011 s.526)

Utrymmet mellan det tibiofemorala ledet är till en del fyllt av två menisker, den laterala och mediala menisken, som fäster sig båda i tibia. Den mediala och laterala meniskens funktioner är oerhört betydelsefulla. De hjälper att förbättra stabiliteten av knäet, öka stötdämpning och distribuera vikt över en större yta (se bild 3). Den mediala menisken hjälper speciellt att stabilisera knäet vid 90° flexion. (Prentice. 2011 s.528)

Den *patellofemorala* leden är ett modifierat plan-led. Patellan gör att extension av knä ledet effektiviseras under de sista 30 graderna eftersom den håller quadriceps senan borta från axeln av rörelsen. Patellan fungerar också som en vägledare för quadriceps eller patella senan, samt minskar friktionen i quadriceps mekanismen, styr kapsel spänningar i knät och fungerar som en benig sköld för brosk på de femoral kondylerna. (Magee. 2007 s.728) Stabiliteten av knäet är primärt beroende av ligamenten, ledkapseln och musklerna som omringar ledet. Därför är knäets primära uppgift att ge stabilitet i vikt bärandet och mobilitet till vår rörelseförmåga. (Prentice. 2011 s. 526)

## 4.1 Knäledets påfrästning

Kraften som styrs av patella ligamentet och quadricepsfemoris och läggs på den tibiofemorala och den patellofemorala ledytan bör tas i beaktning då man analyserar knäets biomekanik eftersom till och med under naturlig gång utsätts den tibiofemorala leden för tryck som motsvarar 2-5 gånger människokroppens vikt (Palastanga et al. 2006, s. 386). Trycket i patellofemorala leden kan i nerförsbacke vara 2-3 gånger människans vikt medan i uppförsbacken 1,5 gånger människans vikt. Under hopp måste tibiofemorala leden utstå ett tryck på ca 24 gånger människovikten medan patellafemorala leden igenom går ett tryck på 20 gånger människovikten. Eftersom ACL är en beståndsdel i den tibiofemorala ledet hamnar den ta imot alla krafter som knäledet utsätts för. (Palastanga et al. 20 s. 387)

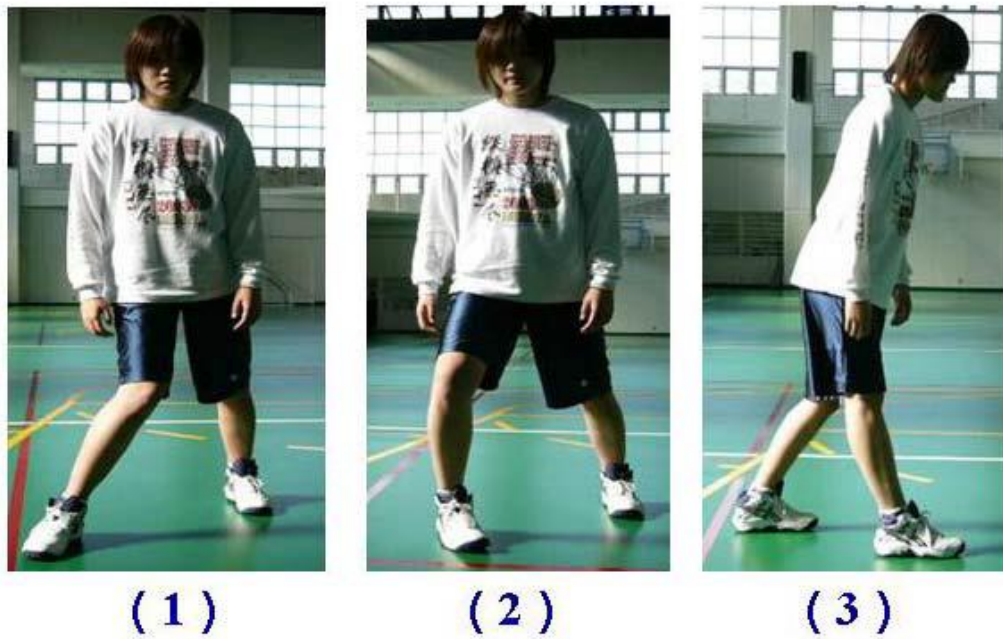
## 4.2 Skadomekanismen för ACL

ACL-skadan händer oftast i en icke-kontakt situation där det sker en minskad ledflexion i knä, höft och bål (i sagittalplanet) i kombination med ökad knä-valgus stress, rotation av tibia och fot-abduktion. (Olsen et al. 2004; Kobayashi et al. 2010; Prentice et al. 2011 s. 543) Tabell 3. klarlägger skadomekanismen ur de biomekaniska rörelseplanens synvinkel för icke-kontakt ACL-skador.

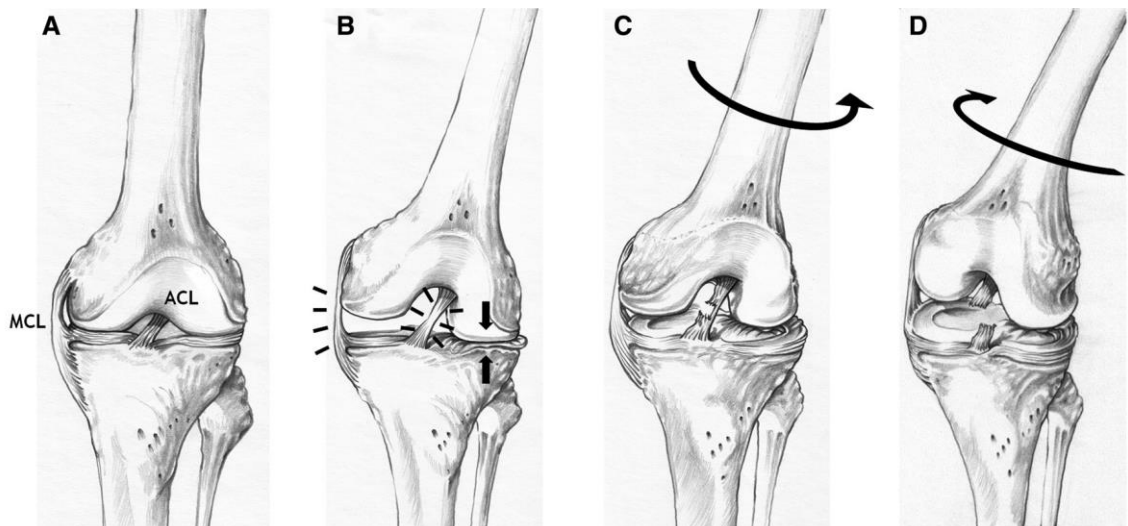
Tabell 3. Skadomekanismen i de biomekaniska rörelseplanen

<b>Biomekaniska plan</b>	<b>Risk mekanismer</b>	<b>Rörelse exempel</b>
<b>Frontalplanet</b>	Ökad adduktion/abduktion rörelse av knäet (varus/valgus stress) och höftet	Vändningar med ett steg inåt från stöd foten (Se bild 7, del 1)
<b>Transverseplanet</b>	Ökad internal/external rotation av knäet och höftet	Snabba 90° graders vändningar med ett steg över stöd foten (Se bild 7, del 2)
<b>Sagittalplanet</b>	Minskad grad av flexion i knäet och höftet	Bromsning, landning av ett hopp (framåt/bakåt) (Se bild 7, del 3)





**Bild 7. Skadomekanismer för ACL (Kobayashi et al. 2010)**



**Bild 8. Skadomekanismer för ACL (Koga et al. 2010)** A. Ett obelastat knä B. När valgus belastningen sker blir mediala collateral ligamentet spänt och lateral kompression sker. C. Tryckbelastning, samt en främre kraftvektor orsakad av quadriceps kontraktion. Det orsakar en förskjutning av femur i förhållande till tibia där den laterala femoral kondylen skiftar posterior och tibia rör sig anterior (också kallad anterior tibial translation; ATT) och roterar i internal riktning, vilket orsakar en ACL ruptur. D. Efter en ACL ruptur, försvinner det primära hindret för anterior rörelse av tibia. Det orsakar att den mediala femurkondylen förskjuts posterior, vilket resulterar en extern rotation av tibia (Koga et al. 2010).

## **5 RISK FAKTORER FÖR ACL**

Ungefär 70 procent av alla ACL-skador händer i en icke-kontakt situation (Agel et al. 2005; Griffin et al. 2006) men den grundläggande mekanismen för skadan tycks variera. Potentiella riskfaktorer som har associeras med icke-kontakt ACL-skador är; omgivning, hormonella, anatomiska, och neuromuskulär/biomekaniska faktorer (Griffin et al. 2006).

### **5.1 Omgivning som risk faktor**

I en finsk undersökning (Pasanen et al. 2008) med 26 stycken kvinnliga innebandylag förekom det dubbelt mera ACL rupturer på konstgjort plan än på träd golv. Liknande resultat förekom hos de kvinnliga handbollsspelarna i en norsk undersökning och även männen skadade sig något mera på konstgjord plan (Olsen et al. 2003). Icke kontakt ACL skador uppkom mera på torr spelplan i en australiensk undersökning med 100280 fobollspelare (Orchard et al. 2001). Förklaringen till skadostatistiken kan ligga i att; friktionen är högre på konstgjort än på naturellt gräs som ökar risken för en ACL-skada (Powell eller Schootman et al.1992). Förklaringen till skadostatistiken på de olika planen kan bero på att skorna påverkar indirekt(ohållbar ändring av biomekanik) och direkt (den ökade dragkraften och interaktionen mellan skorna och ytan) knäets biomekanik (Griffin et al. 2006).

### **5.2 Hormonella risk faktorer**

En stor del av de sammanfattande undersökningarna (Griffin 2006; Hewett et al. 2006; Barber-Westin et al. 2009) hänvisar till att en större andel ACL- skador händer under den follikulära perioden (mens perioden) än under de andra delarna av menstruationcykeln. Men undersökningarna ger inte säkra fakta på om ökningen av ACL-skador under den follikulära perioden beror på den kollagena metabolismen (minskad ligament styrka), muskel svaghet, förändringar i muskelkontraktion eller i neuromuskulär kontroll.

### 5.3 Anatomiska risk faktorer

Biomekaniken i de patellofemorala leden påverkas av Q-vinkel. En normal Q-vinkel är 10 -12 grader för män och 15-17 grader för kvinnor. Statisk Q-vinkel ökar genom (Prentice et al.2011, s. 556):

- Genu valgum som är ett tillstånd där femur benet vinklar sig inåt så att knäna nästan rör varandra.
- Ökad femur benets hals anteversion (en normal vridning i huvudet och halsen av femur benet i förhållande till knäledet).
- Lateralt placerad tibial tuberosity.

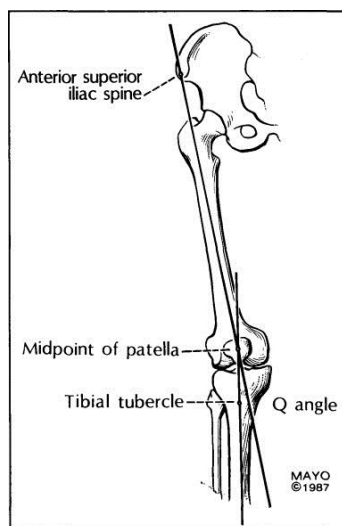


Bild 9. Q-vinkel (Mayo, 1987)

Q-vinkeln är en statisk mätning och har ingen direkt korrelation med skada av knäet. Men dynamiskt ökad Q-vinkel (ökad höft adduktion och höft intern rotation under funktionella aktiviteter) ökar risken för valgus rörelse. Forskning har försökt hitta ett samband mellan uppmätt statiskt Q-vinkel och dynamisk Q-vinkel. Resultaten är ofullständiga, men kan visa en svag tendens mot hypotesen att en ökad statisk Q-vinkel kan orsaka en ökad dynamisk Q-vinkel, och därmed öka risken för icke kontakt ACL-skada. Höft adduktion och intern rotation kan bero på svaghet i höftens adduktorer och hip externa rotatorer (Prentice et al. 2011 s.557), och därför hör dynamisk Q-vinkeln mer till följande kapitel ”*neuromuskulära och biomekaniska riskfaktorer*”.

En fyra års studie gjordes tillsammans med United States Military Academy kadetter, för att statistiskt undersöka vilka faktorer som möjligen orsakade icke-kontakt ACL-skador. Sammanlagt förekom det 29 ACL skador hos 859 personer (21 män och 8 kvinnor) var av

24 var icke kontakt skador. Undersökningen gav resultat om att intercondylar fossa bredd, ACL storlek, ligament slapphet och BMI ökade risken för en icke kontakt skada hos de båda könen. (Uhorchak et al. 2003) Över pronation av foten kan också bidra till förekomsten av ACL skada genom att öka intern tibiala rotation och påverka ligament slapphet i knäledet (Griffin et al. 2006; Prentice et al. 2011 s.631; Woodford-Rogers et al. 1994).

Det finns motstridig information om anatomiska riskfaktorer gällande Q-vinkel, över pronation i foten, ligament slapphet i knäet, bredden på intercondylar fossa och ACL storlek är riskfaktorer för ACL-skada. Men anatomiska faktorer och omgivningen kan tydligt förknippas med en ökad risk av icke kontakt ACL-skador och kan vara svårare att påverka än neuromuskulära och biomekaniska faktorer som BMI och dynamisk Q-vinkel. (Griffin et al. 2006; Barber-Westin et al. 2009).

## **5.4 Neuromuskulära och biomekaniska riskfaktorer**

Det neuromuskulära systemet skapar rörelse och avgör biomekaniken i atletiska rörelser. Om musklerna klara av att kontrollera organismens kroppsvikt funktionellt, kan människan röra sig medvetet/omedvetet enklare på ett biomekaniskt hållbart sätt p.g.a. muskelaktivering i rätt tid med rätt styrka. Neuromuskulär kontroll anses vara omedveten aktivering av de dynamiska begränsningarna kring ett led av sensoriska stimuli eller proprioception. Skillnader i neuromuskulär kontroll i samband med biomekanisk kontroll kan förklara den ökade icke-kontakt ACL skaderisken inom idrott. (Griffin et al. 2006)

Det neuromuskulära systemet ansvarar för att kordinera dynamisk stabilisering i knäledet, som skyddar knäledet under sportrelaterade uppgifter. Kordinerad muskelaktivering är den största enskilda bidragsgivaren till produktion av rörelse, stabilisering av position och utveckling av moment i vilken som helst led eller kroppssegment (van Ingen Schenau et al.1987) Muskel åtgärder måste alltså koordineras och samtidigt aktiveras (koncentriskt eller excentriskt beroende på muskeln) för att skydda knäledet. Därmed är antagonist-agonister förhållanden avgörande för gemensam stabilitet. De agonist och antagonist musklerna i låret kontrollerar rotation och deceleration samt fungerar som primära producere av rörelse och arbetar preventivt mot skada. (Alentorn-Geli et al. 2009)

#### 5.4.1 Brister i hamstrings och quadriceps muskulaturens balans

Knäledets huvud-agonist och antagonist muskler är uppdelade i två samverkande muskelgrupper: quadriceps gruppen och hamstringsgruppen. Samarbetet och balansen av den maximala styrkan mellan hamstrings och quadriceps musklerna och deras samband till icke-kontakt ACL-skador har undersökts en hel del. Förhållandet mellan dessa muskler refereras oftast till hamstrings to quadriceps strength ratio (H:Q ratio). (Aagaard et al. 1998)

Med hjälp av quadriceps gruppen och patella senan, fungerar knäskålen effektivt som en bärande yta för att hålla femur från att glida framåt över tibia, men tyvärr finns det ingen benig yta för att förhindra tibian från att glida anteriort från femur. (Imran & O'Connor, 1998) För att det är biomekaniskt tyngre att placera sig i större flexion från knäledet så kompenserar man enkelt i atletiska rörelser med att utföra dem i en större knä extension och därför aktiveras quadriceps musklerna betydligt mer än hamstrings musklerna (Aagaard et al. 1998). Det resulterar att ACL försöker hindra tibian från att glida i anterior riktning och när en idrottare använder quadriceps musklerna för att stabilisera knäledet orsakar idrottaren en tvingad extension som leder till främre stress på tibian och därför också på ACL (Hewett et al. 2010). Det är orsaken till att det behövs effektiva posterior muskler som decelererar rörelse i knäledet så att tibian inte glider bort från femurn i anterior riktning (McLeod et al. 1980). En av dessa effektiva posterior muskler är hamstringsmuskel-gruppen. För att en hållbar deceleration skall ske i landningar av hopp eller snabba riktnings ändringar måste hamstrings musklerna producera en bromsnings effekt genom en stark aktivation, men det kan inte ske effektivt då graden av flexion i knäledet är under ca 22°. (Colby et al.2000) Obalansen av H:Q ratio i knäledet (quadriceps musklernas dominans över de svaga hamstrings musklerna) är den huvudsakliga orsaken till att tibian förskjuts anteriort(ATT) i olika biomekaniska plan, som är ett sannolikt skäl och prediktor för ACL skada (Colby et al. 2000; Myer et al. 2009; Zebis et al. 2009). Men det ändå viktigt att påpeka att fastän quadriceps dominans är negativt så spelar muskelns egenskaper en betydande roll i funktionel prestationsförmåga (Kannus et al. 1988).

### 5.4.2 Svaghet i musklerna

Mycket har undersökts också kring andra muskelgrupper och deras roll i att skydda idrottaren från skadande rörelsemönster som kan leda till icke-kontakt ACL-skada. Särskilt viktigt för nedre extremitetens muskelkontroll är gruppen av muskler som utgör den posteriora kedjan; höften extensor gruppen gluteus maximus och hamstrings, en av höft abduktorerna gluteus medius och och plantar flexorerna gastrocnemius och soleus. De stora, kraftfulla posteriora kedjomuskulerna måste korrekt rekryteras för att absorbera de krafter som förmedlas från marken. Om det inte sker så förflyttas energin till knäledet och sedan till ligamenten. Resultatet är oftast valgus knäkollaps och därför är styrkan av den posteriora kedjan avgörande för ACL hälsa. (Hewett et al. 2010)

En svag bål tycks också påverka dynamisk stabilitet i knäleden och öka risken för icke-kontakt ACL-skada under explosiva rörelser. De idrottare som tillåter större rörlighet av bålen (t.ex. lateral flexion av bålen) eller inte kan stöda höft-flexionen (se bild 7, del 3) med hjälp av bål-muskulaturen efter en kraftig impakt från mark-kontakt, har större risk för icke-kontakt ACL-skada (Zazulak et al. 2007). I en studie utförd av Zazulak et al. (2007) visade att bristen på stabil bål rörelse och bål proprioception fungera som en prediktor för icke-kontakt ACL-skada hos kvinnor, men inte män. Även svag styrka i höftens abduktions muskler förstärker sannolikheten för dynamisk valgus och varus rörelse i knäet (Powers CM, 2010) och svaga höft-externalrotatorer förstärker sannolikheten för varus rörelse (Lawrence et al. 2007).

Det har framkommit att kvinnorna har större sannolikhet att ha brister i muskelstyrka i posteriora kedjan, bål-muskulaturen, höftens abduktion samt adduktion och external rotatorer (Griffin et al. 2006 & Alentorn-Geli et al. 2009). Kvinnor är i medeltal quadriceps dominanta vilket syns i framkomsten av skador och de män som lider av icke-kontakt ACL-skador tycks ha samma svagheter som kvinnorna (Tsepis et al. 2004).

### 5.4.3 Ben dominans

Skillnaden mellan nedre extremiteterna i muskelaktivaton, muskel styrka, och flexibilitet, verkar vara större hos kvinnor än män i rörelser som kräver sida-till-sida symmetri av båda benen. Detta kallas ben dominans, och kvinnor verkar vara mer en-ben dominanta än männen. Att landa mera på ett ben orsakar ojämn absorption av energin som uppstår

av mark kontakt. Det i sin tur leder till en ökad risk för icke-kontakt ACL-skada. (Hewett et al. 2010) Det dominanta och det icke-dominanta benet har i långa loppet lika stor risk för ACL-skada, eftersom det dominanta benet över-används så får den utstå mera påfrestning medan den icke-dominanta benet förblir svagare tackvare knapp användning. (Hewett et al. 2004)

#### **5.4.4 Muskeltrötthet i medvetna och omedvetna atletiska rörelser**

Eftersom musklerna bidrar till ledstabilitet så kan muskeltrötthet vara en riskfaktor för ligament skada. Trötta muskler kan absorbera mindre energi innan de når en grad av sträckning som orsakar skador (Mair et al. 1996). En grupp kvinnor och män jämfördes i hur muskeltrötthet påverkar landningen av ett hopp. Tröttheten ökade knä internal rotation och varus-valgus rörelse, den senare mer markant hos kvinnor (McLean et al. 2007)

Nyland et al. (1999) undersökte bland kvinnliga idrottare effekterna av hamstring- muskeltrötthet för knä kontroll i det transversala planet. Det undersöktes genom löpning intill en snabb 90 grads riktningsändring med ett steg över stöd foten (t.ex. när en riktningsändring till vänster sker, sätts den vänstra foten ner som stöd och högra foten skjuts över vänstra foten för att fortsätta till vänster). En excentrisk hamstring-trötthet skapade minskad dynamisk kontroll i det transversala planet. Det bevisades genom en ökning av internal rotation under landning men också av en tidigare maximal fotleds plantar-flexor rörelse. Det verkade som kroppen blev mera beroende av plantar flexorerna (gastrocnemius, soleus) då muskeltrötthet uppstod i hamstrings, vilket betyder att de kompenserade med de andra musklerna vilket gav tillfällig dynamisk knä stabilitet. (Nyland et al. 1999)

Förväntade och oförväntade insatser inom idrott i samband med trötthet har visat sig ha en direkt inverkan på icke-kontakt ACL-skado risker (Besier et al. 2003; McLean et al. 2007). Besier et al. (2003) undersökte riktändring med ett steg inåt från stödfoten i två olika vinklar under både förväntade och oväntade förhållanden. Undersökningen visa att knä varus-valgus och internal-external rörelse ökade under oförväntade situationer. Slutsatsen är att trötthet i nedre extremiteten kan öka risken för icke-kontakt ACL-skada under landning, genom omedvetna eller medvetna riktändringar inåt eller utåt både i det transversala och frontala planet (McLean et al. 2007)

#### 5.4.5 Neuromuskulära utvecklings skillnader bland kön

I en undersökning upptäcktes att vid markkontakt har flickor och pojkar liknande vinklar vid knä flexion innan fyllda 12 år. Efter att flickorna har fyllt 13 år har den en mindre knä flexions vinkel än pojkarna i markkontakt. (Yu et al. 2005) Orsaken till det här ligger eventuellt i teorin som Hewett et al. (2006) utgav. Enligt den ökar risken för en icke-kontakt ACL-skada möjligen av den orsaken att flickorna går upp i vikt och storlek under puberteten, men genomgår inte en lika kraftig neuromuskulär utveckling (både kraft och kontroll) som pojkarna. I en annan studie av Barber-Westin et al. (2010) kom man fram till liknande resultat då betydliga skillnader i nedre extremiteterna började synas mellan flickor och pojkar i 14 års åldern. Flickornas styrka i hamstrings musklerna tycks nå sin topp i 11 års åldern som betyder att 11 och 17 åriga flickor inte har några signifikanta skillnader i hamstrings styrka och quadiceps blir starkare än hamstrings musklerna efter menstruationsdebuten (Ahmad et al. 2006).

Orsaken till ACL-skador har studerats genom att undersöka teknik brister. Teknik undersökningar har gjorts genom att granska potentiella neuromuskulära svagheter i muskelaktivering runt knäledet bland könen (Ebben et al. 2010). I Ebben et al. (2010) undersökning hade kvinnor en tendens att aktivera quadriceps muskeln senare än män i för-kontakt fasen av ett hopp. Kvinnor aktiverade hamstrings musklerna mindre och hade en lägre hamstring-quadriceps aktiverings förhållande än männen efter kontakt fasen i 45 °grader av knä flexion.

I en annan undersökning av Quatman et al. (2006) granskades neuromuskulära svagheter genom att undersöka landnings-mark reaktionskrafter (landing ground-reaction forces) och hur oeffektiv landning påverkar knäledet. Kvinnor som hade låg knä-flexion i landning tog kraften av landningen ohållbarare emot än männen som orsakade att krafter från mark-kontakten förflyttades aggressivare från foten till passiva strukturer (ben/ligament) i knäet. Det är ännu oklart vilka biomekaniska och neuromuskulära riskfaktorer orsakar mest skador men det tycks bero på flera bristfälliga faktorer och inte enbart på en specifik faktor (Griffin et al. 2006). I följande tabell är de olika riskfaktorerna samlade som kan orsaka en icke-kontakt ACL-skada (Griffin et al. 2006; Alentorn-Geli et al. 2009; Hewett et al. 2010).



**Tabell 4. Riskfaktorer för en icke-kontakt ACL-skada**

<b>Kategori</b>	<b>Risk faktorer</b>	<b>Orsaker till ACL-skadans förekomst</b>
<b>Omgivning</b>	Underlag, skor och knästödet	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Dubbelt mera ACL rupturer på konstgjort plan (friktionen är högre)</li> <li>- Verkar ge stöd för mediala kollaterala ligamentet mot en valgus kontakt skada</li> </ul>
<b>Anatomi</b>	Statisk Q-angle, BMI, allmän slapphet av ligament. Storleken av intercondylar notch och ACL.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Inga konkreta bevis</li> <li>- Svårt att påverka</li> <li>- Stor statisk Q-angle påverkas negativt av stor dynamisk Q-angle</li> </ul>
<b>Hormonell</b>	Förändringar i estrogen och progesteron under menstruations cykeln	Det verkar som att det skulle förekomma mera ACL-skador under den follikulära perioden
<b>Neuromuskulär/Biomekanisk</b>	<p>Svag styrka, muskel obalans, muskel trötthet, över flexibilitet.</p> <hr/> <p>Rörelse mönster med svängning och deceleration. Landning från hopp och byte av riktning.</p> <hr/>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hög quadriceps styrka och aktivitet relaterat till hamstring styrkan och aktivitet i atletiska rörelser (Quadriceps dominans)</li> <li>- Bristfälliga muskelaktiverings mönster under atletiska rörelser</li> <li>- Svaga höft muskler</li> <li>- Svag posterior kedjomuskler</li> <li>- Svag bål muskulatur</li> <li>- Ben dominans</li> <li>- Höga landnings mark-reaktions krafter</li> <li>- Svag uthållighet</li> </ul> <hr/> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Låg knä flexion</li> <li>- Låg höft flexion</li> <li>- Höft internal rotation</li> <li>- Höft abduktion</li> <li>- Adduktion/Abduktion av knäet(Varus/Valgus)</li> <li>- Hyperextension av knäet</li> <li>- Låg bål kontroll</li> </ul>

## 6 SYFTE OCH FRÅGESTÄLLNING

För att öka medvetenheten om preventiv träning bland idrottsektorn har följande systematiska litteraturstudie utgetts. Syftet med studien är att introducera de framgångsrikaste tränings-metoderna för prevention av icke-kontakt ACL-skada för unga kvinnliga idrottare. Eftersom den preventiva träningen borde påbörjas i ung ålder då människan är som aktivast. Studien har två frågeställningar;

- 1) Vilka är de framgångsrikaste träningsformerna för att förbättra specifika neuromuskulära svagheter, som påverkar icke-kontakt främre korsbands-skadomekanismer hos unga kvinnliga idrottare?
- 2) Vad är det framgångsrikaste träningsprogramens uppbyggnad för att undvika icke-kontakt främre korsbandsskador hos unga kvinnliga idrottare?

## 6 METOD

En systematisk litteraturstudie utfördes eftersom genomförandet av en undersökning gällande den framgångsrikaste preventiva tränings-formerna och programmen för icke-kontakt ACL-skador skulle ha dragit ut på tiden. Systematiska litteraturstudier betyder att samla, kritiskt granska och sammanställa resultaten av aktuell forskning inom det valda problemområdet (Forsberg & Wengström 2003, s. 29). Uppbyggnaden på arbetet är strukturerat så att den uppfyller de kriterier som en systematisk litteraturstudien skall uppfyllas enligt Forsberg & Wengström (2003) boken:

- *Förklara varför studien görs (problemformulering)*
- *Formulera frågor som går att besvara(frågeställning)*
- *Formulera en plan för litteraturstudien(syfte)*
- *Bestämma sökord och sökstrategi (sökord)*
- *Identifiera och välja litteratur i form av vetenskapliga artiklar eller vetenskapliga rapporter (urval)*
- *Kritiskt värdera, kvalitetsbedöma och välja den litteratur som ska ingå(exklusion/inklusion)*
- *Analysera och diskutera resultat*
- *Sammanställa och dra slutsatser*

(Forsberg & Wengström 2003 s. 31)

## 6.1 Litteraturuppsökning

Den slutliga litteraturuppsökningen av de vetenskapliga artiklarna gjordes mellan 30.9.2012 till 12.1.2013 på databaserna Google Scholar, PubMed, Sportsdiscus och på det centrala biblioteket för hälsovetenskap (Terkko) vid Helsingfors universitet. Databasen Google Scholar användes som den huvudsakliga databasen, men då endast abstraktet var till förfogandet användes de andra databaserna. Som sökord i databaserna användes; acl, preventiv training(preventiv träning), non-contact (icke-kontakt), neuromuscular training(neuromuskulär träning), reducing non-contact anterior cruciate ligament injuries (minska icke-kontakt ACL-skador) samt warm-up preventive training for young female athletes (preventiv uppvärmnings träning för unga kvinnliga idrottare). Undersökningarna uppfanns genom att begränsa sökningen till åren 1980-2012 samt kombinera sökorden med de broleska operatorerna AND och OR (Forsberg & Wengström. 2003, s. 82). För att klargöra litteratursökningen har följande tabell designats där sökningen är gjord på Google Scholar.

Tabell 5. Sökord i databasen Google Scholar

<b>Sökning 1</b>	<b>Totala källor</b>
ACL	492000
Non contact ACL	73000
Non contact ACL prevention training	6340
Non contact ACL prevention training for young athletes	2820
Non contact ACL AND warm-up preventive training for young female athletes	943
<b>Sökning 2</b>	
Neuromuscular training ACL	8650
Prevention training of non-contact ACL	1460
Reducing non-contact anterior cruciate ligament injuries	1660
Reducing non-contact anterior cruciate ligament injuries for young athletes	1070
Reducing non-contact anterior cruciate ligament injuries for young athletes AND neuro-muscular training	712

Efter användningen av olika sökord -och broleska kombinatorerna erbjöd databaserna flera undersökningar, detta ledde till att vi granskade abstrakten och titeln på undersökningarna för att sedan genomgå inklusions –och exklusions kriterier. De undersökningar som inte exkulterades lästes noga igenom och genomgick en kvalitetsgranskning.

## 6.2 Inklusions-och exklusionskriterier

Antalet undersökningar som inkluderades beror på inklusions-kriterier samt författarens kunskap att finna forskning om ifrågavarande ämne (Forsberg & Wengström 2003, s. 30). För att tydligare framhäva problemen i träningsprogrammen inkluderade vi undersökningar med personer av samma kön och av bägge könen för att tydligare kunna kartlägga skillnaderna och på det sättet dra slutsatser om goda/sämre undersökningsresultat.

Inklusionskriterier:

- Språket; finska, svenska eller engelska
- Artiklarna skall vara publicerade fr.o.m. år 1996 eftersom kunskapen om skadan och den preventiva träningen har ökat märkbart under de senaste 20 åren.
- Minst nio försökspersoner i testgruppen.
- Träningen måste innehålla minst en av följande träningsformer: styrke-, plyometrics-, agility-, balans-, flexibilitets-träning.
- Minst en månads träningsprogram.
- Undersökningen skall byggas på god reliabilitet.
- Deltagarna skall inte vara över 25 år.
- Skulle handla om prevention av icke-kontakt ACL-skada(fråga 1, 14 stycken) eller om träningsformer för att förbättra neuromuskulära svagheter som påverkar icke-kontakt ACL-skadomekanismer(fråga 2, 14 stycken).

Exklusionskriterier:

- Deltagarna hade redan tidigare haft en ACL-skada eller annan knäskada
- Undersökningens ”huvudtema” var inte prevention av knäskada(fråga 1)
- Användning av apparater som inte finns på de flesta gym, såsom isoteriska- och isokinetiska maskiner, eller avancerade springmattor.
- Träningsprogrammet innehöll endast flexibilitets-övningar.

Efter dessa kriterier exkluderades undersökningen Heidt et al. (2000), vilket betyde att 31 undersökningar genomgick en kvalitetsgranskning. Även undersökningar som redan använts i den teoretiska bakgrunden exkluderades på basis av Olsson & Sörensen (2007 s. 87) eftersom studiens bakgrund inte får vara den samma som forskningsresultatet.

### **6.3 Kvalitets-granskning**

Efter inklusions –och exklusionskriterier kvalitet-granskades de 31 undersökningarna enligt Forsberg och Wengström boken (2003, s. 121), där kvalitetsbedömningen åtminstone skall innehålla studiens syfte, frågeställningar, design, urval, mätinstrument, analys och tolkning. Undersökningarna kvalitet-granskades med SBU:s metod (Forsberg & Wengström. 2003, s. 121) där åtta frågor skall besvaras med antingen ”ja” eller ”nej”. Desto fler ”ja” svar desto högre kvalitetsvitsord får undersökningen(SBU:s frågor nedanför). Vi valde att bedöma artiklarna enligt följande:

- 1) Låg kvalitet
- 2) Medel kvalitet
- 3) Hög kvalitet

#### **SBU:s metod**

- A) Finns det en i förväg bestämd hypotes
- B) Är studien upplagd på sådant sätt att den är möjlig att bekräfta eller förkasta hypotesen
- C) Är försöksgruppen representativ och tillräckligt stor?
- D) Finns det en godtagbar kontrollgrupp?
- E) Är mätningarna och skattningarna av effekter tillförlitliga?
- F) Redovisa alla väsentliga uppgifter?
- G) Är det troligt att oönskade eller ovidkommande faktorer inte kan ha påverkat resultatet?
- H) Är de statistiska metoderna adekvata?

(Forsberg & Wengström 2003 s. 121)

Vi valde även att ge studierna 1-14 (se tabell 6.) poäng ifall de inkluderade en tre dimensionell testning(I) och undersökningarna 15-29 (se tabell 6.) poäng ifall de hade

fler än två tränings-moment och nämnde ACL-skador skilt(I-J). För hög kvalitet skulle artikeln ha 8-10 poäng ”ja” svar, 7-4 poäng till medel kvalitet och studier med mindre än 4 poäng exkluderades. Efter kvalitetsgranskningen föll två undersökningar bort; Brushøj et al. (2000) samt Söderman et al. (2000) eftersom de inte uppfyllde kvalitetskriterierna, vilket betydde att 29 undersökningar inkluderades i examensarbetet.

Tabell 6. Kvalitets granskning

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	Poäng	Vitsord
<b>Studie 1</b>	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA		8	3
<b>Studie 2</b>	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA		8	3
<b>Studie 3</b>	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	NEJ		7	2
<b>Studie 4</b>	JA	JA	JA	NEJ	JA	NEJ	NEJ	JA	NEJ		5	2
<b>Studie 5</b>	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA	NEJ	JA	JA		7	2
<b>Studie 6</b>	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA	NEJ	JA	NEJ		6	2
<b>Studie 7</b>	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	NEJ		7	2
<b>Studie 8</b>	JA	JA	NEJ	NEJ	JA	JA	NEJ	JA	NEJ		5	2
<b>Studie 9</b>	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA	NEJ	JA	NEJ		6	2
<b>Studie 10</b>	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA		8	3
<b>Studie 11</b>	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	NEJ		7	2
<b>Studie 12</b>	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	NEJ		7	2
<b>Studie 13</b>	JA	JA	JA	NEJ	JA	NEJ	NEJ	JA	NEJ		5	2
<b>Studie 14</b>	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA	NEJ	JA	NEJ		6	2
<b>Studie 15</b>	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA	JA	9	3
<b>Studie 16</b>	JA	JA	JA	JA	NEJ	NEJ	NEJ	JA	JA	JA	7	2
<b>Studie 17</b>	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	NEJ	JA	JA	NEJ	7	2
<b>Studie 18</b>	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA	JA	9	3
<b>Studie 19</b>	JA	JA	JA	JA	NEJ	NEJ	NEJ	JA	NEJ	JA	5	2
<b>Studie 20</b>	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	NEJ	JA	NEJ	JA	7	2
<b>Studie 21</b>	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	NEJ	JA	NEJ	JA	7	2
<b>Studie 22</b>	JA	JA	JA	JA	NEJ	NEJ	NEJ	JA	JA	JA	7	2
<b>Studie 23</b>	JA	JA	JA	JA	NEJ	NEJ	NEJ	JA	JA	JA	7	2
<b>Studie 24</b>	JA	JA	JA	JA	NEJ	NEJ	NEJ	JA	JA	NEJ	6	2
<b>Studie 25</b>	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA	JA	9	3
<b>Studie 26</b>	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	NEJ	NEJ	7	2
<b>Studie 27</b>	JA	JA	JA	JA	NEJ	NEJ	NEJ	JA	JA	JA	7	2
<b>Studie 28</b>	JA	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	JA	JA	JA	9	3
<b>Studie 29</b>	JA	JA	JA	JA	JA	NEJ	NEJ	JA	JA	JA	8	3

## 7 ETISK REFLEKTION

Examensarbetet följer den finska forskningsgenetiska delegationens instruktioner vilket betyder att arbetet är uppbyggt på en god reliabilitet samt validitet. Ordet reliabilitet betyder tillförlitlighet (inom testing och mätning), som betyder att ett test kan upprepas på nytt med samma resultat som tidigare. Validitet betyder att det som skall mätas mäts och inte andra faktorer.

Vi har strävat efter ärliga resultat vilket betyder att litteratursökning har genomförts på pålitliga databaser, metoden har beskrivits väl samt avgränsningar av undersökningar har gjorts med hjälp av kvalitetsgranskningar samt inklusion –och exklusions kriterier. För att studien skulle kategoriseras som vetenskaplig har de inkluderade undersökningarna analyserats av båda medparterna för att försäkra att inga egna tolkningar framkommit.

## 8 RESULTAT

I detta kapitel redovisas de vetenskapliga artiklarna först i tabellform och därefter mera strukturerat i textform, sedan presenteras och jämförs undersökningarnas resultat. De 14 första undersökningarna i tabellen svarar på frågeställning 2) och undersökningarna mellan 15-29 söker svar på frågeställning 1). Fråga två introduceras först eftersom den leder in läsaren på huvudfrågan 1).

I följande tabeller finns undersökningarna som användes i studien. De 14 första undersökningarna i tabellen är ACL-UFU (utsättningsfria undersökningar), vilket betyder att den preventiva effekten av programmet för icke-kontakt ACL-skada inte nämns. Men programmen förbättrar egenskaper hos idrottaren som förknippas med ACL-skada risker. Undersökningarna 15-29 kallas för ACL-UBU (utsättnings-baserade undersökningar) som redovisar effekten av prevention av icke-kontakt ACL-skada genom resultaten efter de olika programmen. Efter tabell-delen presenteras de inkluderade undersökningarnas resultat genom att redovisa de olika träningsformernas framgång.

Tabell. 7 Undersökningar

Studie	Författare/ År	Tränings grupp/ Studie struktur	Mål med studien	Längden och tidpunkt av programmet	Träningsformer/Annat	Resultat/Observation	Studie svagheter/ begränsningar
1	Myer et al. 2005	53 Kvinnliga gymnasienivå fotboll, basket och volleyboll spelare(41 test och 12 i kontroll gruppen). Ålder 15-16 år.Pre-post prov. Prospektiv kohort studie.	Förbättra muskelaktiverings obalans och muskelstyrka. Förbättra, vertikal hopp och snabbhet. Samt landnings biomekanik i frontalplanet och sagittalplanet	6-veckors försäsong program, 3 ggr/vecka, 90 min /träning.	Styrketräning: JA Plyometric: JA (Flera plan) Agility/Sprint: JA (Endast i form av sprint) Balans: JA Flexibilitet: JA (Okontrollerade) Biomekanisk feedback både under och efter varje träning.	Test grupp: Ökad huk, bänkpresa, ett ben hopp avstånd, vertikal hopp, sprint hastighet, flexion vinkel vid landning av hopp, och minskad knä valgus och varus belastning/Omfattande träningsprogram som visade flera fördelar för unga kvinnliga idrottare.	Undersökningen hade inte post-säsong utvärderingsprov.
2	Herman et al. 2008	66 kvinnliga (33 kontroll, 33 test) som deltog i basket, fotboll eller volleyboll 1-3 gånger per vecka. Ålder 18-30 år.Pre-post prov. Prospektiv kohort studie.	Effekterna av styrketräning på nedre extremiteternas biomekanik hos kvinnliga fritidsmotionärer under en hopp rörelse.	9-veckan 3 ggr/vecka, 45 minuter per session.	Styrketräning: JA (Isolerande) Plyometrics: NEJ Agility/Sprint: NEJ Balans: NEJ Flexibilitet: JA (Okontrollerade) / Ingenting nämndes om feedback.	Test grupp: Träning ökade styrkan i enskilda muskelgrupper men förbättrade inte landnings biomekaniken/Träningsprogram med endast isolerande styrketräning förbättrar inte nedre extremitet biomekanik.	Endast isolerande styrketräning.



3	Hewett et al. 1996	11 kvinnliga gymnasienivå volleyboll spelare (testgrupp) 11 friska manliga volleybollspelare(kontrollgrupp). Ålder ca. 15 år. Pre-post prov. Kohort studie.	Minska landningskrafter genom att lära neuromuskulär kontroll av nedre extremiteterna vid landning och öka vertikal hopp höjd.	6 veckors försäsong program, 3 ggr/vecka, ca 120 minuter per session.	Styrketräning: JA Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: NEJ Balans: JA (Indirekt via plyometrics) Flexibilitet: JA /Användes Sportsmetrics program. Omfattande biomekanisk feedback från instruktören både under och efter varje träning.	Test grupp: Minskade maximal landnings markreaktions krafter, knä adduktion/abduktions rörelse minskade, H:Q maximal vridmoment ökade 26% på icke-dominanta sidan, 13% på den dominanta sidan: som hjälpte korrigera sida till sida obalanser. Hamstring kraft ökade 44% på dominanta sidan, 21% på icke-dominanta. Vertikal hopp höjd öka/Omfattande plyometrics kombinerade med styrketräning och flexibilitet förbättrar nedre extremitet biomekanik.	Kan önskas vara kortare. Undersökningen hade inte post-säsong utvärderingsprov.
4	Noyes et al. 2012	57 kvinnliga gymnasienivå basketspelare (endast test grupp). Ålder 14-17 år. Pre-post prov. Kohort studie.	Förbättra nedre extremiteternas position i landning av ett hopp; mindre valgus belastning. Förbättra uppskattade maximala aeroba effekt (VO2max), öka vertikal hopp höjd och förbättra	6-veckors försäsong program, 3 ggr/veckan, 90-120 minuter per session.	Styrketräning: JA Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: JA (Sport specifikt och innehöll aerobisk träning) Balans: JA (Indirekt via plyometrics träning) Flexibilitet: JA	Test grupp: Märkvärdig ökning i indirekta VO2max och i den gemomsnittliga knä separationsavståndet, vilket tyder på minskad valgus belastning i landning. Ökad vertikal hopp, men ingen förbättring i sprint test/ Omfattande träningsprogram som visade	Brist på kontrollgrupp begränsar möjligheten för konkretare slutsats. Undersökningen hade inte post-säsong utvärderingsprov.

			sprint hastighet.		/ Användes Sportsmetrics program. Brist på kontrollgrupp begränsar möjligheten för konkretare slutsatser. Ingen post-season testning.	flera fördelar för unga kvinnliga basketspelare.	
5	Lephart et al. 2005	27 kvinnliga basket -och fotbollspelare (2 test grupper) Ålder 14-16 år. Pre - post prov. Slumpmässig studie.	Förstärka knäets stabilitet genom att förbättra bristfälliga neuromuskulära och biomekaniska mekanismer hos unga kvinnliga idrottare.	8 veckor, 3 ggr/vecka, 30 minuter per session.	Styrketräning: JA Plyometrics: JA (Endast för grupp 2, flera plan) Agility/Sprint: JA (Endast agility) Balans: JA Flexibilitet: JA/ Träningsdagbog, muntlig beskrivning och demonstrations CD:n för alla deltagare i undersökningen. Möten hölls varannan månad för feedback.	Test grupp: Båda grupperna förbättra tid till max flexion. Största EMG av gluteus medius under förberedande och aktiva fasen var betydligt större för båda grupper. Bättre landning i båda grupper med mer höft/knä flexion. Ingen signifikant förbättring i landnings markreaktionskraften/Grundläggande träningsprogram som visade flera fördelar för unga kvinnliga basket och fotbollspelare.	Brist på kontrollgruppen begränsar konkret slutsats. Uppfyllelsen av träning var okänd. Undersökningen hade inte post-säsong utvärderingsprov.
6	Paterno et al 2004	41 kvinnliga gymnasienivå volleyboll, fotboll och basketspelare (endast test grupp). Åldern 13-17 år. Pre-post prov. Kohort	Förbättra nedre extremiteternas dynamiska stabilitet i frontal-och sagittalplanet hos	Försäsong, 6 veckors 3 gånger per vecka, 90 minuter per session.	Styrketräning: NEJ Plyometrics: JA (Största fokuset på sagittalplanet) Agility/Sprint: NEJ	Test grupp: Deltagarna visade signifikant förbättring i båda nedre extremiteternas totala dynamiska stabilitet och sagittalplan	Brist på kontrollgrupp begränsar konkret slutsats. Undersökningen

		studie.	unga kvinnliga idrottare med hjälp av balans träning.		Balans: JA Flexibilitet: JA / Omfattande biomekanisk feedback från instruktören både under och efter varje träning.	stabilitet, men inte i frontalplan stabilitet/Balans visa fördelar för förbättring av proprioception i preventiva program.	
7	Vescovi et al. 2008	20 kvinnliga fritids basketspelare (10 test, 10 kontroll grupp). Åldern 20 – 21 år. Pre-post prov.Kohort studie.	Undersöka effekterna av enbart en plyometrics-program på landnings markreaktionskraft samt hopp egenskaper.	6 veckor, 3 gånger i veckan, 45-60 minuter före träningen.	Styrketräning: NEJ Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: NEJ Balans: JA (Men endast inblandat i plyometrics träningen) Flexibilitet: JA (Okontrollerade) / Använde enbart plyometrics delen från Sportsmetrics. Biomekanisk feedback under och efter varje träning.	Test grupp: Landnings mark reaktionskrafter minskade men inte signifikant. Det var nästan ingen förändring i vertikala hopp höjd i grupperna/Detta tyder på att program som syftar till att också förbättra hopp prestation måste utformas annorlunda för unga kvinnliga idrottare.	Liten test grupp.
8	Chimera et al. 2004	18 kvinnliga fotboll och landshockey spelare (9 test, 9 kontroll grupp). Ålder 18-22 år. Pre-post prov. Slumpmässig kohort studie.	Förbättra obalans i samtidig muskel aktivering med sport specifika övningar. Öka vertical-hopp höjd.	I säsongen, 6 veckor, 3 ggr/vecka, 20-30 min per session.	Styrketräning: JA (Okontrollerade) Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: JA (Okontrollerade) Balans: NEJ	Test grupp: EMG visa signifikant ökning i förberedande aktivering av höftens adduktorer; öka adduktion -abduktions muskel co-aktivering. En trend mot större H:Q	Liten test grupp. Undersökningen hade inte post-säsong utvärderingsprov.

					Flexibilitet: JA (Okontrollerade) / Omfattande biomekanisk feedback från instruktören under träning.	muskel co-aktivering. Liten ökning i vertikal hopp/Ökad förberedande höft aktivering och muskel co-aktivering i höftet och låren visar fördelarna från plyometrics.	
9	Holcomb et al. 2007	12 kvinnliga universitetsnivå fotbollsspelare år (endast test grupp) ca 20 år. Pre-Post prov. Prospektiv kohort studie.	Utvärdera H:Q förhållanden hos kvinnliga hög nivå idrottare, och testade effekterna av ett modifierat styrketränningsprogram.	Försäsong, 6 veckor, 2 ggr/vecka, ca.10 min extra till vanliga styrketränningsprogrammets längd.	Styrketräning: JA Plyometrics: NEJ Agility/Sprint: JA (Använde eget idrotts specifika program) Balans: NEJ Flexibilitet: JA (Okontrollerade) / Idrottarna lärde styrketrännings rörelserna före programmet börja. Efter det hade coachen ansvaret för feedback.	Test grupp: En signifikant ökning i det funktionella H:Q förhållandet. Den genomsnittliga funktionella förhållandet ökade från 0,96 pre-test till 1,08 i post-test/Dessa resultat antyder att 6 veckors styrketränningsprogram som betonar hamstrings är tillräcklig för att signifikant öka det funktionella förhållandet.	Liten test grupp. Undersökningen hade inte post-säsong utvärderingsprov. Brist på kontrollgrupp.
10	Lim et al. 2009	22 kvinnliga gymnasie-nivå basketspelare i åldern 15-17 år (11 test, 11 kontroll grupp. Pre-post prov. Prospektiv kohort studie.	Förbättra muskelstyrka och flexibilitet, knä flexion och distans mellan knäna i landning av ett hopp. Förbättra H: Q-förhållanden.	I säsongen, 8 veckor 3-4 ggr/vecka, 20 minuter före träningen.	Styrketräning: JA Plyometrics: JA Agility/Sprint: JA (Endast agility) Balans: NEJ Flexibilitet: JA Använde SIPTP - program. Omfattande	Test grupp: Högre knä flexion och större avstånd mellan knäna i landningen av hopp, vilket enligt författarna ökad flexibilitet. Förbättring i H:Q-förhållanden och lägre maximal knä extensions vridmoment/Omfattande	Liten test grupp. Undersökningen hade inte post-säsong prov. Författarna tilläggde att idrottarnas tillfredsställelse från träningen togs inte upp.

					biomekanisk feedback från coachen både under och efter varje träning. Coachen ansvarar för träningen. Uppföljning varannan vecka.	och tidsparasande 20 minuters uppvärmnings träningsprogram visa flera fördelar för unga kvinnliga basketspelare.	
11	Irmischer et al. 2004	28 kvinnliga universitets fritidsmotionärer (14 kontroll, 14 test) som deltog i aerob träning minst 3xvecka, medelålder 24 år/ test-och kontroll grupp, pre-post prov. prospektiv kohort studie.	Minska på landings markreaktions krafter (Fp) och öka hastighet av kraft utveckling (RFD) via plyometrics	I-säsong, 9-veckan 2 ggr/vecka, 20 minuter per session.	Styrketräning: NEJ Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: NEJ Balans: NEJ Flexibilitet: JA (Okontrollerade) /Användes KLIP-program. Biomekanisk feedback från coachen under och efter varje träning.	Test grupp: Betydande minskningar i landningsmarkreaktionskraft och minskade RFD tid för test gruppen/Undersökningen visa att 9 veckors KLIP träning förändrade landnings mekanismer hos kvinnliga fritidsmotionärer med att sänka Fp och RFD tid.	Undersökningen hade inte post-säsong utvärderingsprov.
12	Vescoviet al.2010	58 (28 kontroll, 31 test) kvinnliga fotbollsspelare från 4 lag randomiserades till en test (31) eller kontroll (28) grupp, åldern 13-18 år/ test- och kontroll grupp, pre-post prov. Systematiskt slumpmässig kohort studie.	Undersöka effekterna av PEP-programmet på prestationsförmågan hos unga kvinnliga fotbollsspelare.	I säsong, 12 veckor, 3 ggr/vecka, 20 minuter per session.	Styrketräning: NEJ Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: JA (Endast agility) Balans: NEJ Flexibilitet: JA / Använde PEP-program. Omfattande	Test grupp: Inga signifikanta resultat för 27,3 och 36,6 m sprint tider efter 12 veckor. Inga förändringar för 9,1 eller 18,2 m sprint tider i någon av grupperna. Ingen förändring i CMJ höjd för PEP gruppen. Prestationsförmågan på båda agility	Undersökningen hade inte post-säsong utvärderingsprov.

					biomekanisk feedback från instruktören både under och efter varje träning.	testerna minskade i båda grupperna/ Resultaten visar att förbättringar i linjär sprint prestationsförmåga var små hos unga kvinnliga fotbollsspelare, och att det inte fanns någon nytta av PEP-programmet på CMJ eller agility prestationsförmåga.	
13	Noyes et al. 2011	34 kvinno volleyboll idrottare i åldern 14-15 år (ingen kontroll grupp)/ singel grupp, pre-post prov. Randomiserade systematiskt slumpmässig.	Öka knä avståndet vid mark kontakt av ett drop-hopp. Öka bål styrka, uppskattade VO2max och vertikal hopp.	Försäsong, 6 veckors program, 3 ggr/vecka, 90-120 minuter per session.	Styrketräning: JA Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: JA Balans: JA (Indirekt via plyometrics träning) Flexibilitet: JA / Använde Sportsmetrics program. Omfattande biomekanisk feedback från instruktören både under och efter varje träning.	Test grupp: Signifikanta ökning i knä avståndet vid mark kontakt av ett drop-hopp. Ökade bål styrka, förbättrad uppskattade VO2max och vertikal hopp höjd/ Sportsmetrics träningsprogrammet visa framgångsrika resultat och kan möjligtvis implementeras till gymnasienivå kvinnliga volleyboll spelare	Ingen kontroll grupp, Undersökningen hade inte post-säsong utvärderingsprov.

14	Myer et al. 2006	18 gymnasie kvinnliga volleyboll idrottare i åldern 15-16 år (Test grupp nr 1: 8 st, test grupp nr 2:10 st – Ingen kontroll grupp) Test grupp, pre-post prov. Systematiskt slumpmässig studie.	Att jämföra biomekaniska effekter på knäledet och höftledet av plyometric och balansträning då de utnyttjas separat hos unga kvinnliga idrottare	Försäsong, 7 veckors program, 2-3 ggr/vecka, ca 90 minuter per session.	Styrketräning: NEJ Plyometrics: JA (Första test gruppen, flera plan) Agility/Sprint: NEJ Balans: JA (Andra test gruppen) Flexibilitet: NEJ /Användes plyometrics-träningen från ett Sports-metrics program.	Under drop hopp testet och ett bens landings testet minskade både plyometrics- och balans-träningen knä abduction och höft adduktion egenskaper. Plyometric träning ökade maximal knä flexion vid drop hoppet, medan balansträning ökade maximal knäflexion under ett bens landing/En minskning i ACL skaderisk genom ändringar i knä och höft biomekanik kan möjligtvis ske effektivare genom tillämpning av dynamisk balans träning egenskaper med plyometrics träning.	Små test grupper. Undersökningen hade inte post-säsong utvärderingsprov.
15	Hewett et al. 1999	Tre undersökningsgrupper i gymnasie basket, volleyboll och fotbollslag; kvinno test gruppen 15 lag(366), 15 otränade kvinnliga lag (463) och en manlig kontrollgrupp 13 lag (434) Prospektiv kohort studie.	Undersöka effekten av neuromuskulär träning och dess påverkan på knä skador hos kvinnliga idrottare.	Försäsong, 6 veckor. 3 ggr/veckan, 60-90 min/träning.	Styrketräning: JA Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: JA (Endast agility) Balans: JA (Indirekt via plyometrics) Flexibilitet: JA / Använde Sport-metrics-program.	Kvinno kontroll gruppen 8 icke kontak ACL skador och en i den manliga kontroll gruppen. Inga icke kontakt ACL skador i test gruppen.	Coacherna fick själv välja vem som skulle tränas och vem inte. Test gruppen innehöll fler volleyboll spelare än i andra grupper, som kan ha minskat på skado antalet.

					Skadostatistik insamlades tydligt och coacherna skolades för testgruppens träning som t.ex. hopp- teknik.		
<b>16</b>	Mandel- del- baum et al. 2005	År 2000 innehöll test gruppen 52 kvinnliga fotbollslag(1041) och kontrollgrupp 95 lag(1905). År 2001 deltog 45 lag (844) i testgruppen och 112 lag (1913) i kontroll gruppen. Alla deltagare var 14-18 år. Kohort studie.	Om ett uppvärmings program är ett effektivt neuromuskulärt uppvärmings program för unga kvinnliga fotbollsspelare.	Hela säsongen, 3 ggr/veckan, 20 min/träning.	Styrketräning: JA Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: JA (Endast agility) Balans: NEJ Flexibilitet: JA / Använde PEP-program. Skadostatistik insamlades, coacherna skolades för testgruppens träning.	År 2000 uppkom 2 icke kontakt ACL skador för testgruppen och 32 för kontrollgruppen. År 2001 uppkom 4 i testgruppen och 35 i kontrollgruppen.	Klargörs inte hur ofta testgruppen tränade PEP-programet. En mindre grupp år 2001 eftersom en del av deltagaren föll bort då fyllt 19 år.
<b>17</b>	Olsen et al. 2005	Handbollsspelare i åldern 15-17; testgrupp 958 spelare(808 kvinnor och 150 män) kontrollgrupp; 879 spelare (778 kvinnor & 101 män) Stratifierad systematisk slumpmässig studie.	Undersöka effekten av ett neuromuskulärt uppvärmnings program för att minska förekomsten av knä och fotleds skador hos idrottande ungdomar.	Varade i 8 månader. De första 15 gångerna på varje träning, sedan 1 gång/ vecka, 20-25 min/träning.	Styrketräning: JA Plyometrics: JA (Endast i sagittalplanet) Agility/Sprint: JA Balans: JA Flexibilitet: JA /Använde balans bredden för balansträningen.	Knä skador 25 test och 44 kontrollgrupp. Akuta knä skador test 19 och 38 i kontrollgrupp.	Skiljer inte på ACL skada. Alla knä/fotleds skador i samma procent.



18	Gilchrist et al. 2008	Kvinnliga fotbollslag, kontroll gruppen innehöll 35 lag (852) och testgruppen 26 lag (583). Medelåldern 19,88. Systematisk slumpmässig studie.	Undersökte effekten av ett neuromuskulärt uppvärmningsprogram kan minska på icke kontakt ACL skada.	12 veckor i höst säsongen. 3ggr/vecka 20 min/träning.	Styrketräning: JA Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: JA (Endast agility) Balans: NEJ Flexibilitet: JA / Skadostatistik insamlades tydligt.	2 icke kontakt ACL skador i test 10 i kontroll gruppen.	
19	Caraffa et al. 1996	Manliga semi professionella fotbolls spelare i samma ålder, 300 test och 300 i kontroll gruppen) Prospektiv kohort studie.	Undersökte den preventiva effekten av ett neuromuskulärt träning på fyra olika balansbredden där träningen innehöll fem svårighetsgrader.	3 säsonger. Försäsong för 30 dagar. 20 min/träning.	Styrketräning: NEJ Plyometrics: NEJ Agility/Sprint: NEJ Balans: JA Flexibilitet: JA /Balans övningarna gjordes på fyra olika balans bredden. Alla spelade på gräsplan och använde liknande fotbolls skor.	10 ACL skador i testgruppen och 70 ACL i kontroll gruppen.	Inga kvinnor. Otydligt hur ofta programmet användes. Nämnde inte icke kontakt ACL skador.
20	Petersen et al. 2005	Testgruppen; 10 kvinnliga handbollslag(134). Kontrollgruppen; 10 lag(142). Prospektiv kohort studie.	Undersökte effekten av ett neuromuskulärt preventivt program för kvinnliga europeiska handbollslag.	8 veckor försäsong, 3 ggr/ veckan, 10 min/träning. Under tävlings period 1ggr/veckan.	Styrketräning: NEJ Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: NEJ Balans: JA Flexibilitet: NEJ /Balans övningarna gjordes med olika balans bredden. Plyometrics övning-	5 icke- kontakt ACL skador i kontroll och en kontakt ACL skada i testgruppen.	Inte slumpmässig studie och hade få skador i båda grupperna. Resultaten bär därför inte statistisk kraft.

					ar på mjuka och hårda madrasser. Hade sex faser av träning. Efter fas 3 var träningen. Tydlig insamling av skador.cirkelträning, 30 sekunder/station		
<b>21</b>	Pfeiffer et al. 2006	15 gymnasier, 112 lag. 1439 kvinnliga idrottare(fotboll, basket, volleyboll) skolorna delades i test grupp(577 elever) kontroll grupp(862). Prospektiv kohort studie.	Undersökte effekten av ett ACL preventivt träningsprogram för unga kvinnliga basket och fotbolls spelare i gymnasier.	Två säsonger och tränade 2 ggr/veckan veckan, 20 min/träning.	Styrketräning: NEJ Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: JA (Endast agility) Balans: NEJ Flexibilitet: NEJ / Använde KLIP program.	Icke-kontakt ACL-skador 3 i test grupp o 3 i kontroll grupp. Fem hände under basket och en under fotboll.	Kontroll/Testgruppen var inte jämnt delade mellan idrottsgrenarna. Hade endas 2 träningsformer.
<b>22</b>	Steffen et al. 2008	Testgrupp 59 kvinnliga fotbollslag(1091) i kontrollgruppen 54 lag(1001). Stratifierad systematisk slumpmässig studie.	Undersöka effekten ett neuromuskulär uppvärmnings program för att förminska på antalet skador bland unga flickfotbollsspelare.	2 mån försäsong + 8 månader inom säsongen. På 15 första träningar varje gång, sedan 1 ggr/ veckan inom säsongen, 15-20 min/träning.	Styrketräning: JA Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: JA (Endast sprint) Balans: JA Flexibilitet: NEJ / Använde ”11” - programmet.	5 ACL skador i kontroll och 4 i testgruppen.	Lite träning för en lång säsong och innehöll även en 7 veckors paus. Lite osäkert hur många som använde programmet.

23	Labb-Bella et al. 2011	1492 kvinnliga idrottare. 737 testgruppen och 755 kontroll gruppen. Stratifierad systematisk slumpmässig studie.	Undersöka effekten av ett neuromuskulärt uppvärmningsprogram för att förminska lägre extremitets skador hos kvinnliga idrottre.	En säsong, 20 minuter/träning.	Styrketräning: JA Plyometrics: JA Agility/Sprint: JA (Endast agility) Balans: JA Flexibilitet: NEJ / Coacher/idrottare fick en brochyr om träningen. Tydligt program.Bål stabilitets övningar.	Kontroll 6 och testgruppen 2 ACL skador.	Beskrev inte trängens utseende, hur många ggr den användes och om ACL skadorna är kontakt skador eller inte.
24	Soligard et al. 2008	I testgruppen 65 fotbollslag(1055) och 60 lag i kontrollgruppen(837). Åldern 13-17 år. Stratifierad systematisk slumpmässig studie.	Undersökte effekten av ett mångsidigt neuromuskulärt uppvärmningsprogram för att förminska risken av knäskador hos unga kvinnliga fotbollsspelare.	8 månader, minst 2 ggr/ veckan, 20 min/träning.	Styrketräning: JA Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: JA Balans: JA Flexibilitet: JA / Coacherna + testgruppen blev skolade för rörelserna. Insamlingen av skadostatistik var tydlig. Programmet hade bl.a . utvecklas från PEP-programmet.	Kontroll 6 och testgruppen 2 ACL-skador.	33 knä skador i testgruppen och 47 i kontrollgruppen.

25	Kiani et al. 2010	Unga kvinnliga fotbollslag 777 i testgruppen och 729 i kontrollgruppen i åldern 13-19 år. Stratifierat urval.	Försökte minska antalet knäskador bland unga kvinnliga fotbollsspelare med hjälp av ett neuromuskulärt uppvärmningsprogram.	8 månader, 1 ggr/vecka och 12 veckor försäsong träning 2 ggr/vecka, 20 min/träning.	Styrketräning: JA Plyometrics: JA (Kombinerades med balans) Agility/Sprint: JA (Endast agility) Balans: JA Flexibilitet: JA / Plyometrics-träning kombinerades med balansträning. Coacherna och idrottarna skolades samt tydlig skadostatistik data samlades inte in om de som skadade sig spelade mera i matcher/träningar än de som inte skadade sig.	3 ACL skador i kontroll och inga i testgruppen. 5 ACL skador förekom efter undersökningen kontrollgruppen. Riske av icke kontakt skada var 90% lägre i testgruppen.	Skiljer inte mellan icke-kontakt och kontakt ACL-skador.
26	Coppack et al. 2011	Kvinnor och män från rekrytutbildningen i Storbritanniens armé. I test 759 och 743 i kontrollgruppen. Medelåldern 19,7 år. Dubbelblind statifierad systematiskt slumpmässig studie.	Undersöka effekten av ett neuromuskulärt uppvärmnings träningsprogram för främre knä smärta.	Under 14 veckor, 7 ggr/ veckan, 15 min/träning.	Styrketräning: JA Plyometrics: NEJ Agility/Sprint: NEJ Balans: NEJ Flexibilitet: JA	36 främre knä smärta i kontroll och 10 i testgruppen. Ingen skillnad på antalet skador bland män och kvinnor.	Nämner inte ACL

27	Pasanen et al. 2008	Kvinnliga salibandy spelare medelålder 24 år. Test 14 lag(256), kontrollgrupp 14(201). Statifierad systematiskt slumpmässig studie.	Undersöka om ett neuromuskulärt uppvärmningsprogram är effektivt i prevention av icke kontakt skador i nedre extremitets hos kvinnliga innebandyspelare.	6 månader, 30 min/träning.	Styrketräning: JA Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: JA Balans: JA Flexibilitet: JA / Programmet innehöll även spring teknik o. kropps kontroll. Arbetade i par. Alla skador och match tider skrevs ner. Väldigt tydligt skrivet med program, reps + sets.	Testgruppen 6 ACL och 3 icke kontakt ACL. Kontroll 4 ACL och 3 icke kontakt ACL.	Otydligt hur ofta programmet användes. 43% av test lagen(sex lag) använde programmet regelbundet, 21 % slutade använda.
28	Waldén et al. 2012	Kvinnliga fotbollslag i 12-17 års åldern.121 lag i test (2479) och 109 lag i kontrollgrupp(2085). Statifierad systematiskt slumpmässig studie.	Undersöka effekten av ett neuromuskulär uppvärmningsprogram för att minska på antalet knä skador för unga kvinno- fotbollsspelare.	Under en säsong, 2ggr/vecka, 15 min/träning.	Styrketräning: JA Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: NEJ Balans: JA Flexibilitet: NEJ / Programmet innehöll även parövningar och stegvis svårare övningar.	7 i test och 14 i kontrollgruppen led av ACL skada. 4 icke kontakt ACL skador i test och 8 i kontrollgruppen. 23/68 skador skedd i mens fasen.	Programmet koncentrerade i stort sätt på att träna bålstabilitet och styrka.

29	Myklebust et al. 2003	Undersöktes under tre handbolls säsonger; kontroll säsong 1998-1999 (942), 1999-2000 1:a test-säsongen(855)2:a test säsongen 2000-2001(850). Prospektive kohort studie.	Undersöka effekten av ett neuromuskulärt uppvärmningsprogram för prevention av ACL skador hos kvinno- handbollsspelare.	3ggr/ veckan(i 5-7 veckor) och 1ggr/ veckan under säsong. Fem fasers vecko program varade i 15 min	Styrketräning: NEJ Plyometrics: JA (Flera plan) Agility/Sprint: JA (Endast agility inblandat med plyometrics) Balans: JA Flexibilitet: NEJ /Balans brede användes. Guidnings video. De som spelade på elit nivå hade bättre resultat i prevention av ACL(mera träningar).	18 icke kontakt skador i kontroll och 7 i 2:a testgruppen. 23/68 skador skedd i mens fasen.	Är inte säkert om alla spelade på/med likadant plan, skor, tidigare knä skador osv.
----	-----------------------	---	---	--	---	---	---

## 8.1 Träningsformer

Det här kapitlet besvara på den 1) forskningsfrågan genom att introducera vilka träningsformer används i framgångsrika neuromuskulära program och hur de används i helhet. I undersökningarna uppkom fem träningsformer som användes mer eller mindre konstant, alla dessa fem träningsformer introduceras i detta kapitel. De relativt framgångsrika ACL-UFU och ACL-UBU program använde minst fyra av fem träningsformer i sitt träningsprogram (Hewett et al. 1996; Hewett et al. 1999; Myklebust et al. 2003; Mandelbaum et al. 2005; Set al. 2005; Myer et al. 2006; Pollard et al. 2006; Gilchrist et al. 2008; Vescovi et al. 2008; Lim et al. 2009; Kiani et al. 2010; LaBella et al. 2011; Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012).

### 8.1.1 Plyometrics träning

Plyometrics träning kan förstärka dynamiskt skydd för icke-kontakt ACL-skada genom att minska landnings markreaktions krafter, öka hastighet av kraft utveckling, förbättra aktiverings-mönster genom förbättrad teknik, öka balans sinnet genom förbättrad proprioception samt öka idrottarens uthållighet (Hewett et al. 1996; Hewett et al. 1999; Myklebust et al. 2003; Mandelbaum et al. 2005; Set al. 2005; Myer et al. 2006; Pollard et al. 2006; Gilchrist et al. 2008; Vescovi et al. 2008; Lim et al. 2009; Kiani et al. 2010; LaBella et al. 2011; Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012). Mångsidiga samt framgångsrika resultat inom prevention av ACL-skada har åstadkommit tack vare plyometrics träning och flesta framgångsrika ACL-UFU-program kombinerade plyometrics med en eller flera träningsformer (Hewett et al. 1996; Chimera et al. 2004; Paterno et al. 2004; Myer et al. 2005; Lim et al. 2009; Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012).

Fyra av studiens ACL-UFU program isolerar plyometrics övningar och kom till positiva neuromuskulära resultat (Chimera et al. 2004; Irmischer et al. 2004; Myer et al. 2006; Vescovi et al. 2008). Chimera et al. (2004) sex veckors plyometrics-program resulterade en betydande ökning i höftets adduktion – abduktion muskel-aktivering under den förberedande fasen inför landning av ett hopp, samt en trend mot samtidig aktivering av hamstrings – quadriceps muskelerna i förberedande landningsfasen hos unga kvinnliga fotbolls- och landhockey-spelare jämfört med endast styrketränings-gruppen. Irmischer et al. (2004) nio veckors plyometrics träning minskade på landnings-mark reaktions-

krafter och ökade på hastigheten av kraftutveckling hos kvinnliga universitets fritids-motionärer jämfört med kontrollgruppen. Nästan identiska resultat i minskandet av landnings-mark reaktionskrafter framkom i Vescovi et al. (2008) bland kvinnliga universitets fritids basketspelare med sex veckors träning jämfört med kontroll gruppen. Myer et al. (2006) hade en sex veckors plyometrics-träning som ökade maximal knä-flexion, samt minskade knä abduktion och höft adduktion i ett hopp test bland unga kvinnliga volleyboll spelare.

Tio av 13 ACL-UFU-programmen använde en tydlig intensitet-variation i plyometrics-övningarna samt hopp i flera plan; saggitalplan, frontalplan, samt i trasnversalplanet (Hewett et al.1996; Chimera et al. 2004; Myer et al.2005; Myer et al et al. 2006; Vescovi et al. 2008; Lim et al 2009; Vescovi et al.2010; Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012). Två av de ACL-UFU program som använde sig av plyometrics, men inte nådde fullständigt deras mål i att förbättra knäets biomekanik hade en låg volym av frontalplan träning (Paterno et al. 2004; Lephart et al.2005). Samma negativa fenomen förekom i Olsen et al. (2005) ACL-UBU program då plyometrics tränades endast i sagittalplanet, medan flera av de framgångsrikaste ACL-UBU preventiva träningsprogrammen innehöll plyometrics i flera plan (Hewett et al. 1999; Myklebust et al. 2003; Mandelbaum et al. 2005; Gilchrist et al. 2008; Kiani et al. 2010; Labella et al. 2011).

Programmen som innehöll plyometrics använde sig även av periodisering av intensiteten (svårighetsgrad) som t.ex. variera från dubbel ben-hopp till singel ben hopp (både i sagittal -och frontalplanet), vilket förbättra ben-dominans (Hewett et al.1996; Chimera et al. 2004; Myer et al.2005; Myer et al et al. 2006; Vescovi et al. 2008; Lim et al 2009; Vescovi et al.2010; Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012). Sex av de framgångsrika undersökningarna (ACL-UFU och ACL-UBU) använde 3-4 periodiserade ökningar av intensitet i deras plyometrics program (Hewett et al 1996; Hewett et al. 1999; Chimera et al. 2004; Myer et al. 2005; Myer et al.2006; Vescovi et al. 2008). ACL-UFU programmet av Myer et al. (2005) använde sig också av oförväntade insatser i sista fasen av plyometrics programmet. Myer et al. (2005) använde sig också av oförväntade insatser i sista fasen av plyometrics träningen så att de kunde höja säkerheten genom att förbereda idrottrana för mångsidiga oförväntade riktningssändringar (Myer et al. 2005).



Plyometrics träning fick mycket uppmärksamhet i form av omfattande teknik beskrivning och feedback i de flesta undersökningarna som presenterades i arbetet (Hewett et al. 1996; Hewett et al. 1999; Myklebust et al. 2003; Chimera et al. 2004; Paterno et al. 2004; Lephart et al. 2005; Mandelbaum et al. 2005; Myer et al. 2005; Myer et al. 2006; Vescovi et al. 2008; Lim et al. 2009; Kiani et al. 2010; Vescovi et al. 2010; Labella et al. 2011; Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012). I den framgångsrika ACL-UFU programmet av Hewett et al. (1996) och den framgångsrika ACL-UBU programmet av Hewett et al. (1999) förekom det positiva resultat via en feedback-metod där varje idrottare uppmuntrades att göra så många hopp som möjligt med rätt teknik. Då idrottarna blev trötta, uppmuntras de att sluta ifall de inte klarade av att utföra varje hopp med korrekt biomekanik. Idrottaren antecknade varaktigheten av övningen och antalet genomförda repetitioner. Målet för nästa träningspass var att fortsätta att förbättra tekniken, och samtidigt öka varaktighet, volym eller intensitet av övningen (Hewett et al. 1996; Hewett et al. 1999). Myklebust et al. (2003) använde träning med samarbetspartner för att ge kritisk feedback. Paren uppmuntrade varandra att fokusera på kvaliteten av hopp-övningarna (Myklebust et al. 2003).

Allt detta antyder att införandet av plyometrics träning som en del av preventiva protokoll med varierande multiplan träning, periodiserade intensitets-ökningar med konstant feedback är väsentligt för positiva effekter för att skydda en ung kvinnlig idrottare från icke-kontakt ACL-skada.

### **8.1.2 Styrketräning**

I de framgångsrikaste ACL-UFU och ACL-UBU-program förbättras bl.a; H:Q-förhållandet som minskar quadiceps dominans, obalans mellan benen samt ökar uthållighet med hjälp av styrketräning. De lyckades genom att förstärka muskler i posteriora kedjan, bålen och musklerna i nedre extremiteterna och andra synergist muskler i höftet som stöder knäledets biomekanik i snabba vändningar eller landningar av hopp (Hewett et al. 1996; Hewett et al. 1999; Mandelbaum et al. 2005; Lephart et al. 2005; Myer et al. 2005; Holcomb et al. 2007; Gilchrist et al. 2008; Kiani et al. 2010; Labella et al. 2011; Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012).

De framgångsrikaste ACL-UBU program för unga kvinnliga idrottare använde multi-leds och isolerande övningar i deras styrketränings-program (Hewett et al. 1999; Mandelbaum et al. 2005; Gilchrist et al. 2008; Kiani et al. 2010; LaBella et al. 2011).

Medan få av ACL-UFU programmen undersökte endast styrketräningens effekt för knäets biomekanik, ett av undantagen var Holcomb et al. (2007) programmet som resulterade i att det ”funktionella” H:Q förhållandet hos kvinnliga fotbollsspelare ökade när två till tre tilläggs styrketränings övningar (multi-led och isolerande) för baklåret tillsattes i styrketränings programmet. Vilket betyder att styrketräning med dynamiska multi-leds övningar kombinerade med isolerande övningar ger det bästa resultat för knäledets biomekanik (Holcomb et al. 2007). Lephart et al. (2005) bekräftar detta påstående i deras ACL-UFU program med multi-leds styrketräning kombinerat med isolerande övningar för kvinnliga basket och fotbollsspelare. Resultaten var att en signifikant ökning uppkom i maximal knä -och höft-flexion samt minskade tiden till maximal knä flexion under landning av ett hopp. Maximala elektromyografi (EMG) av gluteus medius strax före och under aktiva tidsperioden av hoppet var också betydligt större, som kan leda till förstärkad höft abduction i landning. Resultatet jämfördes med en annan undersökningsgrupp som använde samma styrketränings-program under lika lång tids-period med inkluderad plyometrics-träning under den femte veckan(av åtta). Grupperna hade ändå nästan identiska resultat vilket betyder att programmets framgång konstaterades vara tack till styrketränings övningarna.(Lephart et al.2005)

Herman et al. (2008) undersökte effekten av ett isolerande styrketränings (ACL-UFU)program för quadriceps, hamstring, gluteus maximus och medius musklerna. Testgruppen ökade markant styrka i alla tränade muskler, men inga signifikanta förbättringar noterades i knäledets biomekanik då hopp-utvärderingsprov utfördes före och efter styrketränings programmet. Herman et al. (2008) konstaterar att isolerande styrketräning inte ensam ändrar knä-och höft-biomekanik hos kvinnliga fritidsmotionärer.

De preventiva träningsprogrammen som inte använde styrketräning utan endast plyometrics var mindre framgångsrika. ACL-UFU programmet av Irmischer et al. (2004) sänkte landnings-markreaktions krafter och ökade kraft-hastighets-utvecklingen hos kvinnliga fritidsmotionärer i ett nio veckors plyometrics-program (KLIP-program). Men när samma program användes i ACL-UBU format under två säsonger för kvinnliga vol-

leyboll-, fotboll-och basketspelare fungera det mindre framgångsrikt, efterom testgruppen och kontrollgruppen hade lika många icke-kontakt ACL-skador (Pfeiffer et al. 2006). Enligt Pfeiffer et al. (2006) var bristen på styrketränings-programmet en orsak till resultaten.

Det är oklart om landnings-teknik hos idrottare förbättras mera genom nedre extremitets-kontroll eller nedre extremitetens kraft, t.ex. via vertikal hopp-höjd. Genom ACL-UFU program har förbättring i landnings-mark reaktionskrafter och knäets landnings biomekanik åstadkommit utan förbättringar i vertikal-hopp höjd (Irmischer et al. 2004; Pollard et al. 2006; Lim et al. 2009; Vescovi et al. 2010). Medan Sportsmetrics-program har åstadkommit förbättringar i landnings-biomekaniken och i vertikal hopp-höjd, genom ett mera omfattande styrketränings program (Hewett et al. 1996; Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012). Detta påvisas genom en undersökning av Vescovi et al. 2008 där endast plyometrics delen av Sportsmetrics-programmet användes för 20 unga kvinnliga basketspelare då landnings biomekanik förbättrades men inte i den vertikala-hopp-höjden. Styrketräningen i Sportsmetrics-program är mer omfattande än i Prevent injury Enhance Performance-program (PEP) eller liknande uppvärmnings-program eftersom den kräver att idrottarna har möjlighet till en 90-120 minuters träning på gym medan de korta 15-25 minuters uppvärmnings-programen prioriterar effektiv träning utan gym. Det är viktigt att påpeka att alla relativt framgångsrika ACL-UBU som använde PEP-program hade ca tre styrketränings-övningar med kroppsvikt och ändå nådde preventiva effekter för ACL-skador (Mandelbaum et al. 2005; Gilchrist et al. 2008; Kiani et al. 2010; LaBella et al. 2011). Fastän Sportsmetrics når högre nedre extremitets-kraft via deras styrketräning i ACL-UFU program (Hewett et al. 1996; Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012), så det är inte klart om en ung kvinnlig idrottare når tydligt större preventiv effekt via en ökad vertikal-hopp höjd. Men det som är säkert är att styrketräning både multi-led och isolerande övningar med passlig intensitet och volym är ytterst viktigt för skyddet av ACL (Hewett et al. 1996; Mandelbaum et al. 2005; Gilchrist et al. 2008; Kiani et al. 2010; LaBella et al. 2011).

### **8.1.3 Balans**

Endast en av ACL-UFU programmen prioriterade balans träning och deltagarna visade en signifikant förbättring i nedre extremiteternas totala stabilitet och sagittal planets sta-

bilitet, men inte i frontalplan stabilitet (Paterno et al. 2004). Caraffa et al. (1996) undersökte effekten av balans-brädes övningar för icke-kontakt ACL-skador hos manliga fotbollsspelare och de som deltog i träningen före säsongen hade betydligt färre knäskador (inte direkt ACL). Därefter undersökte Myklebust et al. (2003) effekterna av en mer omfattande dynamiskt preventiv träningsprogram för kvinnliga idrottare genom att kombinera Caraffa et al. (1996) balans-bräde program med tekniker från Hewett et al. (1999) programmet genom att fokusera på att öka medvetenheten av knäledets kontroll under vändningar, hopp och landningar, och det minska förekomsten av icke-kontakt ACL-skador hos kvinnliga elit-handbollsspelare under två säsonger. (Myklebust et al. 2003)

Endast simpel balansträning är antagligen inte tillräcklig för att stabilisera knäet och därmed arbeta preventivt mot icke-kontakt ACL-skada för unga kvinnliga idrottare. Men en kombination med andra neuromuskulära tränings former kan leda till förbättrad biomekanik och minskad mängd av ACL-skador (Hewett et al. 1996; Chimera et al. 2004; Paterno et al.2004; Myer et al 2005; Noyes et al.2011; Noyes et al. 2012). Det mycket framgångsrika ACL-UBU programmet av Hewett et al. (1999) använde funktionell balansträning i samband med plyometrics-träning t.ex. singel ben hopp och landning med ett ben. Liknande kombinationer av plyometrics och balansträning har även användts i andra relativt framgångsrika ACL-UBU program (Kiani et al. 2010, LaBella et al. 2011) och Mandelbaum et al. (2005) och Gilricht et al. (2008) använde sig av originella PEP-program, som inte direkt innehåller balans som en träningsform, men plyometrics träning åstadkommer oerhört liknande neuromuskulära adaptationer som balans-träning eftersom flerplans plyometric träning innehåller åtminstone indirekt preventiv balansträning (Myer et al. 2006). Myer et al. (2006) påvisade att ACL skyddas effektivare då vissa plyometrics-övningar inom programmet görs mera balans krävande, t.ex. genom att hoppa och landa på en fot och därefter hålla ställningen. Balans träning via plyometrics träning sparar även på tid och kräver inte extra apparatur, såsom balansbräde. Detta påvisas i resultaten från de flesta framgångsrika ACL-UBU stöder användning av funktionell balansträning genom att implementera det inom plyometrics-träning i preventiva träningsprogram för icke-kontakt ACL-skador hos unga kvinnliga idrottare (Hewett et al. 1999; Mandelbaum et al. 2005; Gilricht et al. 2008; Kiani et al. 2010; Labella et al. 2011).

#### 8.1.4 Agility/Sprint

Effekterna av hastighets förbättring är hittills okänd för prevention av icke-kontakt ACL-skador. Eftersom de relativt framgångsrika ACL-UFU och ACL-UBU programmen kombinerade agility och/eller snabbhetsträning med andra träningsformer verkar det inte finnas bevis som strider emot tillägg av agility och snabbhets träning i preventiva program (Hewett et al.1996; Hewett et al. 1999; Myklebust et al. 2003; Chimera et al. 2004; Lephart et al. 2005; Mandelbaum et al. 2005; Myer et al.2005; Gilchrist et al. 2008; Lim et al 2009; Kiani et al. 2010; Labella et al. 2011; Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012).

Endast en studie har undersökt PEP-programmets inverkan på prestationsförmågan av agility, sprint och hopphöjd (Vescovi et al. 2010). PEP-programmet misslyckades med att förbättra prestationsförmåga på båda agility testen och ett sprint test som användes i studien. Vescovi et al. (2010) spekulerade att det sker för att agility övningarna i testerna var mera krävande jämfört med kraven i PEP-programmets agility övningar. Högst 90° vinklar användes vid riktningsbyten i PEP-programmet medan de två agility testen som används i studien innehöll skarpa 180° riktningsändringar. Vescovi et al. (2010) påpekar även att PEP-programmet kräver att övningarna utföras vid låga hastigheter, vilket minimerar den neuromuskulära stimuleringen till skillnad på vad t.ex.en fotbollsspelare kan utsättas för under en match.

Endast i Myer et al. (2005) ACL-UFU program förbättrade sprint tider signifikant genom användningen av gummiband med olika motstånd i starten av sprinten kombinerat med motståndsfri spurt träning. Alla andra undersökningar som använde sig av sprinttest i slutet av programmet åstadkom endast minimala förändringar eller inga alls (Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012). Betydliga ökningar i snabbhet har varit svårt att åstadkomma via ACL-UFU program, men tydliga aeroba konditions-höjande effekter har framträdit (Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012). Sportmetrics programmen är de enda som åstadkom signifikanta förbättringar i indirekt V02 max genom sportspecifika agility/sprint övningar. Förbättrad kondition höjer tiden till trötthet som i sin tur kan skydda från ACL-skado mekanismer (Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012).

### **8.1.5 Flexibilitet**

Endast flexibilitet som en skyddande träningsform för ACL har inte undersökts. Men de relativt framgångsrika ACL-UFU och ACL-UBU program men använde kontrollerade eller okontrollerade flexibilitets övningar (Hewett et al.1996; Hewett et al. 1999; Myklebust et al. 2003; Chimera et al. 2004; Lephart et al. 2005; Mandelbaum et al. 2005; Myer et al.2005; Gilchrist et al. 2008; Lim et al 2009; Kiani et al. 2010; Labella et al. 2011; Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012). Orsaken till flexibilitets-övningar förklaras sällan men oftast var det för att undvika styvhet, specifikt i quadriceps-muskelgruppen. (Hewett et al. 1999; Myklebust et al. 2003; Mandelbaum et al 2005). I en av undersökningarna (Kiani et al. 2010) gjordes flexibilitets-övningar ifall idrottaren hade en begränsad rörelsebana. Coppack et al. (2011) undersökte musklernas styvhet kring knäet och dess påverkan på knäets hälsa. Fast undersökningen inte omfattar direkt muskelstyvhets påverkan på ACL, så gav det positiva resultat för främre knäsmärta. Att träna lätt styrketräning med egen kroppsvikt i kombination med 20 sekunders tånjningar för alla stora muskel grupper varje dag minskade signifikant främre knä smärta i test gruppen under 14 veckor (Coppack et al. 2011).

## **8.2 Uppbyggnaden på träningsprogram**

Kapitlet besvara på den 2) forskningsfrågan genom att introducera hur framgångsrika neuromuskulära program är uppbyggda för att inse hur lyckade resultat uppnås inom prevention av icke-kontakt ACL-skada. Av alla relativt framgångsrika ACL-UFU och ACL-UBU program använde fyra stycken Sportsmetrics-träningsprogram (Hewett et al.1996; Hewett et al. 1999; Noyes et al.2011; Noyes et al. 2012) och tre PEP-träningsprogram (Mandelbaum et al. 2005; Gilricht et al. 2008) och en av undersökningarna använde Sportsmetrics-träningsprograms format som primär inspirationskälla (Myer et al.2005) och fyra använde PEP-program format som primär inspirationskälla (Myklebust et al. 2003; Lim et al.2009; Kiani et al. 2010; LaBella et al. 2011).

### **8.2.1 Sportmetrics-programmets framgång och struktur**

Sportsmetrics-programmet är ett ca 90 minuters försäsong program, som oftast har en sportspecifik plyometrics och agility/sprint träning. Programmet består oftast av en dy-

namisk uppvärmning med ca fem övningar, plyometrics träning med ca tio övningar i flera plan, hela kroppens styrketräning med ca 10-15 övningar (multi-led och isole-rande), agility/sprint träning med tyngden på kordination, reaktionstid och kardiovasku-lär förbättring med ca 15 sportspecifika övningar, samt ca tio minuter strekning i slutet av träningen (Hewett et al.1996; Hewett et al. 1999; Myer et al. 2005; Noyes et al.2011; Noyes et al. 2012).

Sportsmetrics har använts bara i ett ACL-UBU-program. Hewett et al. (1999) pro-grammet är den första framgångsrika i sin kategori vilken är en av de mest framgångs-rika ACL-UBU program i samband med PEP-programmet av Mandelbaum et al. (2005). ACL-UBU-programmet av Hewett et al. (1999) baserar sig exakt på Hewett et al. (1996) ACL-UFU Sportsmetrics-program. Programmet av Hewett et al. (1999) var sex veckor långt och användes strax före säsongen. Inte en enda icke-kontakt ACL-skada rapporterades i den kvinnliga test gruppen efter en säsong, jämfört med den kvinnliga och manliga kontrollgruppen där åtta icke-kontakt ACL-skador rapporterades (Hewett et al. 1999).

### **8.2.2 PEP-program framgång och struktur**

PEP-program eller nästan identiska uppvärmningsprogram varar i ca 15-25 minuter (Myklebust et al. 2003; Mandelbaum et al. 2005; Gilricht et al. 2008; Kiani et al.2010; LaBella et al. 2011). Programmen varierar en aning men består av ca tre löpnings övningar, fem flexibilitets övningar, tre styrketränings övningar (med kroppsvikt som motstånd) fem plyometrics övningar i flera plan, samt tre agility övningar (Mandelbaum et al. 2005; Gilricht et al. 2008; Lim. et al 2009; Kiani et al.2010; Vescovi et al. 2010; LaBella et al. 2011). I de relativt framgångsrika PEP-programmen (Mandelbaum et al. 2005; Gilricht et al. 2008; Lim. et al 2009; Kiani et al.2010; Vescovi et al. 2010; La-Bella et al. 2011) användes inte direkta balans övningar (utom i Myklebust et al. 2003) eftersom det kräver oftast redskap, men plyometrics och en del styrketränings övningar tränade indirekt balansen på idrottarna. PEP-programmen modifierades där goda exem-pel är Kiani et al. (2010) och LaBella et al. (2011) som tilläggde muskel aktiverings rörelser, plyometrics rörelser där fokuset var på balans samt magmuskel träning. För be-tydlig framgång hos idrottarna skall PEP-programmet användas minst en gång i vecka

under hela säsongen (Myklebust et al. 2003; Mandelbaum et al. 2005; Gilchrist et al. 2008; Kiani et al. 2010; LaBella et al. 2011).

Undersökningen av Mandelbaum et al. (2005) var den första ACL-UBU som använde PEP-programmet på kvinnliga gymnasie-fotbollsspelare under två säsonger. Totalt sex icke-kontakt ACL-skador uppkom för testgruppen och 67 för kontrollgruppen. Liknande resultat uppkom i Gilchrist et al. (2008) då PEP-programmet användes på samma målgrupp då två icke-kontakt ACL-skador uppkom i testgruppen och tio i kontrollgruppen. Men Mandelbaum et al. (2005) var statistiskt starkare eftersom det uppkom betydligt fler skador i kontrollgruppen. Jämfört med Mandelbaum et al. (2005) saknade flera av uppvärmings undersökningarna statistik kraft (Kiani et al. 2010; LaBella et al. 2011; Myklebust et al. 2003).

### **8.2.3 Mångsidiga program**

Användningen av endast en neuromuskulär träningsform såsom isolerande styrketräning (Herman et al. 2008), plyometrics träning (Pfeiffer et al. 2006) eller balans träning (Paterno et al. 2004) är inte tillräckligt krävande för att betydligt minska på risken av icke-kontakt ACL-skada hos unga kvinnliga idrottare (Paterno et al. 2004; Pfeiffer et al. 2006; Herman et al. 2008).

De ACL-UBU program som använde sig av flera plans träningsformer uppkom med goda resultat inom prevention av icke-kontakt ACL skada hos unga kvinnliga idrottare (Hewett et al. 1996; Myer et al 2005; Lim et al 2009; Vescovi et al. 2010; Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012). Alla de relativt framgångsrika ACL-UBU-program (Hewett et al. 1999; Mandelbaum et al. 2005; Gilchrist et al. 2008; Kiani et al. 2010; LaBella et al. 2011) använde sig av flera träningsformer som resulterade i ett hållbart skydd mot olika icke-kontakt ACL –skado mekanismer hos unga kvinnliga idrottare.

Två av de ACL-UBU använde sig av ett program som liknade PEP-programmen men utan speciell framgång (Pasanen et al. 2008; Soligard et al. 2008). Pasanen et al. (2008) testgrupp använde 43 % inte aktivt programmet och 21 % slutade helt och hållet. Medan Soligard et al. (2008) var det enda mångsidiga uppvärmings programmet som hade endast isolerande styrketräning för benen och magmusklerna, som tidigare har visats vara oframgångsrikt i påverknig av knäets biomekanik (Herman et al. 2008).



#### 8.2.4 Längden av programmet samt åldern på idrottare

Preventiva träningsprogram för flickor i tonåren ökar den neuromuskulära prestationsförmågan samt förbättrar rörelse biomekaniken som har direkt samband med minskning i ACL-skador (Myklebust et al. 2003; Kiani et al. 2010; LaBella et al. 2011) och specifikt i icke-kontakt ACL-skador (Hewett et al. 1999; Mandelbaum et al. 2005; Gilchrist et al. 2008). Därför borde träningen helst påbörjas redan i tonåren och inte först i vuxen ålder.

Bland de preventiva programmen fanns det två sorter av varaktighet som tillämpades före eller under säsongen. Alla de relativt framgångsrika ACL-UFU och ACL-UBU programmen för kvinnliga idrottare användes minst sex veckor i sträck (Hewett et al. 1996; Hewett et al. 1999; Myklebust et al. 2003; Chimera et al. 2004; Lephart et al. 2005; Mandelbaum et al. 2005; Myer et al. 2005; Gilchrist et al. 2008; Lim et al. 2009; Kiani et al. 2010; Labella et al. 2011; Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012). Tydliga resultat-skillnader uppträdde då man jämförde hur ofta programmet användes. Programmen av Gilchrist et al. (2008) och Mandelbaum et al. (2005) utövades tre gånger i veckan under hela säsongen medan Myklebust et al. (2003) och Kiani et al. (2010) använde uppvärmnings programmet 2-3 gånger i veckan under för-säsongen och en gång i veckan under säsongen för att upprätthålla resultaten från försäsongen. Men de åstadkom inte lika framgångsrika preventiva resultat som Mandelbaum et al. (2005) och Gilchrist et al. (2008).

Det är önskvärt att ett preventivt träningsprogram har använts minst sex veckor före första matchen, eftersom de flesta ACL-skadorna inträffar under spel-säsongen (Myklebust et al. 1997). Två undersökningar med relativt goda slutresultat tog det i beaktan (Hewett et al. 1999; Myklebust et al. 2003). Det spelar en roll hur länge men också under vilken tidsperiod ett program används, t.ex. PEP-programmet påvisar inga signifikanta fördelar ifall det påbörjas redan i försäsongen (Myklebust et al. 2003; Kiani et al. 2010) jämfört med påbörjad användningen i början av säsongen (Mandelbaum et al. 2005, LaBella et al. 2011). Om ett program är hållbart uppbyggt men det inte används tillräckligt ofta blir resultaten mindre framgångsrika, som framkom i Steffen et al. (2008) ACL-UBU-program som hade en liknande uppbyggnad som PEP-program men eftersom deltagarna hade en sju veckors tränings-paus ledde det till att i testgruppen uppkom det fyra ACL-skador och fem i kontrollgruppen.

## 9 DISKUSSION

Kapitlet är indelat i två delar; metod-och resultat diskussion. I metod diskussionen analyseras studiens uppbyggnad och framförande och i resultatdiskussionen beskrivs styrkor och svagheter av resultatet samt ideér för framtida forskning.

### 9.1 Metod diskussion

Utbudet av undersökningar var brett, det orsakade att rubriken samt syftet av studien har modifierats flera gånger för att få en begränsning till stånd. Ifall antalet undersökningar skulle ha varit färre skulle studien blivit tydligare och möjligen fått en djupare insyn i de neuromuskulära perspektivet i prevention av en icke-kontakt ACL-skada.

Examensarbetet var intressant och lärorikt både fakta- och byggnads-mässigt. Arbetet delades upp i tre delar: bakgrund, resultat -och diskussionsdel för att läsaren skulle få en god grund för att sedan förstå resultaten som studien framhäver och därefter genomgå resultaten i diskussion. Syftet på studien har ändrats flera gånger men tagit sin form i januari 2013. Under år 2012 hade vi endast en frågeställning i arbetet men före årsskiftet tillade vi en fråga till(fråga nummer ett) för att få en djupare insikt i träningsprogrammen för prevention av icke-kontakt ACL-skada. Men vi skulle även ha velat undersöka djupare i detalj träningsformernas innehåll (t.ex. mängden av serier och repetitioner, pausen mellan serierna, rörelser och teknikk) men kunde inte för att studien skulle ha blivit för långt.

Bakgrundets uppbyggnad rekonstruerades väldigt noggrant och starkt för att få en tydlig start för arbetet och därför innehåller t.ex. anatomi delen introduktioner om kroppsdelar som hänger ihop med ACL. Vi ansåg att litteratursökningen inte krävde mycket tid då vi hade kunskap om databassökning från tidigare. Resultatdelen var den tyngsta delen enligt oss eftersom vi anser att det var krävande att analysera och publicera resultaten på ett kort samt läsarvänligt sätt. Men vi anser att valet att använda en tabell till de 29 undersökningarna hjälpte oss under analyserings-fasen. Examensarbetet skrevs till största delen tillsammans, t.ex. bakgrunden är skriven av båda, medan Johan Lahti hade

huvudansvaret för frågeställningen nummer ett och Lotta Nylund för fråga nummer två. Med det menas att litteratursökning och tabell design skedde för egen frågeställning.

Lotta Nylund konstruerade metod och diskussions-delen medan Johan Lahti ansvarade för resultat delen. Uppdelningen av arbetet förkortade tiden på arbetet men båda delparterna har ändå varit med och analyserat/diskuterat de olika resultaten och dess uppbyggnad.

Det som kunde göras annorlunda i examensarbetet är att bakgrunds-delen kunde förkortas och koncentreras djupare på neuromuskulära faktorer samt inkludera flera tydliga bilder. Det som ändå skall tas i beaktning är att detta var vårt första examensarbete och vi inkluderade alla 29 undersökningar, fastän vi gärna skulle ha galdrat.

## 9.2 Resultatdiskussion

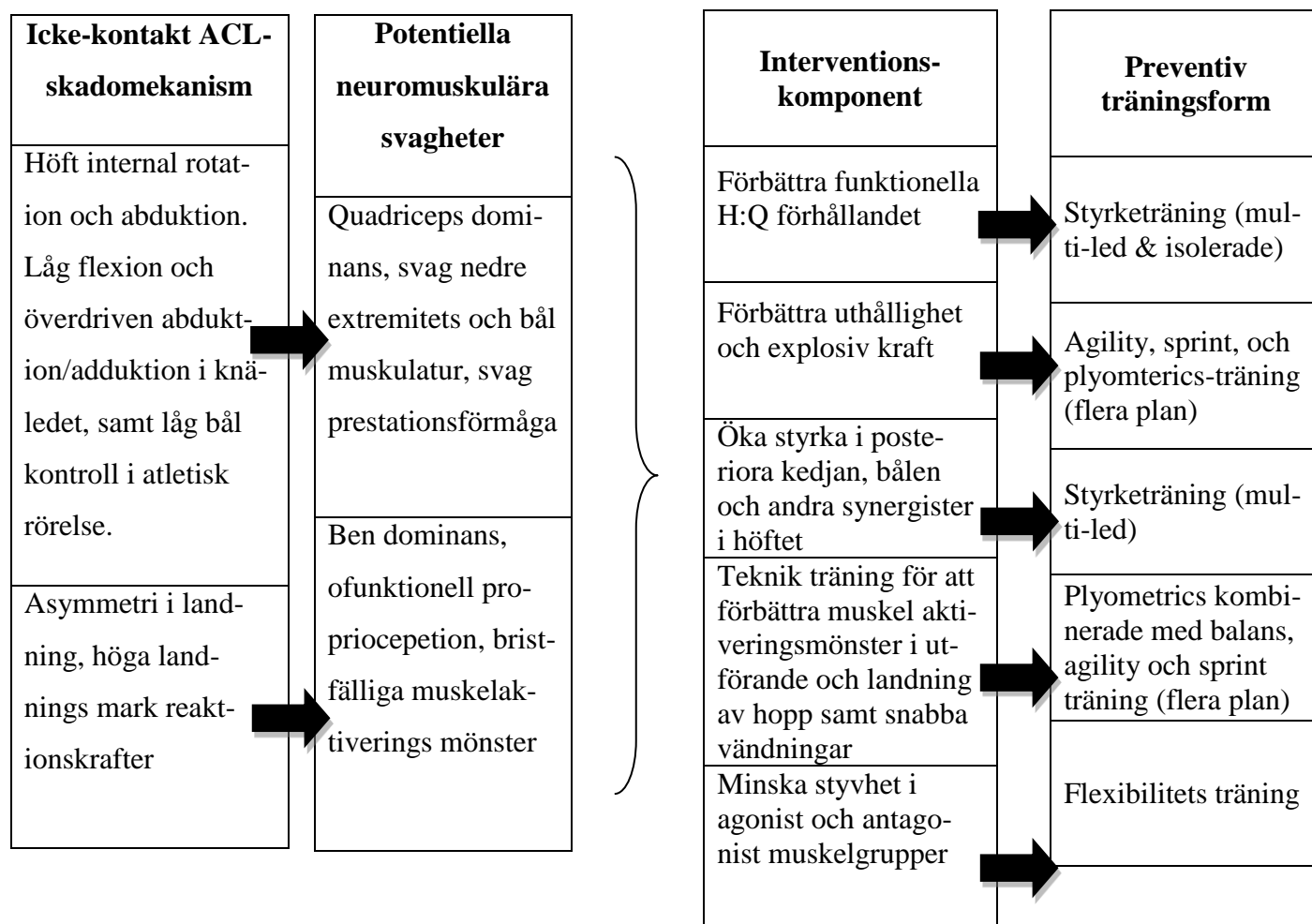
Syfte med arbetet var att introducera framgångsrika preventiva tränings-metoder för icke-kontakt ACL-skador bland unga kvinnliga idrottare. För att lösa problemet på ett specifikt sätt undersöktes neuromuskulära svagheter som med största sannolikheten orsakar skadan. Denna kunskap kan fungera som ett verktyg för olika idrottscoacher för att stöda planeringen av program som förebygger skador och genom det minska skademängden av icke-kontakt ACL-skada hos unga kvinnliga idrottare.

Första frågeställningen av studien var att framhäva: 1) Vilka är de framgångsrikaste träningsformerna för att förbättra specifika neuromuskulära svagheter, som påverkar icke-kontakt främre korsbands-skadomekanismer hos unga kvinnliga idrottare? Svaret till frågeställningen kom från de första 14 undersökningarna, där fem träningsformer användes för att logiskt klargöra vilka av dem fungera framgångsrikast i att förbättra specifika neuromuskulära svagheter som påverkar ACL-skadomekanismer.

Informationen av alla 29 undersökningar sammanfattades till en tabell som ger svar på vår första frågeställning (tabell. 8). Första spalten i tabellen 8. från vänster framhäver normala icke-kontakt ACL-skadomekanismer och andra spalten de potentiella neuromuskulära svagheter. De sista spaltarna framhäver vilka preventiva träningsformer kombinerade med respektive interventionskomponenter löser de potentiella

neuromuskulära svagheter som orsakar icke-kontakt ACL-skada hos unga kvinnliga idrottare.

Tabell 8. Neuromuskulär prevention av icke-kontakt ACL-skadomekanismer



En del träningsformer kan förbättra flera *interventions-komponenter*, men vi valde att framhäva de som hade största tendensen att bearbeta ett specifikt problem. Ett bra exempel är ”Förbättra uthållighet och explosiv kraft” (interventions komponent spalten), pilen pekar till ”Agility, sprint och plyometrics-träning (flera plan)” men utan styrketräningens stöd är det svårt och även farligt att åstadkomma optimal effekt då prestationshöjande effekter är målet. Ett viktigt tillägg är att de preventivt framgångsrika programmen är oftast inte bara uppbyggda för att endast nå preventiv effekt, utan även prestationshöjande. Vi anser även att optimala förbättringar i prestationsförmågan kan pro-

ducera preventiva effekter, eftersom ifall en tydlig förbättring i vertikal hopp höjd sker så har idrottaren varit tvungen att åstadkomma bl.a. bättre muskelatkiverings mönster samt ökad kraft produktion i posteriora kedjans muskulatur, som är två av de interventions komponenterna i tabell 8. vilka är direkt kopplade med förbättring i skyddet av ACL.

Ett par av de mest framgångsrika ACL-UBU programmen var sportspecifika (Hewett et al. 1999; Kiani et al. 2010), som kan motivera tränaren att använda sig av ett sådant program då den preventiva effekten och prestationshöjande sportspecifika träningen åstadkoms under samma träning. I detta examensarbete ger vi inte detaljer för övningar i specifika träningsformer, men på basis av våra undersökningar kom det tydligt fram att korrigerande av neuromuskulära svagheter fås nödvändigtvis inte via en stor variation i övningarna, utan via kvaliteten i specifika övningar. Det är ändå viktigt att påpeka att en del övningar inom specifika träningsformer repeterades i flera framgångsrika program, och de var ofta inte sportspecifika övningar. Det betyder att det finns övningar som förstärkar kroppens neuromuskulära system som en helhet oberoende av idrottsgren t.ex. knäböj med stång inom stryketräning och knäböj hopp inom plyometrics (Hewett et al. 1996; Hewett et al. 1999; Mandelbaum et al. 2005; Lephart et al. 2005; Myer et al. 2005; Holcomb et al. 2007; Gilchrist et al. 2008; Kiani et al. 2010; Labella et al. 2011; Noyes et al. 2011; Noyes et al. 2012). Med detta i tanken, föreslår vi att läsaren som har som mål att bygga ett träningsprogram använder detaljerna inom tabell. 8 på följande sätt; börja med att använda informationen i spalterna ”interventions komponent” och respektive ”träningsformer”. Som ett exempel kan vi använda ”Öka styrka i posteriora kedjan, bålen och andra synergister i bålen” där lösningen är ”styrketräning”. Efter det skall programmets uppbyggare undvika att söka separata övningar för varje muskelgrupp, utan istället undersöker vilka specifika multi-led styrketränings övningar aktiverar alla dessa muskelgrupper samtidigt. Isolerande övningar fungerar möjligtvis effektivt som stöd övningar, men multi-led övningar skall absolut prioriteras. Vi föreslår att med denna metod skall läsaren gå igenom varje ”interventions komponent” och respektive ”träningsform” då de uppbygger ett träningsprogram för deras idrottare. Då kommer de antagligen att inse att hög variation i träningsformernas innehåll inte är nödvändigtvis lösningen, utan detaljen i specifika övningars teknik.

Undersökningarna 15-29 svarade på vår andra frågeställning: 2) Vad är de framgångsrikaste träningsprogramens uppbyggnad för att undvika icke kontakt främre korsbands-skador hos unga kvinnliga idrottare? Dessa undersökningar gav varierande resultat, men påvisade ändå att program med flera träningsformer framkom med betydligt bättre resultat. På basis av undersökningarna 15-29 skall alla framgångsrika neuromuskulära träningsprogram innehålla multi-leds/isolerande styrketräning, fler plans plyometrics (med indirekt balans träning), agility/sprint, samt flexibilitets träning (Hewett et al. 1999; Mandelbaum et al. 2005; Gilchrist et al. 2008; Kiani et al. 2010; Labella et al. 2011). Intensiteten och volymen på programmet var en faktor som bestämde hur länge programmet måste användas för att ett preventivt skydd för icke-kontakt ACL-skada skulle åstadkommas. Det framkom att försäongs-program var neuromuskulärt effektivare än enbart inom-säsong program eftersom tränings effekterna varade längre. Orsaken till det var att försäongs program hade nästan inga tidsbegränsningar och möjlighet till gym jämfört med inom-säsong träning. Det fanns undersökningar som använde sig av specifikt uppvärmings program i både säsong –och försäsong träning (Myklebust et al. 2003 och Kiani et al. 2010), men det uppkom inga speciella resultat jämfört med program som börja direkt i säsongen (Mandelbaum et al. 2005; Gilchrist et al. 2008). Svaret till frågeställning nummer två är att; användningen av både mångsidiga försäongs träningsprogram -och inom-säsong uppvärmings-program är den framgångsrikaste program uppbyggnaden av preventiv träning för att undvika icke-kontakt ACL-skador för unga kvinnliga idrottare.

Vi föreslår att båda preventiva program används, eftersom under försäsongen kan man enkelt utöva kontroll och åstadkomma större neuromuskulär stimulans då tidskrav inte finns. Träningen kan ha hög intensitet eftersom återhämtningen är god då idrottarens andra träningar inte trycker på. Men tekniken skall prioriteras över allt annat hos unga idrottare, vilket betyder att intensiteten och volymen av träningen skall vara på en passlig nivå så att ren teknik är enkelt att upprätthållas under hela träningen. Fördomar gällande fysisk träning för unga idrottare skall galdras eftersom passlig påfrestning för hela kroppen är betydelsefullt för t.ex. uppbyggandet av ett starkt och hållbart skelett, sensystem och ligament. Vi anser att fastän det finns utvärderingsprov för att kategorisera om idrottaren hör till riskgruppen för att utstå en icke-kontakt ACL-skada eller inte, så har alla idrottare oberoende av ålder eller kön nytta av neuromuskulär träning.

Optimal neuromuskulär träning förbättrar nervsystemet som en helhet, som inte bara skyddar från icke-kontakt ACL-skador, utan även från alla andra icke-kontakt skador.

I framtiden borde flera plans -och multi-leds styrketränings övningar undersökas mera noggrant för att påpeka vilka övningar med deras specifika teknik bär den största funktionella effekt för att påverka knäets biomekanik inom idrott. Ett annat viktigt förslag skulle vara att kombinera försäongs program med inom säsong program för att se dess påverkan på icke-kontakt ACL-skador, t.ex. Sportsmetrics program kombinerade med PEP-program. Ett intressant undersöknings-ämne skulle vara analysera övningarnas innehåll av specifika teknik, hurudana sets/reps, samt återhämtning som är betydelsefullt då man kombinerar träningsformer. Prevention av icke-kontakt ACL-skador bland män borde undersökas mera samt potentiella skillnader i träning jämfört med kvinnor, eftersom män också utstår sådana idrottsskador men i färre mängder. Det skulle ha varit intressant att undersöka mer avancerade neuromuskulära program, som t.ex. olympisk lyft, högre intensitet i agility/sprint och styrketräningen. Ifall organisationer har råd att investera i hög nivå utrustning samt skolade coacher så skall de göra det men det skall tyvärr inte förväntas i vårt samhälle för tillfället.

Examensarbetet gav inga storslagna resultat, men studien sammanfattar och förstärker många påståenden angående preventiv träning för icke-kontakt ACL-skador hos unga kvinnor, samt klargör kriterierna för ett framgångsrikt neuromuskulärt träningsprogram.

## 10 KÄLLOR

- Hinnasto, Aava Orto lääkärin, 2012. Tillgänglig: <http://www.orto-laakarit.fi/index.php?page=Lääkäriasemat%20ja%20leikkausyksiköt/Leikkausyksiköt/Aava%20Orto-Lääkärit%20Lönnrotinkatu/Hinnasto> Hämtad 25.11.2012.
- Aagaard P, Simonsen E, Magnusson P, Larsson B, Dyhre-Poulsen P. 1998, *A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio*. The American Journal of Sports Medicine, volym 26, nr 2, s. 231-237.
- Agel J, Arendt E, Bershadsky B. 2005, *Anterior Cruciate Ligament Injury in National Collegiate Athletic Association Basketball and Soccer*. The American Journal of Sports Medicine, volym 33, nr 4, s. 86–92.
- Ahmad C, Clark M, Heilmann N, Schoeb JS, Gardner T, Levine WN. 2006, *Effect of gender and maturity on quadriceps-to-hamstring strength ratio and anterior cruciate ligament laxity*. The American Journal of Sports Medicine, volym 34, nr 3, s. 370-374.
- Alentorn-Geli E, Myer GD, Silvers MJ, Samitier G, Romero D, Lázaro-Haro Cristina, Cugat Ramón. 2009, *Prevention of non-contact anterior cruciate ligament injuries in soccer players. Part 1: Mechanisms of injury and underlying risk factors*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc 17:705–729.
- Angel J, Arendt E, Bershadsky B. 2005, *Anterior Cruciate Ligament in National Collegiate Athletic Association Basketball and Soccer*. American Orthopaedic Society of Sports Medicine, volym 33, nr 4, s. 1476-1483.
- Baechle TR & Earle RW, 2008. *Essential of strength training and conditioning*. Human kinetics, volym 296, 656 s.
- Baquin P, Brukner P. 1997, *Injuries Presenting to an Australian Sports Medicine Centre: A 12-Month Study*. Clinical Journal of Sport Medicine, 7: 28-31.
- Barber-Westin SD, Noyes FR, Smith ST, Campbell TM. 2009, *Reducing the Risk of Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries in the Female Athlete*. The Physician and sportsmedicine, volym 37, nr 3, 49-61.
- Besier TF, Lloyd DG, Ackland TR. 2003, *Muscle activation strategies at the knee during running and cutting maneuvers*. Medicine & science in sports & exercises, volym 35, nr 1, s.119-127.
- Brown LE & Ferrigno VA, 2005. *Training speed, agility and quickness*. Human kinetics, volym 73, 257 s.



Brushøj C, Larsen K, Albrecht-Beste E, Bachmann Nielsen M, Løye F, Hölmich P. 2008, *Prevention of overuse injuries by a concurrent exercise program in subjects Exposed to an increase in training load*. The American Journal of Sports Medicine, volym 36 nr 4, s. 663-670.

Caraffa A, Cerulli G, Proietti M, Aisa G, Rizzo A, 1996. *Prevention of anterior cruciate ligament injuries in soccer. A prospective controlled study of proprioceptive training*. Knee Surgery, Sports Traumatology Arthroscopy, volym 4 nr 1, s. 19-21.

Chan KM, Yuan Y, Li KC, Chien P. *Sports causing most injuries in Hong Kong*. British Journal of Sport Medicine, volym 27, nr 4, s. 263-267.

Chimera NJ, Swanik KA, Swanik CB, Straub SJ. 2004, *Effects of plyometric training on muscle-activation strategies and performance in female athletes*. Journal of Athletic Training, volym 39, nr 1, s. 24-31.

Colby S, Francisco A, Yu B, Kirkedall D, Finch M, Garrett W. 2000, *Electromyographic and kinematic analysis of cutting maneuvers*. The American Journal of Sports Medicine, volym 28, nr 2, s. 234-240.

Coppack RJ, Etherington J, Wills AK. 2011, *The effects of exercise for the prevention of overuse anterior knee pain*. The American Journal of Sports Medicine, volym 39 nr 5, s. 940-948.

Dawes J - Roozen M, 2012. *Developing Agility and Quickness*. National Strength and Conditioning Association, 188 s.

Ebben WP, Fauth ML, Petushek EJ, Garceau LR; Hsu BE, Lutsch BN, Feldmann CR. 2010, *Gender-Based Analysis of Hamstring and Quadriceps Muscle Activation During Jump Landings and Cutting*. The Journal of strength and conditioning research, volym 24, nr 2, s. 408-415.

Forsberg, Christina & Wengström, Yvonne. 2003, *Att göra systematiska litteraturstudier*, Stockholm: Natur och Kultur, 208 s.

Gilchrist J, Mandelbaum BR, Melancon H, Ryan GW, Silvers HJ, Griffin LY, Watanabe DS, Dick RW, Dvorak J. 2008, *A randomized controlled trial to prevent non-contact anterior cruciate ligament injury in female collegiate soccer players*. The American Journal of Sports Medicine, volym 36 nr 8, s. 1476-1483.

Granan L, Bahr R, Steindal K, Furnes O, Engebretsen. 2008, *Development of a National Cruciate Ligament Surgery Registry*. The American Journal of Sports Medicine, volym 36, nr 6, s. 308-315.

Griffin LY, Agel J, Albohm MJ, Arendt EA, Dick RW, Garrett WE, Garrick JG, Hewett TE, Huston L, Ireland ML, Johnson RJ, Kibler WB, Lephart S, Lewis JL, Lindenfeld TN, Mandelbaum BR, Marchak P, Teitz CC, Wojtys EM. 2000, *Noncontact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategies*. Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons, volym 8, nr 3, s. 141-150.

Griffin LY, Albohm M. 2006, *Understanding and Preventing Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries*. The American Journal of Sports Medicine, volym 34, nr 9, 1512-1532.

Gwinn D, Wilckens J, McDevitt E, Ross G, Kao T-C. 2000, *The Relative Incidence of Anterior Cruciate Ligament Injury in Men and Woman at the United States Naval Academy*, The American Journal of Sports Medicine, volym 28, nr 1, s. 98-102.

Herman DC, Weinhold PS, Guskiewicz KM, Garrett WE, Yu B, Padua DA. 2008, *The effects of strength training on the lower extremity biomechanics of female recreational athletes during a stop-jump task*. The American Journal of Sports Medicine, volym 36, nr, 4, s. 733-740.

Hewett TE, Stroupe AL, Nance TA, Noyes FR. 1996, *Plyometric training in female athletes decrease impact forces and increased hamstring torques*. The American Journal of Sports Medicine, volym 24, nr 6, s. 765-773.

Hewett TE, Lindenfeld TN, Riccobene JV, Noyes FR. 1999, *The Effect of Neuromuscular Training on the Incidence of Knee Injury in Female Athletes*. The American Journal of Sports Medicine, volym 27, nr 6, s. 699-706.

Hewett TE, Myer GD, Ford KR. 2004, *Decrease in neuromuscular control about the knee with maturation in female athletes*. The Journal of bone and joint surgery, volym 86, nr 8, s. 1601-1608.

Hewett TE, Myer GD, Ford KR. 2006, *Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Athlete part 1, mechanics and risk factors*. The American Journal of Sports Medicine, volym 34, nr 2, s. 299-311.

Hewett TE, Ford KR, Hoogenboom BJ, Myer GD. 2010, *Understanding and preventing ACL injuries: current biomechanical and epidemiologic considerations-update 2010*. North American Journal of Sports Physical Therapy, volym 5 nr 4, s. 234-251.

Holcomb WR, Rubley MD, Lee HJ, Guadagnoli. 2007, *Effect of hamstring-emphasized resistance training on hamstring: quadriceps strength ratios*. Journal of Strength and Conditioning Research, volym 2, nr 1, s. 41-47.

Hootman J, Dick R, Agel J. 2007, *Epidemiology of collegiate injuries of 15 sports; summary and recommendations for injury prevention initiatives*. Journal of Athletic Training, volym 42, nr 2, s. 311-319.

Imran A - O'Connor JJ. 1998, *Control of knee stability after ACL injury or repair: interaction between hamstrings contraction and tibial translation*. Clinical biomechanics, volym 13, nr 3, s. 153-162.

Irmischer BS, Harris C, Pfeiffer RP, DeBeliso MA, Adams KJ, Shea KG. 2004, *Effects of a knee ligament injury prevention exercise program on impact force in women*. Journal of strength and conditioning research, volym 18, nr 4, s. 703-707.

Kannus Pekka. 1988, *Peak torque and total work relationship in the thigh muscles after anterior cruciate ligament injury*. The Journal of orthopaedic and sports physical therapy, volym 68, s. 961-965.

Kiani A, Hellquist E, Ahlqvist K, Gedeborg R, Michaëlsson K, Byberg L. 2010, *Prevention of Soccer-Related Knee Injuries in Teenaged Girls*. American Medical Association, volym 170, nr 1, s. 43-49.

Kobayashi H, Kanamura T, Koshida S, Miyashita K, Okado T, Shimizu T, Yokoe K. 2012, *Mechanisms of the anterior cruciate ligament injury in sports activities: A twenty-year clinical research of 1,700 athletes*. Journal of Sports Science and Medicine, volym 9, s. 669-675.

Koga H, Nakamae A, Shima Y, Iwasa J, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R, Krosshaug T. 2010, *Mechanisms for Noncontact Anterior Cruciate Ligament Injuries Knee Joint Kinematics in 10 Injury Situations From Female Team Handball and Basketball*. The American Journal of Sports Medicine, volym 38, nr 11, s. 2218-2225.

Kujala UM, Taimela S, Antti-Poika I, Orava S, Tuominen R, Myllynen P. 1995, *Acute injuries in soccer, ice hockey, volleyball, basketball, judo, and karate*. BMJ, volym 311, nr 1465, s. 1465-1468.

LaBella CR, Huxford MR, Grissom J, Kim K-Y, Peng J, Christoffel. 2011, *Effect of Neuromuscular Warm-up on Injuries in Female Soccer and Basketball Athletes in Urban Public High Schools*. Archives of pediatrics & adolescent medicine, volym 165 nr 11, s. 1033-1040.

Lawrence RK, Kernozek TW, Miller EJ, Torry MR, Reuteman P. 2007, *Influence of hip external rotation strength on knee mechanics during single-leg drop landings in female*. Clinical Biomechanics, volym 23, nr 6, s. 806-813.

Lephart SM, Abt JP, Ferris CM, Sell TC, Nagai T, Myers JB, Irrgang JJ. 2005, *Neuromuscular and biomechanical characteristic changes in high school athletes: a plyometrics versus basic resistance program*. British journal of Sports Medicine, volym 39, nr 12, s. 932-938.

Lim B-O, Lee YS, Kim JG, An KO, Yoo J, Kwon YH. 2009, *Effects of Sports Injury Prevention Training on the Biomechanical Risk Factors of Anterior Cruciate Ligament Injury in High School Female Basketball Players*. The American Journal of Sports Medicine, volym 37, nr 9, s. 1728-1734.

Lind M, Menhert F, Pedersen AB. 2009, *The first results from the Danish ACL reconstruction registry: epidemiologic and 2 years follow-up results from 5,818 knee ligament reconstructions*. Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc, volym 17, nr 2, s. 117-124.

Lowe W. 2006, *Orthopedic Assessment in Massage Therapy*. Sisters, OR: Daviau-Scott; 2006, 305 s.

Magee David J. 2007, *Orthopedic physical assessment*. Saunders. Fifth edition, 1138 s.

Mandelbaum BR, Silvers HJ, Watanabe DS, Knarr JF, Thomas SD, Griffin LY, Kirkendall DT, Garrett W Jr. *Effectiveness of a neuromuscular and proprioceptive training program in preventing anterior cruciate ligament injuries in female athletes: 2-year follow-up*. The American Journal of Sports Medicine, volym 33, nr 7, s. 1003-1007.

Mair S, Seaber A, Glisson R, Garrett WE. 1996, *The role of fatigue in susceptibility to acute muscle strain injury*. The American Journal of Sports Medicine, volym 24, nr 2, s. 137-143.

McLeod W, Hunters S. 1980. *Biomechanical Analysis of the Knee: Primary Functions as Elucidated by Anatomy*. Journal of the American Physical Therapy Association, volym 60, nr 12, s. 1561-1564.

McLean SG, Fellin RE, Suedekum N, Calabrese G, Passerallo A, Joy S. 2007, *Impact of fatigue on gender-based high-risk landing strategies*. Medicine Science Sports Exercise, volym 39, nr 3, s. 502–514

*Polveen liittyvät vammat, eturistisiderepeämä*, Mehiläinen, 2013. Tillgänglig: <http://www.mehilainen.fi/liikuntaklinikka/tietoa-urheiluvammoista/polvi?loc=40> Hämtad 12.2.2013.

Nyland JA, Caborn DNM, Shapiro R, Johnsson DL. 1999, *Crossover Cutting During Hamstring Fatigue Produces Transverse Plane Knee Control Deficits*. Journal of Athletic Training, volym 34, nr 2, s.137–143.

Meyers MC, Barnhill BS. 2004, *Incidence, causes, and severity of high school football injuries on FieldTurf versus natural grass: a 5-year prospective study*. The American Journal of Sports Medicine, volym 34, nr 7, s. 1626-1638.

Myer GD, Ford KR, Hewett TE. 2004, *Rationale and Clinical Techniques for Anterior Cruciate Ligament Injury Prevention Among Female Athletes*. Journal of Athletic Training, volym 39, nr 4, s. 352-364.

Myer GD, Ford KR, Palumbo JP, Hewett TE. 2005, *Neuromuscular training improves performance and lower-extremity biomechanics in female athletes*, Journal of strength and conditioning research, volym 19, nr 1, s. 51-60.

Myer GD, Ford R, Brent JL, Hewett TE. 2006, *The Effects of Plyometric Vs. Dynamic Stabilization and Balance Training on Power, Balance, and Landing Force in Female Athletes*, Journal of strength and conditioning research, volym 20, nr 2, s. 345-353.

Myer GD, Ford KR, Hewett TE. 2008, *Tuck Jump Assessment for Reducing Anterior Cruciate Ligament Injury Risk*. National institute of health, volym 13, nr 5, s. 39-44.

Myklebust G, Maehlum S, Holm I, Bahr R.1998, *A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball*. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, vol ym8, nr 3, s. 149-153.

Myklebust G, Maehlum S, Engebretsen L, Strand T, Solheim E. 1997, *Registration of cruciate ligament injuries in Norwegian top level team handball*. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Spots, volym 7, s. 289-292.

Myklebust G, Engebretsen L, Brækken I, Skjølberg A, Olsen O-E, Bahr R, 2003. *Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injuries in Female Team Handball Players: A Prospective Intervention Study Over Three Seasons*. Clinical Journal of Sport Medicine, volym 13, nr 2, s. 71–78.

Najibi S, Albright J. 2005, *The Use of Knee Braces, Prophylactic Knee Braces in Contact Sports*. The American Journal of Sports Medicine, volym 33 no 4, s. 602-611.

Noyes FR, Barber-Westin SD, Smith ST, Campbell T. 2011, *A training program to improve neuromuscular indices in female high school volleyball players*. Sportmetrics, volym 25, nr 8, s. 2151-2160.

- Noyes FR, Barber-Westin SD, Smith ST, Campbell T, Garrison TT. 2012, *A training program to improve neuromuscular and performance indices in female high school basketball players*. Sportmetrics, volym 26, nr 3, s. 709-719.
- Nuori Suomi, Suomen Liikunta ja Urheilu SLU ry, Suomen Kuntoliikuntaliitto, Olympiakomitea, Helsingin kaupunki, Opetus- ja kulttuuriministeriö. 2010. *Kansallinen Liikuntatutkimus 2009-2010 Aikuisliikunta*.
- Olsen OE, Myklebust L, Engebretsen L, Holme I, Bahr R. 2003, *Relationship between floor type and risk of ACL injury in team handball*. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, volym 13, nr 5, s. 299–304.
- Olsen O-E, Myklebust G, Engebretsen L, Bahr R. 2004, *Injury Mechanisms for Anterior Cruciate Ligament Injuries in Team Handball*. The American Journal of Sports Medicine, volym 32, no 4, s. 1002-1012.
- Olsen O-E, Myklebust G, Engebretsen L, Holme I, Bahr R. 2005, *Exercises to prevent lower limb injuries in youth sports: cluster randomised controlled trial*. MBJ, 330: 449.
- Olsson, Henny & Sörensen, Stefan. 2007, *Forskningsprocessen – Kvalitativa och kvantitativa perspektiv*, Andra uppl., Stockholm: Liber AB, 190 s.
- Orchard J. 2001, *The AFL Penetrometer Study: Work in Progress*. Journal of Science and Medicine in Sport, volym 4, nr 2, s. 220-232.
- Palastanga N, Field D, Soames R. 2006, *Anatomy and human movement structure and funktion*. Butterworth Heinemann. Fifth edition, 717 s.
- Pakkari J, Kannus P, Fogelholm M. 2004. *Liikuntavammat- suurin tapaturmaluokka Suomessa*. Suomen Lääkäri lehti, 41, s. 3889-3895.
- Pasanen Kati. 2009, *Floorball Injuries, epidemiology and injury prevention by neuromuscular training*. Tampere University Press.
- Pasanen K, Parkkari J, Rossi L, Kannus P. 2008, *Artificial playing surface increases the injury risk in pivoting indoor sports: a prospective one-season follow-up study in Finnish female floorball*. British Journal of Sports Medicine, volym 42, nr 3, s. 194-197.
- Pasanen K, Parkkari J, Kannus P, Rossi L, Palvenen M, Natri A, Järvinen M. 2007, *Injury risk in female floorball: a prospective one-season follow-up*. Scandinavian Journal of medicine & science in sport, volym 18, nr 1, s. 49-54.

Paterno MV, Myer GD, Ford KR, Hewett TE. 2004, *Neuromuscular Training Improves Single-Limb Stability in Young Female Athletes*. Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy, volym 34, nr 6, s. 305-316.

Paulos L, Noyes F, Grood E, Butler D. 1981, *Knee rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction and repair*. The American Journal of Sports Medicine, volym 9, nr 3, s. 140-149.

Petersen W, Braun C, Bock W, Schmidt K, Weimann A, Drescher W, Eiling E, Stange R, Fuchs T, Hedderich J, Zantop T. 2005, *A controlled prospective case control study of a prevention training program in female team handball players: the German experience*. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery, volym 125, issue 9, s. 614-621.

Prentice William E. 2011, *Rehabilitation Techniques for sport medicine and athletic training*. Mc Graw Hill. Fifth edition, 707 s.

Powers CM. 2010, *The influence of abnormal hip Mechanics on knee injury: a biomechanical perspective*. Journal of Orthopaedic & sports physical therapy, volym 40 nr 2, s. 42-51.

Quatman CE, Ford KR, Myer GD, Hewett TE. 2006, *Maturation leads to gender differences in landing force and vertical jump performance*. The American Journal of Sports Medicine, volym 34, nr 5, s. 806-813.

Radcliff JC & Farentinos RC, 1999. *High-poweres plyometrics*. Human Kinetics, s. 2:171.

Shelbourne Donald, Nitz Paul. 1990, *Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction*. The American Journal of Sports Medicine, volym 18, nr 3, s. 292-299.

Soligard T, Myklebust G, Steffen K, Holme I, Silvers H, Bizzini M, Junge A, Dvorak J, Bahr R, Andersen TE. 2008, *Comprehensive warm-up programme to prevent injuries in young female footballers: cluster randomised controlled trial*. British Medical Journal, 9;337.

Steffen K, Myklebust G, Olsen O-E, Holme I, Bahr R. 2008, *Preventing injuries in female youth football – a cluster-randomized controlled trial*. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, volym 8, nr 5, s. 605-614.

Suomen Liikunta ja Urheilu SLU ry, Suomen Kuntoliikuntaliitto, Nuori Suomi, Suomen Olympiakomitea, Helsingin kaupunki, Opetus- ja kulttuuriministeriö. 2010. *Kansallinen Liikuntatutkimus 2009–2010 Lapset ja nuoret*.

Befolkning, Statistikcentralen. Tillgänglig:

[http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk\\_vaesto\\_sv.html#struktur](http://www.stat.fi/tup/suoluk/suoluk_vaesto_sv.html#struktur) Hämtad 23.11.2012.

Trew M, Everett T. 2005, *Human movement, an introductory text*. Elsevier Churchill Livingstone. Fifth edition, 297 s.

Tsepis E, Vagenas G, Giakas G, Georgoulis A. 2004, *Hamstring weakness as an indicator of poor knee funktion an ACL-deficient patients*. Knee surgery sports traumatology arthroscopy, volym 12, no 1, s. 22-29.

Uhorchak J, Scoville C, Williams G, Arciero R, Pierre P, Taylor D. 2003, *Risk Factors Associated with Noncontact Injury of the Anterior Cruciate Ligament*. The American Journal of Sports Medicine, volym 31, nr 6, s. 831-842.

Van Ingen Schenau GJ, Bobbert MF, Rozendal RH. 1987, *The unique action of bi-articular muscles in complex movement*. Journal of Anatomy, 155; 1-5.

Vescovi, Canavan, Hasson. 2008, *Effects of a plyometric program on vertical landing force and jumping performance in college women*. Physical Therapy in Sport, volym 9, nr 4, s. 185-192.

Vescovi JD, VanHeest JL. 2010, *Effects of an anterior cruciate ligament injury prevention program on performance in adolescent female soccer players*. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports, volym 20, nr 3, 394-402.

Waldén M, Atroshi I, Magnusson H, Wagner P, Hägglund M. 2012, *Prevention of acute knee injuries in adolescent female football players: cluster randomised controlled trial*. BMJ, 344.

Woodford-Rogers Becky. 1994, *Risk Factors for Anterior Cruciate Ligament Injury in High School and College Athletes*. Journal of Athletic Training, volym 29, nr 4, s. 343-346.

Yu B, McClure SB, Onate JA, Guskiewicz KM, Kirkendall DT, Garrett WE. 2005, *Age and gender effects on lower extremity kinematics of youth soccer players in a stop-jump task*. The American Journal of Sports Medicine, volym 33, nr 9, s. 1356-1364.

Zazulack BT, Hewett TE, Reeves NP, Goldberg B, Cholewicki J. 2007, *Deficits in neuromuscular control of the trunk predict knee injury risk*. The American Journal of Sports Medicine, volym 35, nr 7, s. 1123-1130.