

Д-р Венелин Александров Алексиев

**ВЪЗМОЖНОСТИ ЗА ПРОГНОЗИРАНЕ НА
ПОСЛЕДИЦИТЕ СЛЕД ЛЕЧЕНИЕ НА ДИСПЛАЗИЧНИ И
НЕСТАБИЛНИ ТАЗОБЕДРЕНИ СТАВИ СЪС
СТРЕМЕНАТА НА ПАВЛИК**

АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на
образователна и научна степен „Доктор”

Научна специалност „Ортопедия и травматология”
Код 03.01.40

НАУЧЕН РЪКОВОДИТЕЛ:

Доц. д-р Евгений Медникаров, д.м.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Проф. д-р Димитър Камбуров, д.м.н.

Доц. д-р Христо Георгиев, д.м.

НАУЧНО ЖУРИ:

Председател:

Доц. д-р Христо Георгиев, д.м.

Членове:

Доц. д-р Евгений Медникаров, д.м.

Проф. д-р Димитър Камбуров, д.м.н.

Доц. д-р Димитър Райков, д.м.

Доц. д-р Пенчо Косев, д.м.

Резервни членове:

Доц. д-р Любен Стоков, д.м.

Доц. д-р Диян Енчев, д.м.

Дисертационният труд съдържа 150 страници и 159 литературни източника, от които 15 на кирилица. Онагледен е с 11 таблици и 20 фигури.

Настоящата научна работа е проведена в Клиниката по Детска Ортопедия на УСБАЛО "Проф.Бойчо Бойчев" – Горна баня, към Медицински Университет в гр.София, в периода 2000 – 2006 г. и частично в Alfred I duPont Hospital for Children, Wilmington, DE към Thomas Jefferson University, Philadelphia, USA през 2002 г. и обхваща пациенти на тази болница от 1985 – 2002 г.

Докторантът работи в Клиниката по Детска Ортопедия на УСБАЛО "Проф.Бойчо Бойчев" – Горна баня от 1995 г. до момента.

Дисертационният труд е преминал успешно процедура за предварително обсъждане на заседание на Катедрения съвет по Ортопедия и Травматология при Медицински Факултет, Медицински Университет – София на 06.06.2011 г. По предложение на ръководителя на Катедра по ортопедия и травматология – Протокол на катедрен съвет от 06.06.2011 г, утвърдено от Факултетния съвет на Медицински факултет с протокол № 28 / 01.07.2011 г, Ректорът на МУ – София назначава със Заповед № Р-659 / 13.07.2011 г. Научно жури, на което възлага да проведе процедура по защита на дисертационния труд на 14 Октомври 2011 г. **Публичната защита ще се проведе в аулата на УСБАЛО – „Проф.Бойчо Бойчев” – Горна баня на 14.10.2011 г. от 14 часа.**

ИЗПОЛЗВАНИ СЪКРАЩЕНИЯ:

АВН	Аваскуларна некроза на бедрената глава
ДИАП	Динамичен индекс на ацетабуларното покритие
ДРТС	Дисплазията на развитието на тазобедрената става
КАД	Късна ацетабуларна дисплазия
КП	Късни последици
ПУ	Пълен успех
ТБС	Тазобедрени стави
УЗВ	Ултразвуков

ВЪВЕДЕНИЕ

Дисплазичната и нестабилна тазобедрената става при раждането е динамично заболяване с потенциал, както да се нормализира спонтанно, така и да се влоши с интензивния растеж на кърмачето. Прогнозата кой от двата изхода е по-вероятен е невъзможна. Освен това голяма част от патологичните промени в анатомията на ставата при раждането са обратими особено ако се започне незабавно ранно лечение.

В зряла възраст еволюцията на дегенеративната остеоартроза на тазобедрената става (коксартроза) е коренно различна. Тя е необратим процес. Установено е че до 50% от случаите на дегенеративна коксартроза са вторични на базата на нелекувана или недолекувана сублуксация на бедрената глава или остатъчна ацетабуларна дисплазия.

С доказана най-голяма ефективност и най-малък риск от усложнения при консервативното лечение на дисплазичната и нестабилна тазобедрена става в кърмаческа възраст е функционалният метод със стремената на Павлик.

Своевременно започнато ранно лечение със стремена води първоначално до перфектна репозиция и стабилизация на ставата без усложнения. В редица случаи обаче след прохождането в същата става се появяват късни последствия в кръвоснабдяването на бедрената глава или забавяне на ацетабуларния растеж.

В последните три десетилетия се наложи стриктен ултразвуков образен мониторинг на приложението на стремената на Павлик като допълнение на клиничното и рентгенографско проследяване. Неговата роля е ранно прекратяване на лечението при обективно доказан неуспех, за да не се доувреди нерепониращата се става, както и максимално да се съкрати периода на престой в стремената.

След прохождането на излекуваното дете, проследяването до пубертета е клинично и рентгенологично. Ролята им е да открият възможно най-рано появата и последващото развитие на споменатите късни последствия. Целта е своевременното им оперативно коригиране. Недостатък на тези методи на проследяване е невъзможността за прогноза в началото на лечението кои излекувани стави ще развият късни усложнения.

В настоящото проучване се изследва и статистически доказва значението на определени ранни ултразвукови критерии с прогностична стойност за поява на късни последствия в развитието на първоначално успешно излекувана дисплазична и нестабилна тазобедрена става.

ЦЕЛ

Настоящият труд има за цел:

Изготвяне на критерии за ранно прогнозиране на късни последици и протокол за проследяване след края на лечението на дисплазични и нестабилни тазобедрени стави при деца, лекувани със стремена на Павлик.

ЗАДАЧИ

За постигане на определената цел си поставихме следните задачи:

1. Да се направи възможно най-пълен обзор на световните резултати от ултразвуково мониторираното лечение на дисплазията на развитието на тазобедрената става със стремената на Павлик.
2. Да се изгради обективна оценка на нестабилността на патологичната неонатална тазобедрена става чрез нови ултразвукови параметри и класификация с цел повишена ефективност на ултразвуковата диагностика и мониторинг.
3. Да се проследи развитието след края на лечението на дисплазични и нестабилни тазобедрени стави при деца, лекувани със стремена на Павлик под ултразвуков контрол и следени рентгенографски след прохождането.
4. Да се изследва взаимовръзката между тежестта на ултразвуковата патология в началото на лечението и изхода от лечението със стремената на Павлик, проследен рентгенографски в кратко- и дълго-срочна перспектива.
5. Да се открият кои ранни ултразвукови характеристики могат да прогнозират изоставането в морфологичното развитие на излекуваната тазобедрена става на по-късен етап.
6. Да се определи приблизително продължителността на проследяване на развитието на различните форми на дисплазични и нестабилни тазобедрени стави, лекувани със стремена на Павлик.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

1. МАТЕРИАЛ

Настоящата научна работа е проведена в Клиниката по Детска Ортопедия на УСБАЛО "Проф.Бойчо Бойчев" – Горна баня, към Медицински Университет в гр.София, в периода 2000 – 2006 г. и частично в Alfred I duPont Hospital for Children of the Nemours Foundation, Wilmington, DE на Thomas Jefferson University, Philadelphia, USA през 2002 г. и обхваща пациенти на тази болница от 1985 – 2002 г.

Научният труд се състои от ретро- и про-спективна част, при подбор на случаите по **критерии за включване:**

1. Лекувани със стремена на Павлик под сонографски контрол тазобедрени стави.
2. Минимум 4 годишно рентгенографско проследяване след края на лечението.
3. Пълна ултразвукова и рентгенографска документация, която включва минимум 5 ултразвукови визити по време на лечението и ежегодна рентгенография след края на лечението.

Критериите за изключване: деца с установени генетични хромозомни нарушения, невро-мускулни заболявания, остеохондродисплазии, както и деца с непълна документация.

От 487 новородени, лекувани успешно със стремена на Павлик, 55 бяха избрани по посочените критерии. Тези 55 пациента (100 патологични тазобедрени стави) са диагностицирани на първичното ултразвуково изследване със значителна нестабилност на ставите (средна и тежка сублуксация и луксация).

2. МЕТОДИ

2.1. Анамнеза. Демография на пациентите –

Изследвани са следните показатели - пол, раса, поредност на раждане, бременност, седалищно предлежание, фамилна предиспозиция, двустранност, страна на засягане, възраст при начало на лечението и средна продължителност на проследяване на лекуваните деца.

2.2. Клинични методи

2.2.1. Преди поставянето на стремената е изследвана абдукцията в тазобедрени стави, клиничните тестове на Barlow и Ortolani, дължината на двата долни крайника, отчита се наличието на асоциирани костно-мускулни аномалии.

2.2.2. По време на лечението в стремената е проследено има ли подобрение в абдукцията, както и за прекомерна абдукция и риск за АВН. Следено е също и за активна функция на m.quadriceps, за да се изключи проблем с n.femoralis в случаите на екстремна флексия в тазобедрената става.

Изчислява се периода от време за непрекъснато носене на стремената, времето на отвикване от стремената и общия период от време в стремената.

2.2.3. След прохождането на ежегодните прегледи е проследено за наличие на разлика в дължината на двата долни крайника и ограничение в движенията на двете тазобедрени стави, както и характеристики на походката.

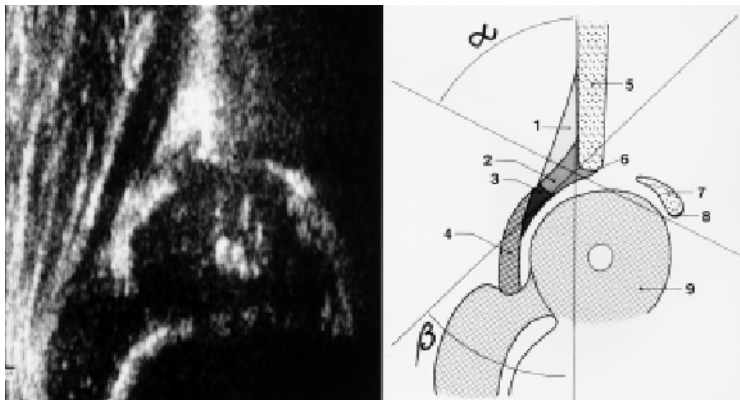
2.3. Ултразвукови методи

Използва се линеарен трансдюсер с честота 5/7,5 MHz в зависимост от възрастта.

2.3.1. УЗВ параметри за оценка на ацетабуларната морфология

2.3.1.1. Алфа-ъгъл на Graf, типизиране по модифицирана класификацията на Graf.

Тазобедрената става се скенира с линеарен трансдюсер в короналната равнина през латерален достъп. На ехографския образ (Фиг.1) се начертават 3 линии, паралелни на структури от костния и хрущялния ацетабуларен покрив и между линиите се измерват 2 ъгъла.



ФИГ.1. Ехографски образ и схема на техниката на Graf.

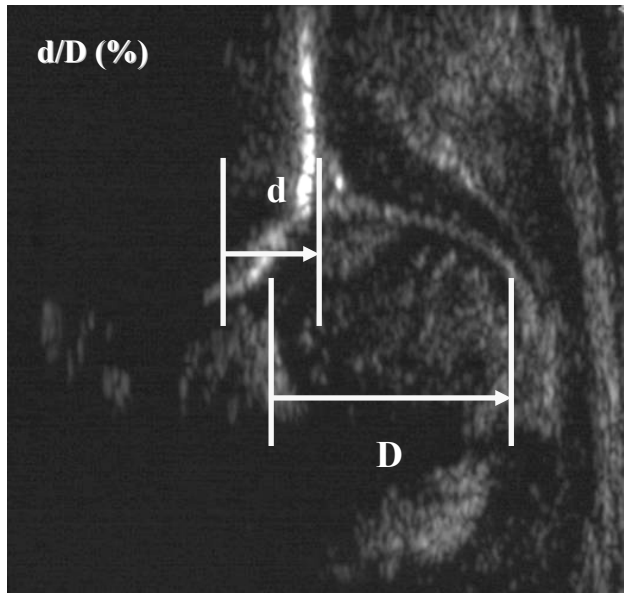
Ъгълът α отразява костното покритие на бедрената глава от ацетабулума и колкото по-малък е ъгълът – толкова по-голяма е степента на децентрация. Динамиката на α -ъгъла в хода на 1^{та} година от живота на децата със здрави стави се характеризира с т.нар. "матурационна крива". Тази крива отразява зависимостта: Средната стойност на α -ъгъла пресича 60-градусовата граница около 2 месечна възраст, след това достига 64° на 4 месеца. Това 64-градусово ниво остава почти непроменено до края на първата година от живота.

Ъгълът β отразява хрущялното покритие на бедрената глава от ацетабулума и колкото по-голям е ъгълът – толкова по-голяма е степента на децентрация.

Находките от статичния сонографски образ се степенуват в т.нар. типове по Graf и на базата на α - β - ъглови измервания се разпределят в един от 4^{те} основни типа според класификацията на автора. Тази класификация се базира на степента на изместване на бедрената глава и асоциираната деформация и забавяне в растежа на ацетабуларния покрив.

2.3.1.2. Съотношение d/D на Morin.

С. Morin и Т. Nargeske скенират тазобедрена става в короналната равнина, но ползват секторен трансдюсер и характеризират морфологично ставата чрез т.нар. „процент на покритие” на бедрената глава от костния ацетабулум.



ФИГ.2. „Индекс на ацетабуларната дълбочина” d/D на Morin.

Това покритие се измерва чрез процентното съотношение d/D , при което дистанцията d е дълбочината на костния ацетабуларен покрив, а дистанцията D отразява диаметъра на бедрената глава (Фиг.2). В по-късните си изследвания, Morin използва не секторен, а линейрен трансдюсер и прави статистическа оценка на достоверността на всички измервани показатели, като използва паралелно и α -ъгъла на Graf. Авторът променя определението на d/D като „индекс на ацетабуларната дълбочина” защото този индекс характеризира формата на ацетабулума. Използва се за оценка на подобрението в ацетабуларното развитие като функция на потенциала на ацетабулума да покрива феморалната глава. Morin установява, че „индексът на ацетабуларната дълбочина” d/D под 40% корелира с абнормален рентгенографски AI и d/D над 56% с нормален AI. Авторът намира статистически по-добра корелация между AI и d/D отколкото между AI и α -ъгъла.

2.3.1.3. Описание на ехогеността на хрущялния покрив.

Ехогеността на хрущялния покрив (Фиг. 3) се описва като:

- НОРМАЛНА, при липса на ехогенност в хиалинно-хрущялния покрив,
- УВЕЛИЧЕНА, като се отчита и за наличието на деформация на лабрума и покрива.



ФИГ. 3. Тазобедрената става в коронална неутрална равнина.

А) СХЕМА

Б) НОРМАЛНА СОНОГРАМА. Структурата на нормалния хрущялен покрив е не-ехогенна и завършва с къс триъгълен фиброзен връх (Labrum) с повишена ехогенност. Стрелката посочва хрущялния покрив.

В) ПАТОЛОГИЧНИЯТ хрущял става ехогенен извън границите на лабрума поради трансформирането на хиалинния хрущял в деформиран фиброхрущял (маркиран със стрелка).

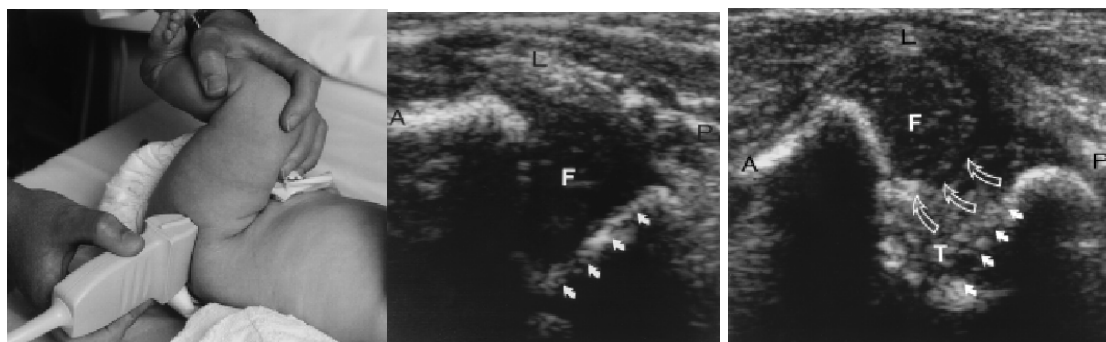
2.3.2. УЗВ параметри за оценка на стабилността на тазобедрената става

2.3.2.1. Стабилността на тазобедрената ставата се оценява по динамичния метод на Нарске.

Техниката на Нарске включва изследване на тазобедрена става през латерален и задно-латерален достъп в короналната и транзверзалната равнини при неутрално или флектирано (в абдукция/аддукция) бедро, статично и в динамика, без и със стрес маневри. Изследването на всяка става включва 2 ортогонални проекции и минимум 6 образа.

В короналната равнина ставата се изследва при неутрално или флектирано на 90° бедро. В неутралната позиция се оценява детайлно ацетабуларната морфология и се правят измервания (ъгливи и процентни) за качествена оценка. Във флектираната позиция се оглежда срединната част от ацетабулума както и задната граница на ацетабуларната ямка особено когато се прилага стрес по оста на флектираното бедро, за да се види дали част от бедрената глава ще се визуализира зад задния ръб на трирадиалния хрущял.

В транзверзалната равнина ставата също се изследва при неутрално или флектирано на 90° бедро (Фиг.4).

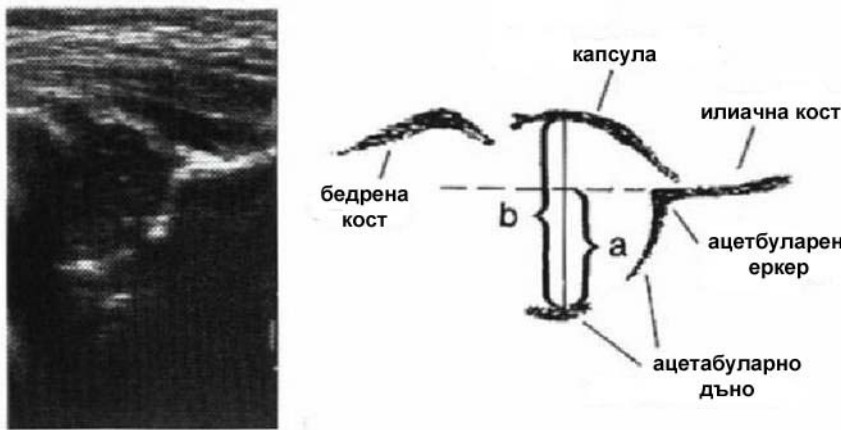


ФИГ.4. Изследване по техника на Нарске в транзверзалната равнина при флектирано на 90° бедро.

В неутралната позиция се проследява за отклонение на бедрената глава в посока назад, латерално и нагоре спрямо ацетабуларната ямка. Във флектираната позиция се оглежда заднолатерално дали бедрената глава се измества спрямо ацетабулума при аддукция и стрес по оста на бедрото както при клиничния тест на Barlow. След това се премахва стреса и се наблюдава каква част от главата се репонира в ацетабулума при абдукция както при клиничния тест на Ortolani.

2.3.2.2. Индекс FHC на Terjesen.

За разлика от съотношението d/D на С.Могin, което характеризира ацетабуларната дълбочина, Terjesen въвежда индекса FHC (Femoral Head Coverage) – „индекс на покритие на бедрената глава от костния ацетабулум“ като индикатор за центража на ставата. Индексът $FHC = a/b \times 100\%$, като дистанцията a е частта от диаметъра на бедрената глава, която е покрита от костния ацетабулум, а дистанцията b е диаметъра на бедрената глава. (Фиг.5)



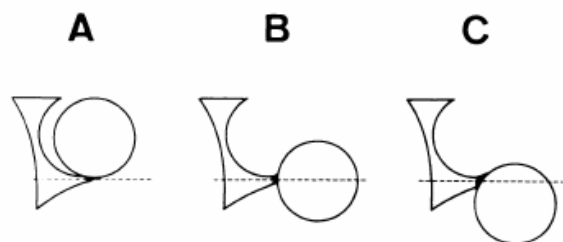
ФИГ.5. Индекс FHC (Femoral Head Coverage) на Terjesen.

Индексът FHC се изчислява при екстензирано бедро и неутрална позиция относно аддукция/абдукция, без прилагане на стрес по оста на бедрото. Средната величина на FHC при новородени е 55%, 54% при момичета и 56% при момчета, а най-ниската нормална стойност (средна – 2 SD) е 45%, 44% при момичета и 47% при момчета. Индексът FHC на нормалните стави нараства с възрастта и на 4-5 месечна възраст най-ниската му нормална стойност е 52%. Препоръчва се $FHC > 50\%$ да се смята за нормална става. При $FHC 40-50\%$, ставата е дисплазична, при $FHC 10-40\%$, ставата е сублуксирана, а при $FHC < 10\%$, ставата е луксирана.

2.3.2.3. Класификация на S.Suzuki

Suzuki използва преден достъп в транзверзалната равнина, но осъществява наблюдението на двете стави едновременно с голям линейен трансдюсер, като бедрата са първоначално в позиция 1 – екстензирани и аддуцирани, а след това в позиция 2 – във флексия и абдукция. При нормална става преминаването от една в друга позиция не променя позицията на бедрената глава спрямо ацетабулума. При нестабилност бедрената глава в позиция 1 най-често се измества латерално и напред, което е свързано с

предно-медиално изместване на надлежащия *m.iliacus*, а ацетабуларната ямка се запълва с ехогенен интерпониум. При наличие на патология в позиция 1, авторът препоръчва да се премине към скениране в позиция 2, в която бедрената глава най-често се измества зад ацетабулума. Способността на главата да се репонира в ацетабуларната ямка при флексия с абдукция е в основата на класификацията на Suzuki (Фиг.6). Тежестта на патология се разпределя в типове – А, В и С, с подтипове А I и А II, както и В + и В –. При тип А I, в позиция 1 са налице 3^{те} белега за децентрация (латерализация на бедрената глава, медиално изместване на надлежащата мускулатура и вътреацетабуларен интерпониум), но в позиция 2 ставата е със запазена концентричност. При тип А II, ставата е със загубена концентричност, но главата е с лекостепенно приплъзване назад без да е загубила контакт със задната вътрешна стена на ацетабуларната ямка. При тип В, бедрената глава е с още по-голямо изместване назад, като нейният център е на нивото на най-задната граница на ацетабулума и е в контакт с нея. При тип В + клиничният феномен на наместване на Ortolani е позитивен, докато при тип В – е негативен. При тип С, бедрената глава е напълно изместена зад ацетабуларната ямка, като нейният център е зад нивото на най-задната граница на ацетабулума.



ФИГ.6. Класификацията на Suzuki.

2.3.2.4. ДИНАМИЧЕН ИНДЕКС НА АЦЕТАБУЛАРНОТО ПОКРИТИЕ

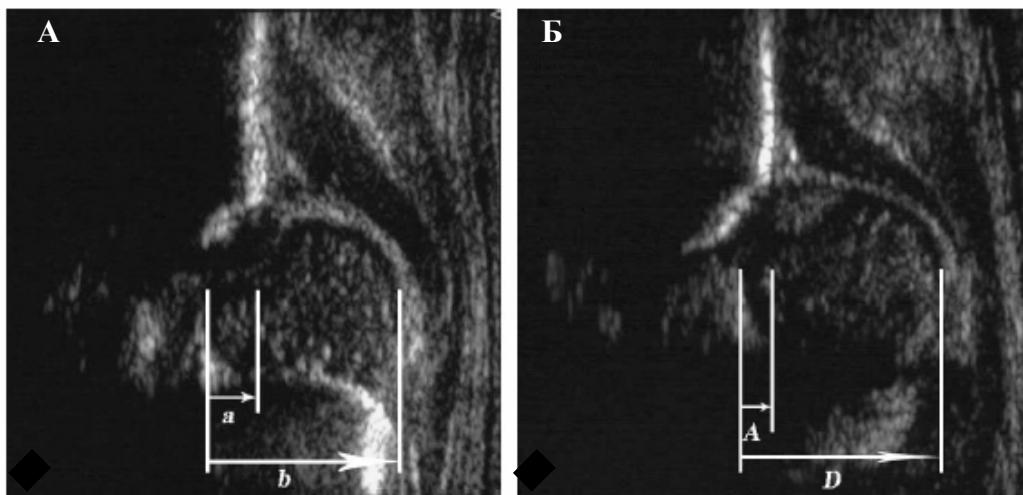
За целта на настоящото изследване въведохме нов сонографски параметър, чрез който по-обективно да се оценява състоянието на тазобедрената става в динамика по метода на Nagске. Нарекохме го „Динамичен индекс на ацетабуларното покритие”. Той се измерва в короналната равнина във флексия с аддукция и се различава от съотношението d/D на Morin и индекса FHC на Terjesen.

Съотношението d/D на Morin е морфологична мярка – индикатор за дълбочината на ацетабулума, а не динамична мярка за изместването на бедрената глава.

Индексът FHC на Terjesen (Фиг.7А) е индикатор за центража на тазобедрена става и може да оценява стабилността и наместването ѝ.

При ДИАП (Фиг.7Б) използваме същите отправни точки както при FHC, но вместо да се измерва в коронална-неутрална равнина, измерванията се провеждат в реална стрес проекция, а именно в коронална-флексийна равнина с максимална аддукция. Тази стрес проекция осигурява много по-точни

измервания за реалната степен на нестабилност на ставата. Измерването на ДИАП е следното: $ДИАП = A/D$. Референтна линия 1 е тангенциална на най-медиалния ехографски контур на бедрената глава. Референтна линия 2 е тангенциална на правото ехо на илиачната кост, която при линейарен трансдюсер и правилно позициониране на лъча през средата на ацетабулума трябва да е паралелна на основата на самия ехографски образ. Тази линия пресича еркера и е подобна на радиографската линия на Perkins. Референтна линия 3 е тангенциална на най-латералния ехографски контур на бедрената глава, покрит от ставната капсула. Дистанция А се измерва между линия 1 и линия 2 и отразява частта от бедрената глава, покрита от костния ацетабулум когато бедрената глава е изместена под стрес в аддукция извън ацетабуларната ямка. Дистанция D се измерва между линия 1 и линия 3 и отразява диаметъра на бедрената глава. Процентното съотношение A/D определя ДИАП.



Фиг. 7А. Ехография в коронална-неутрална равнина с измерване на покритие на бедрената глава на Terjesen $FHC = a/b = 24\%$.

Фиг. 7Б. Същата става, но в коронална равнина с флексия и аддукция с измерване на ДИАП – динамичен индекс на ацетабуларното покритие на бедрената глава, $ДИАП = A/D = 11\%$. Забележете по-голямото изместване на бедрената глава в стрес проекцията, както и намалението на процентното ѝ покритие.

2.3.2.5. Класификация на нестабилността и морфологията

За по-детайлна оценка на патологията на ставите в движение и статика разработихме и внедрихме собствена оригинална класификация (Табл.1).

В динамика, в короналната и трансверзалната равнини с флексия и абдукция, възможността за репозиция на ставите с изразена нестабилност ги определя като: Репонабилни, Частично репонабилни и Нерепонабилни.

Репонабилни – ставите, които при флексия и абдукция се наместват,

Частично репонабилни – частично се центрират в ацетабуларната ямка,

Нерепонабилни – въобще не се центрират.

Описанието на центража на бедрената глава спрямо най-задния ръб на ацетабуларната ямка в латерална трансверзална равнина с флексия и абдукция е много сходно с описанието на Suzuki, който използва предната трансверзална равнина с 3-групова класификация.

Ставата в динамика се разделя на: **Стабилна** (ДИАП >50%), **Средна сублуксация** (ДИАП 35-50%), **Тежка сублуксация** (ДИАП 10-35%) и **Луксация** (ДИАП <10%).

В статика, **Центрирани** са ставите със средна и лека дисплазия (типове с подтипове I до II по Graf), **Децентрирани** са тежките дисплазии (подтиповете на III по Graf). Ставите от тип IV по Graf с инвертиран и компресиран ацетабуларен лабрум не са включени в изследването, защото закритата или кръвна репозиция на ставата са винаги първият избор на метод на лечение.

По време на лечението със стремената се провеждат серийни ултразвукови прегледи с щателни измервания на гореспоменатите ултразвукови морфологични и динамични показатели и се отчита динамиката им в хода на лечението. Ултразвуковите изследвания се провеждат на 2 седмици при тежките степени на заболяването и на 4 седмици – при по-леките степени.

Таблица1. Ултразвукова класификация на стабилността и морфологията на тазобедрената става.

УЛТРАЗВУКОВА КЛАСИФИКАЦИЯ НА НЕСТАБИЛНОСТТА		
ТЕЖЕСТ	ДИНАМИЧЕН ИНДЕКС АЦЕТАБУЛАРНО ПОКРИТИЕ (%)	
Нерепонабилна Луксация	ДИАП < 10% и бедрената глава е нерепонабилна при абдукция/флексия.	
Частично репонабилна Луксация	ДИАП < 10% и бедрената глава е репонабилна при абдукция/флексия.	
Тежка Сублуксация, репонабилна	ДИАП в диапазона 10-35%.	
Средна Сублуксация, репонабилна	ДИАП в диапазона 35-50%.	
Стабилни	ДИАП >50%	
УЛТРАЗВУКОВА КЛАСИФИКАЦИЯ НА ПАТОМОРФОЛОГИЯТА		
ТЕЖЕСТ	α-ъгъл	
Центрирани	Лека Дисплазия α-ъгъл в диапазона 50° - 59°	Средна Дисплазия α-ъгъл в диапазона 43° - 49°
Децентрирани	Тежка Дисплазия (III A Graf) α-ъгъл под 43°, хипоехогенен хрущялен покрив	Тежка Дисплазия (III B Graf) α-ъгъл под 43°, ехогенен хрущялен покрив

2.4. Рентгенографски методи

Всички пациенти са проследени рентгенографски със серийни фасови рентгенографии на тазобедрените стави в края на лечението със стремената и ежегодно след прохождането в хода на израстването на лекуваното дете.

Следните рентгенографски критерии са използвани за оценка в настоящото проучване:

2.4.1. Наличие на осификационно ядро, Наличие на ацетабуларно вдлъбване на Portinago в костния еркер.

2.4.2. Наличие на **Ацетабуларна дисплазия**

Рентгенографските показатели за оценка на ацетабуларната дисплазия в различните възрастови групи са:

2.4.2.1. До 4 год. възраст – според ацетабуларния индекс AI на Hilgenreiner.

2.4.2.2. Над 4 год. възраст – според ъгъла CEA на Wiberg.

2.4.2.3. Перзистиращата или късна ацетабуларна дисплазия се определя по критериите на Fredensborg и критериите на Terjesen, представени в Табл.2.

Табл.2. Рентгенографски критерии за Късна Ацетабуларна Дисплазия.

РЕНТГЕНОГРАФСКИ КРИТЕРИИ ЗА КЪСНА АЦЕТАБУЛАРНА ДИСПЛАЗИЯ		
Възрастови интервали	AI °	Wiberg CEA °
До 1 година	$\geq 32^\circ$	
1-2 години	$\geq 30^\circ$	
2-3 години	$\geq 28^\circ$	
3-4 години	$\geq 26^\circ$	
4-8 години		$< 15^\circ$
8-12 години		$< 20^\circ$

2.4.3. Критерии и класификация на ятрогенната асептична некроза на бедрената глава

2.4.3.1.1. Критерии на Salter

2.4.3.1.2. Класификация на duPont – Kalamchi & MacEwen.

2.4.4. Методи за оценка на сферичността на бедрената глава – по модифицираната от Herring класификация на Knud Mose.

2.4.5. Класификация на анатомичната редукция на тазобедрената става –

За центража на бедрената глава в ацетабуларната ямка се използва четири-степенната класификация на Tönnis.

Рентгенографии се правят в края на лечението, във възрастта на стабилно прохождение и след това.

2.5. Статистически методи

2.5.1. Общо описание

Статистическата обработка на данните е извършена със статистически пакет SPSS Version 10.0 и Excel Microsoft Office XP. Нивото на значимост при което се отхвърля нулевата хипотеза е $p < 0.05$.

2.5.2. Методи на анализ

2.5.2.1. Първична обработка (Дескриптивен анализ).

Иследвани са показателите: Средна аритметична величина X ; Стандартна грешка и Стандартно отклонение; ANOVA – Вариационен анализ.

2.5.2.2. Статистическа зависимост между променливи:

А) За непрекъснати променливи:

- Регресионен анализ.
- Т-тест.

Б) За категорийни променливи:

Използвани са кростаблици (crosstabulation) – таблици на взаимна свързаност на променливи, с тестове:

- χ^2 - Likelihood ratio / Максимално правдоподобие.
- Fisher's exact test / Точен тест на Фишер.

2.5.3. Работни хипотези

2.5.3.1. Групи на разпределение според ранен и късен резултат.

За целта на анализа на крайните резултати, лекуваните тазобедрени стави бяха класифицирани в 3 групи според ранния им отговор на лечение в стремената, както и в зависимост от рентгенографията на късно проследяване след минимум 4 години.

А) Групата на неуспешна ранна репозиция включва ставите, които са показали перзистираща нестабилност и липса на подобрение в ацетабуларната морфология, поради което след пробен период от 3-4 седмици е прекъснато лечението със стремената и преминало към друг метод на лечение.

Б) От групата на успешна ранна репозиция се оформят 2 отделни групи – група на Пълен Успех и група на ранен успех, но с Късни Последици.

Групата на **Пълен Успех** включва ставите, които са излекувани в ранен етап успешно със стремената и на късната рентгенография демонстрират нормална морфология на ацетабулума и на проксималния фемур.

Групата на **ранен успех, но с Късни Последици** включва ставите, които са излекувани в ранен етап успешно със стремената, но на късно рентгенографско проследяване след минимум 4 години демонстрират патологична морфология: наличие на КАД и/или АВН.

2.5.3.2. Първа хипотеза.

Първо, се изследва хипотезата, че ставите с КП следват различен модел на възстановяване в хода на лечението от ставите с ПУ. Показателите ДИАП, α -ъгъл на Graf, съотношение d/D на Morin се наблюдават поотделно за всяка става в хода на 5 поредни ехографски прегледа по време на лечението със стремената. С всяка следваща визита в хода на успешното лечение се очаква трите ехографски показателя да нарастват и се търси дали начинът на

повишаване на ДИАП, α -ъгъла и d/D е различен за групата на ПУ спрямо групата на КП.

Тази хипотеза се изследва чрез използването на ANOVA тест, като за всеки от соно-показателите е използван отделен ANOVA тест. Всеки анализ използва СТАВИТЕ като примерна единица, а петте ехографски ВИЗИТИ като повторяем фактор на измерване. Крайният СТАТУС (5 КП стави срещу 82 ПУ стави) се използва като фактор между примерните единици. За по-детайлно изследване на взаимодействието между ВИЗИТА и СТАТУС е използван регресионен анализ.

2.5.3.3. Втора хипотеза.

Второ, се изследваха отделни сонографски критерии на началната сонография с цел отдиференциране на 5^{те} стави с КП от 82^{те} стави с ПУ измежду 87^{те} стави, лекувани успешно със стремената на ранен етап. Създадени бяха крос-таблицы, в които се регистрира в табличен вид крайният изход (КП или ПУ) срещу прогнозируемия изход само за 87^{те} стави. Създадени са отделни крос-таблицы за следните УЗВ параметри, прогнозиращи КП:

А) ДИАП от 22% и по-малко,

Б) Алфа-ъгъл под 43°,

В) Критерий „наличие на ехогеност” в нормално неехогенния хиалинен хрущялен покрив.

Точният тест на Фишер (Fisher's exact probability test) се използва за оценка на прецизността на всеки от сонографските параметри.

Тестът χ^2 за максимално правдоподобие (χ^2 - Likelihood ratio) се използва за определяне значимостта на всеки от прогностичните соно-параметри, както и за възможните двупосочни взаимодействия помежду им.

РЕЗУЛТАТИ

1. Демография на пациентите

1.1.1. Пол.

Четиридесет и девет (89%) са момичета и шест са момчета (Фиг.8).



ФИГ.8. Разпределени по пол.

1.1.2. Раса. Етнос.

Кавказка раса са 91%, латински етнос - 5% и 4% са от черната раса (Фиг.9).



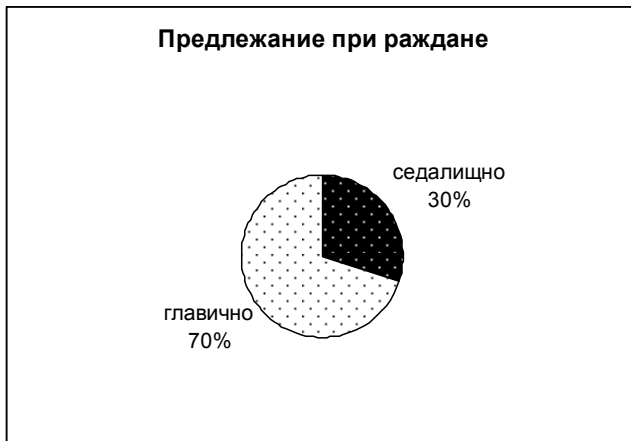
ФИГ.9. Расово и етническо разпределение.

1.1.3. Поредност на раждане.

Първородени са 62%, второ по ред раждане – 30% и трето по ред раждане – 8% от лекуваните деца.

1.1.4. Бременност и раждане.

С патология по време на бременността са родени 11% от децата в изследването. Родени със седалищно предлежание са 30% от бебетата (Фиг.10).



ФИГ.10. Предележание преди раждане.

1.1.5. Фамилност.

Фамилна предиспозиция е намерена в 17%.

1.1.6. Асоциирани аномалии.

От асоциираните аномалии има 2 деца с torticollis, едно с конгенитална дислокация на коляното, едно с конгенитален талус вертикалис, едно със синдактилия на ръката и едно с фрактура на клавикулата.

1.1.7. Страна на засягане.

Четиридесет и пет пациента (82%) са с двустранно засягане (90 стави) и десет пациента са с едностранно засягане (общо 100 патологични стави). Лявата страна е засегната в 54 стави (54%), дясната – в 46 стави (46%).

1.1.8. Възраст при начало на лечението.

Средната възраст при начало на лечението е 26 дни. За успешно лекуваните със стремена стави средната стартова възраст е 26 дни, а за ненаместените със стремена стави е 21 дни.

1.1.9. Период на проследяване.

Средният период на проследяване на 55^{те} пациента е 5.3 години (от 4 години до 9 години и 9 месеца).

1.1.10. Продължителност на лечение.

Средната продължителност на лечение е: период на постоянно носене на стремената – 53 дни, период на отвикване от стремената – 40 дни, общ период на лечение в стремената – 93 дни. Трябва да се отчита факта, че 36% от лекуваните пациенти са вторични, тоест – първоначално лекувани със стремена в друг център и след това поети от нас и поради което, за да не дава отражение върху продължителността на лечението в стремената е отчетено времето на лечение само при нас, но възрастта на начало е съответно по-голяма (26 дни вместо 16 дни). Според тежестта на начална нестабилност на ставите, общият период на лечение в стремената е 97 дни за средните сублуксации и 106 дни за тежките сублуксации и луксации.

Пробният период за лечение в стремената за неуспешно лекуваните стави е средно 24 дни преди да се премине към алтернативни методи на лечение.

2. Клинични резултати

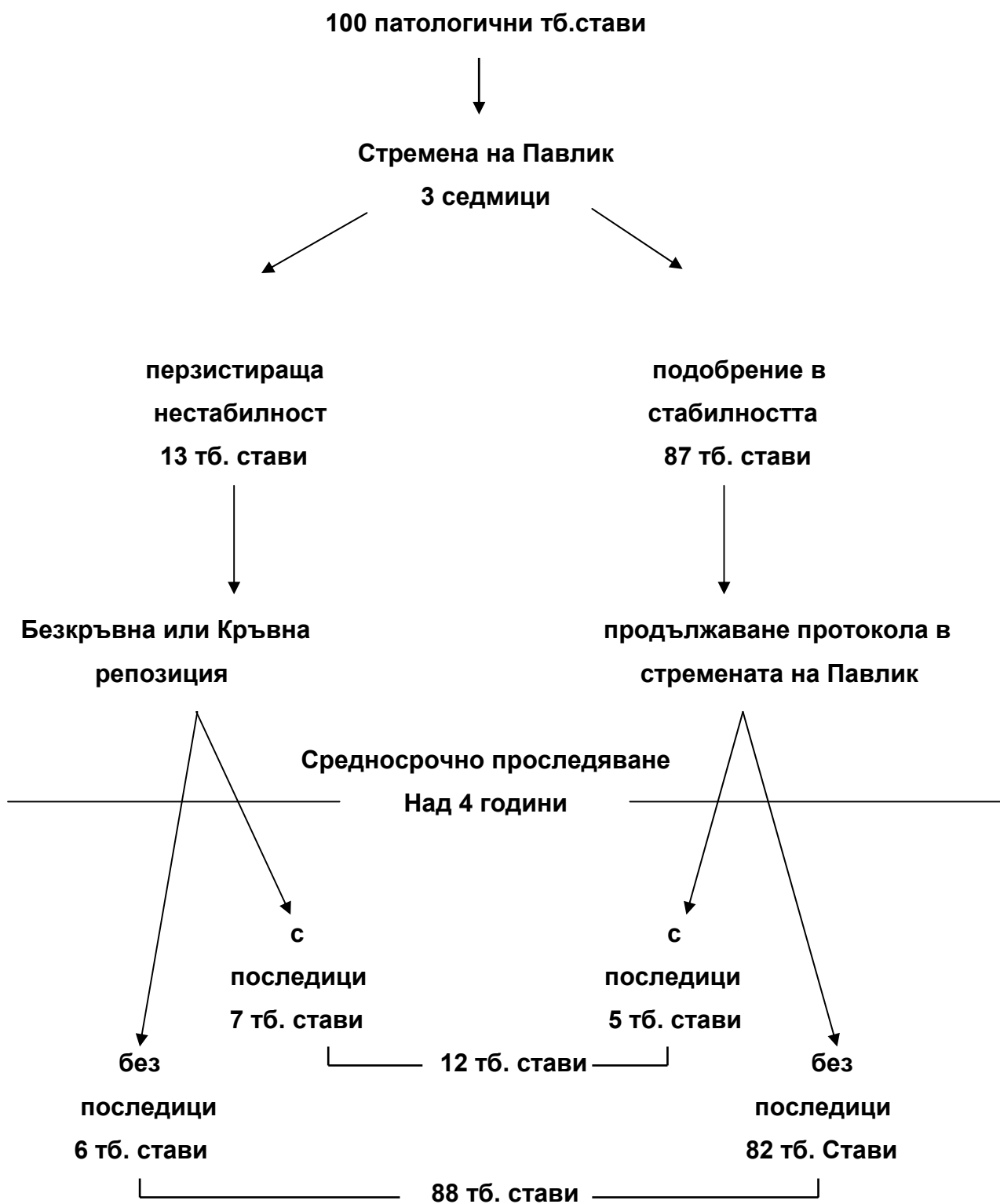
Съпоставката между клинични и начални сонографски параметри е следната:

2.1.Ограничение на абдукцията при първия преглед е наблюдавано само в 17% от ставите и слабо е кореспондирало с тежестта на патологията на първата сонография.

2.2.Клиничният тест на Ortolani се е позитивирал само в 12 стави (12% от всички стави), като в една от тези стави динамичната ехография е показвала невъзможност за репониране при абдукция и флексия, а в друга става – патологията е била с характера на средна сублуксация на динамичен стрес тест и лекостепенна дисплазия на ацетабуларната ямка. Останалите 10 стави с положителен тест на Ortolani са били на ехографско изследване с тежка сублуксация и луксация, частично и напълно репонабилни и тежка дисплазия на ацетабулума.

2.3.Клиничният тест на Barlow се е позитивирал в 41 стави (41% от всички стави), докато на ехографски динамичен тест в аддукция, флексия и стрес по оста на бедрото всички 100 стави са били нестабилни.

3. Глобални резултати според изхода от лечението (Фиг.11)



ФИГ.11. Диаграма показваща глобалните резултати според крайния изход от лечението.

В зависимост от ранния отговор на лечението със стремената, ставите са разделени на 2 групи:

3.1. Група на успешна ранна репозиция (Фиг.11)

Осемдесет и седем стави (87% от всички лекувани стави) са показали съществено подобрение през пробните първи 3 седмици от лечението със стремената. Лечението е продължило с период на постоянно носене на стремената, след това и период на отвикване.

Не е открито нарушение в активната функция на m.quadriceps при нито една от лекуваните стави в серията от клиничните визити по време на носенето на стремената.

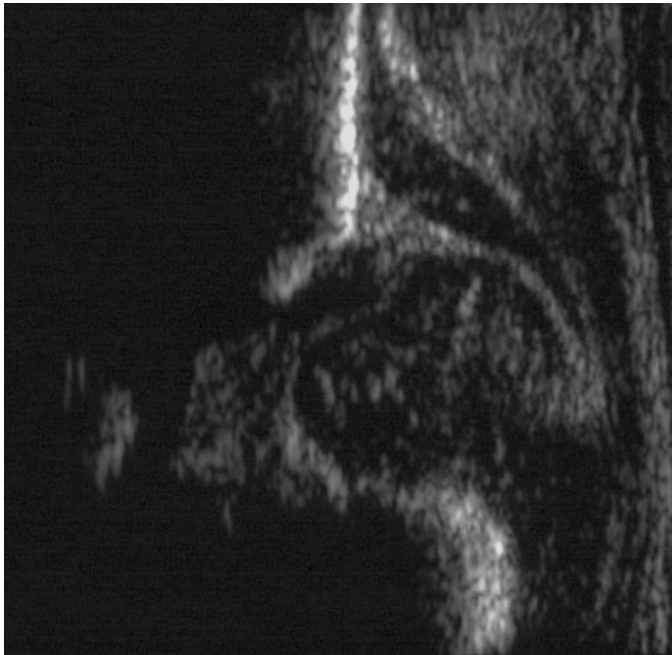
Последният клиничен преглед след минимум 4-годишно проследяване показва нормален обем на движение в тазобедрените стави и нормална походка, без наличие на разлика в дължината на крайниците при всички пациенти.

Тази група на успешна ранна репозиция се разделя на 2 подгрупи – **подгрупа на пълен успех** и **подгрупа с късни последици**.

Серийните рентгенографии в периода от края на лечението със стремената до последната контролна визита за всички 87 стави, показват нормален рентгенографски образ при 82 стави. Тези стави съставляват **подгрупата на пълен успех**.

В останалите 5 стави (6% от всички успешно рано лекувани със стремена стави, 5% от общо всички стави) са наблюдавани отклонения от нормата. Тези стави съставляват **подгрупата с късни последици**. Между тези 5 стави с последици (Фиг.12) има 4 стави с КАД и при една от тях има едновременно и тип I АВН на бедрената глава. Има и още една става с транзиторна тип I АВН без КАД. Ацетабуларната дисплазия при 2 от ставите е хирургично коригирана с остеотомия на таза по Salter, а другите 2 стави са под наблюдение. Според модифицираната от Herring класификация на Mose, сферичността на бедрената глава при всички 87 стави е определена като добър резултат. Според класификацията на Tönnis, всички стави са 1^{ba} степен.

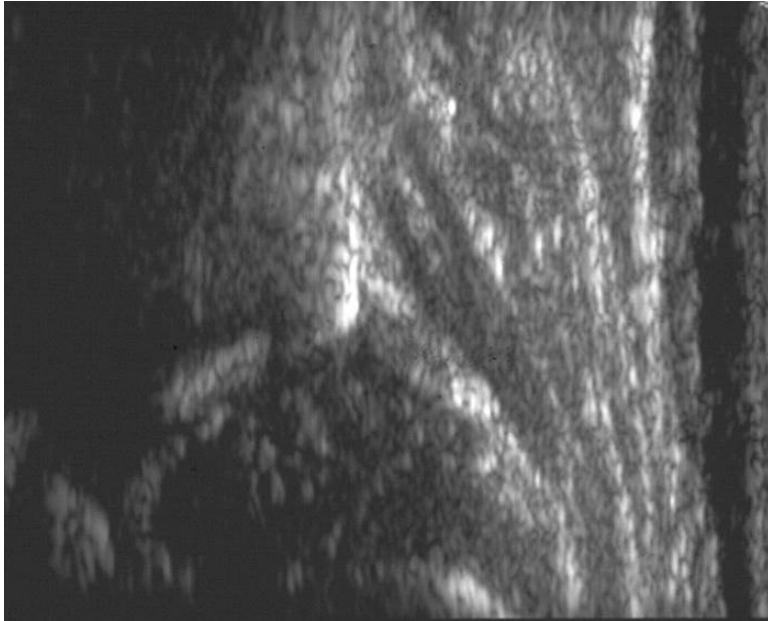
Фиг.12 А - 3. Серийни сонографии и рентгенографии на момиче с левостранна сублуксирана тазобедрена става, лекувана успешно рано със стремена на Павлик, но на рентгенографско проследяване след 5 години и 2 месеца се позитивира късна ацетабуларна дисплазия.



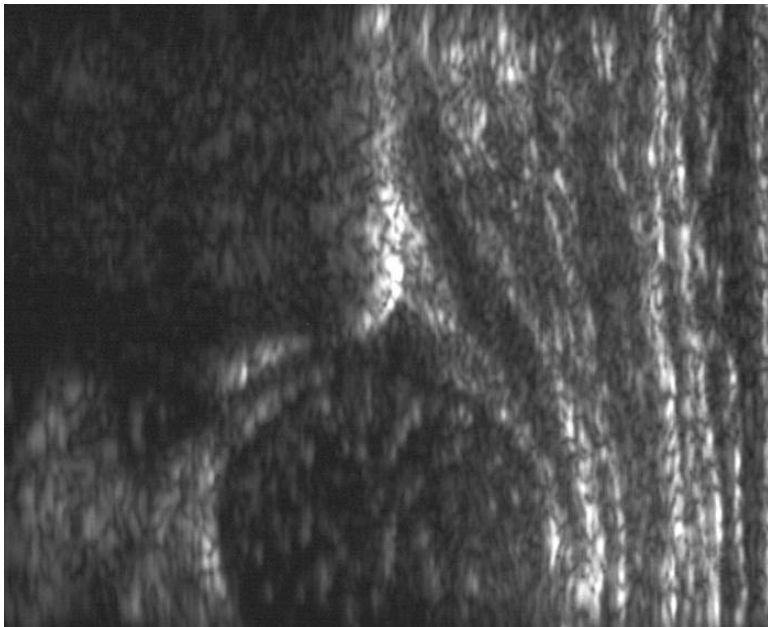
Фиг.12 А. Сонографията в коронална неутрална равнина на 7-дневна възраст показва децентрирана става с изразена дисплазия - тип III В по Graf с невъзможен за измерване α -ъгъл и ехогенен хрущялен ацетабуларен покрив, патологично трансформиран от хиалинен във фиброхрущял.



Фиг.12 Б. Сонографията в коронална равнина с флексия, аддукция и стрес по оста на бедрото, на 7-дневна възраст, показва истинската тежест на ставна нестабилност - ДИАП около 22%. Бедрената глава е сублуксирана краниално и латерално спрямо ацетабулума.



Фиг.12 В. Сонографията в коронална неутрална равнина, на възраст 14 седмици, при сваляне на стремената, показва нормално ацетабуларно развитие - тип I A по Graf с α -ъгъл 74° и нормална ехогенност на хрущялния ацетабуларен покрив.



Фиг.12 Г. Сонографията в коронална равнина с флексия, аддукция и стрес по оста на бедрото, на възраст 14 седмици, показва стабилна става с ДИАП 58%.



Фиг.12 Д. Сонографията в транзверзална равнина с флексия, на възраст 14 седмици, показва нормална – предна (вентрална) позиция на бедрената глава спрямо задния ацетабуларен ръб, дълбоко позиционирана в ямката.



Фиг.12 Е. Фасова рентгенография на възраст 1 година и 3 месеца, ацетабуларен индекс AI 29°. Нормално ацетабуларно развитие.



Фиг.12 Ж. Фасова рентгенография на възраст 3 години и 4 месеца, ацетабуларен индекс AI 28°. Лекостепенна ацетабуларна дисплазия със заобляне на ацетабуларната вежда.



Фиг.12 З. Фасовата рентгенография на възраст 5 години и 2 месеца, показва ацетабуларна дисплазия, измерена с CEA 12° на Wiberg.

3.2. Група на неуспешна ранна репозиция (Фиг.11)

От всички 100 стави, лекувани със стремена на Павлик първоначално за пробен 3-седмичен период, 13 стави (13%) са показали перзистираща нестабилност и липса на подобрение в ацетабуларната морфология, поради което е прекъснато лечението със стремената. Дванадесет от тези стави са наместени със закрыта репозиция под анестезия и поставени в гипс или ригиден апарат. При една става се е наложила кръвна репозиция поради неуспех на закрытата. Клиничният преглед след минимум 4 годишно проследяване показва нормален обем на движение в ставите и нормална походка при всички стави със закрыта репозиция. Само пациентът с кръвна репозиция има смущения в походката с разлика в дължината на крайниците с около 1.5см. Серийните рентгенографии в периода от края на лечението със стремената до последната контролна визита за всички 13 стави, показват нормален рентгенографски образ при 6 стави, докато в останалите 7 стави са наблюдавани отклонения от нормата. Всичките 7 стави са с КАД, определена спрямо измерванията на AI или СЕА, като при 2 от тях е имало едновременно АВН на бедрената глава. Една от АВН е тип III, а другата – тип IV по класификацията на Kalamchi & MacEwen.

Ацетабуларната дисплазия при 3 от ставите е коригирана хирургично с тазова остеотомия на Salter или модифицирана Salter-Kalamchi остеотомия, останалите 4 стави са под наблюдение. Дистален трансфер на големия трохантер е направен при ставата с тип IV АВН, която е била лекувана с кръвна репозиция след неуспеха на закрытата.

При оценка на сферичността на бедрената глава, от 13 стави – 11 са с добър резултат и 2 с лош резултат. Лоши резултати са наблюдавани при бедрените глави с АВН. Според класификацията на Tönnis всички стави са 1^{ва} степен.

4. Глобални резултати спрямо тежестта на началната узв. патология

4.1. Глобални резултати спрямо началната узв. нестабилност на лекуваните тазобедрени стави

Спрямо тежестта на нестабилност на тазобедрени стави при старта на лечението (Табл.3), глобалните резултати показват, че ставите със средна сублуксация (ДИАП 35-50%) са със 100% успех в кратко- и дългосрочна перспектива. Ставите с тежка сублуксация (ДИАП 10-35%) имат 95% успех при ранното приключване на лечението със стремената, като процентът намалява на 90% когато се вземат в предвид късните последици в дългосрочен план. Стремената на Павлик лекуват успешно 58% от частично репонабилните луксации в краткосрочен план, но при проследяване повече от 4 години се оказва, че напълно успешно без никакви късни последици са само 50% от ставите с подобна тежест на начална нестабилност. Всички нерепонабилни луксации попадат или в групата на неуспешна ранна репозиция със стремена или в групата на успешна ранна репозиция, но винаги с късни последици.

Табл.3. Таблица с разпределение на лекуваните тазобедрени стави в кратко- и дълго-срочен план спрямо степента на началната **ултразвукова нестабилност**.

Степен на Нестабилност	РЕЗУЛТАТИ			Общо тб.стави
	Пълен Успех	Успешна ранна репозиция но с късни последици	Неуспешна ранна репозиция	
Средна Сублуксация ДИАП 35-50%	34(100%)	0(0%)	0(0%)	34
Тежка Сублуксация ДИАП 10-35%	36(90%)	2(5%)	2(5%)	40
Частично репонабилни Луксации ДИАП < 10%	12(50%)	2(8%)	10(42%)	24
Нерепонабилни Луксации ДИАП < 10%	0(0%)	1(50%)	1(50%)	2
Общо тб.стави	82(82%)	5(5%)	13(13%)	100

4.2. Глобални резултати спрямо началната узв. патоморфология на лекуваните тазобедрени стави

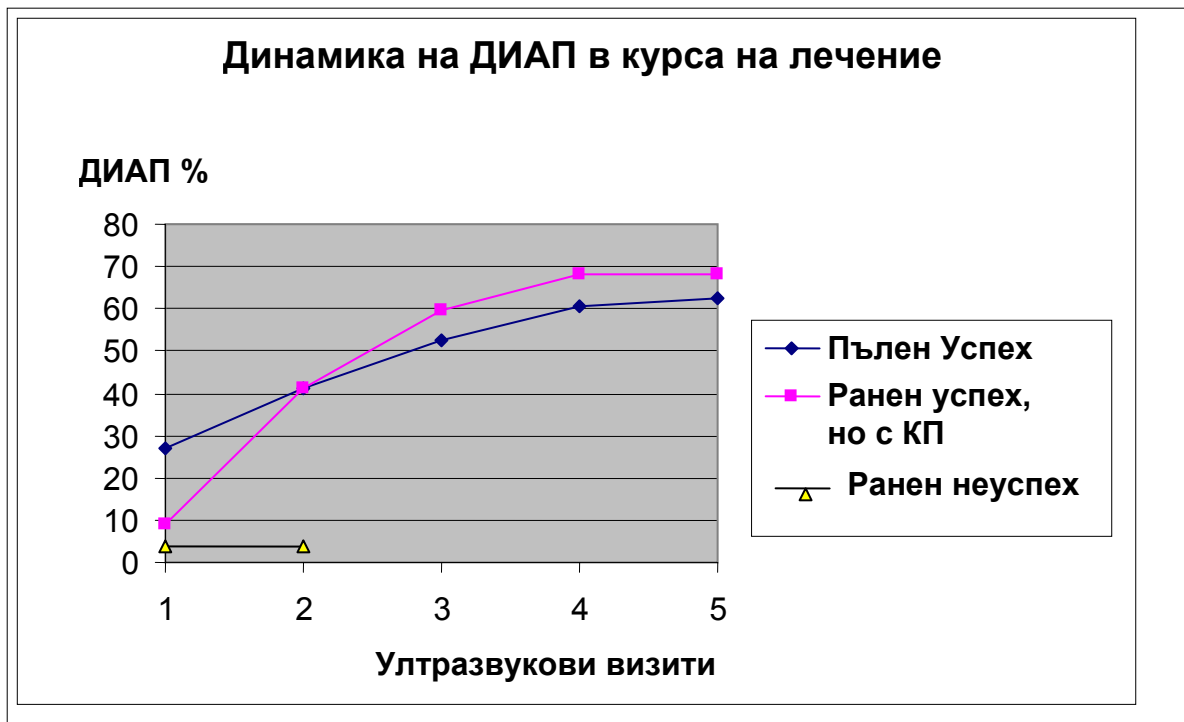
Според тежестта на начална ацетабуларна дисплазия (Табл.4), разпределението на резултатите показва, че всички стави с лека (α -ъгъл $50-59^\circ$) и средна дисплазия (α -ъгъл $43-49^\circ$), с центрирана в ацетабуларната ямка бедрена глава, завършват със 100% успех в кратко- и дългосрочен план. Децентрираните стави с тежка ацетабуларна дисплазия ($\alpha < 43^\circ$), тип IIIA по Graf имат 75% успех в кратко- и дълго-срочна перспектива. Стремената на Павлик лекуват успешно 58% от ставите тип IIIB по Graf при ранното приключване на терапията, но при проследяване повече от 4 години се оказва, че напълно успешно без никакви късни последици са само 39% от тях. Ставите от тип IV по Graf с инвертиран и компресиран ацетабуларен лабрум не са включени в изследването, защото закритата или кръвна репозиция на ставата са винаги първият избор на метод на лечение.

Табл.4. Таблица с разпределение на лекуваните тазобедрени стави в кратко- и дълго-срочен план спрямо степента на началната **ултразвукова морфологична увреда.**

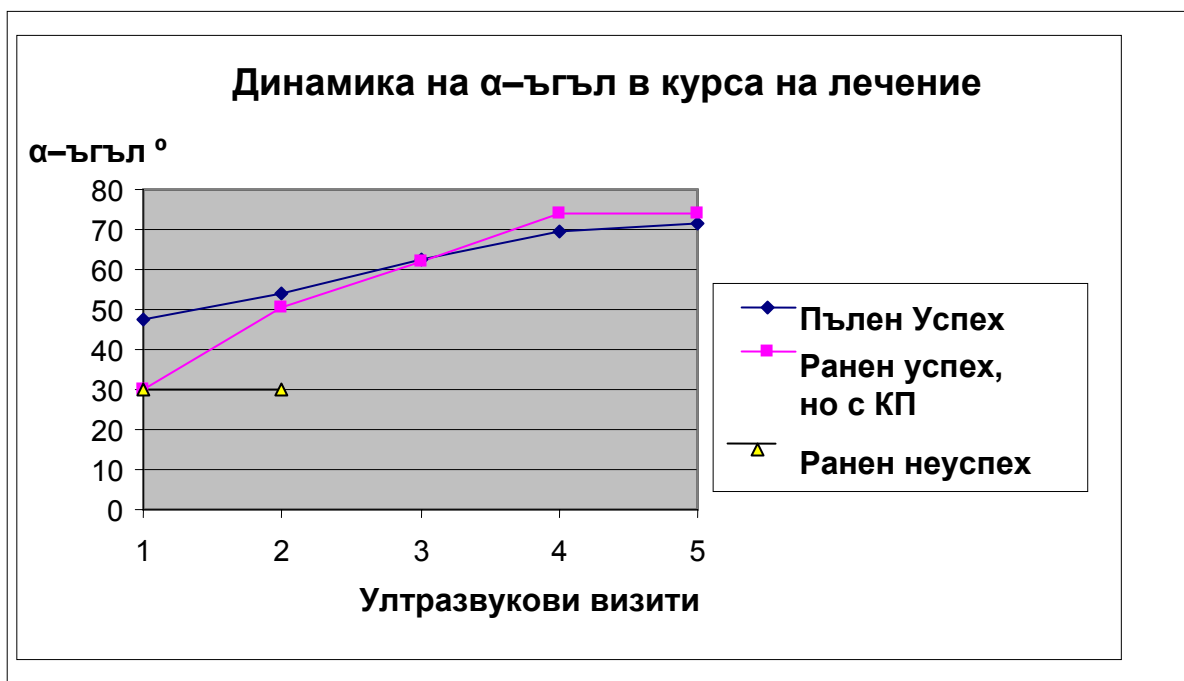
Тежест на ацетабуларната дисплазия		РЕЗУЛТАТИ			Общо тб. стави
		Пълнен Успех	Успешна ранна репозиция но с късни последици	Неуспешна ранна репозиция	
Ц Е Н Т Р И Р А Н И	Лека Дисплазия α -ъгъл 50-59°	42(100%)	0(0%)	0(0%)	42
	Средна Дисплазия α -ъгъл 43-49°	24(100%)	0(0%)	0(0%)	24
Д Е Ц Е Н Т Р И Р А Н И	Тежка Дисплазия (III A Graf) α -ъгъл < 43° неехогенен хрущялен покрив	6(75%)	0(0%)	2(25%)	8
	Тежка Дисплазия (III B Graf) α -ъгъл < 43° ехогенен хрущялен покрив	10(39%)	5(19%)	11(42%)	26
Общо тб.стави		82(82%)	5(5%)	13(13%)	100

5. Наблюдения върху динамиката в промените на определени узв. параметри в хода на лечението със стремената на Павлик

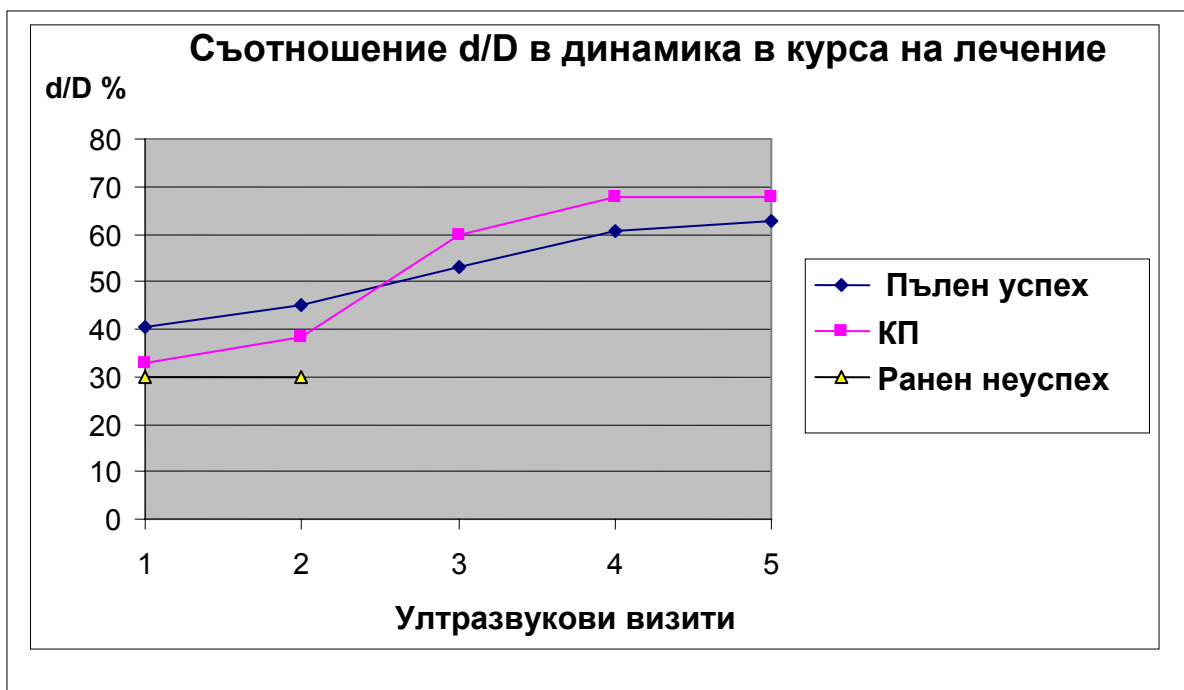
В търсене на прогностични белези за отдиференциране на ставите с пълен успех от ставите с ранен успех, но с късни последици, са изследвани в динамика няколко сонографски параметъра в периода на лечение със стремената – **ДИАП**, **α -ъгъл** и съотношението **d/D** (Фиг.13 А-В).



Фиг. 13 А. Динамика на ДИАП.



Фиг. 13 Б. Динамика на α -ъгъл.



Фиг. 13 В. Динамика на съотношението d/D.

Диаграмите от Фигура 13 показват на подробен статистически анализ ANOVA значително подобрение на 3^{те} УЗВ показателя в хода на лечението, като е отчетен значителен главен ефект на ВИЗИТА ($F(4,340) = 138.6, 116.5, \text{ и } 213.1$, всички $p < .01$, използвайки Box настройка за ДИАП, d/D съотношение, и алфа-ъгъла респективно). В нито един случай главният ефект на СТАТУС не е сигнификантен ($F(1,85)=0.01, p=.93$), но взаимодействието между СТАТУС и ВИЗИТА е сигнификантно едновременно за ДИАП и съотношението d/D, което показва, че двата показателя се променят като функция на СТАТУС за някои ВИЗИТИ, но не и за всички ($F(4,340) = 10.12, 10.05, p=.002$ коригирано чрез Box epsilon за ДИАП и съотношението d/D съответно).

За по-детайлно изследване на значимостта на взаимодействието между ВИЗИТА и СТАТУС е използван регресионен анализ.

Измерването на ДИАП при визита 1 е било значително по-малко за ставите с КП, сравнено със ставите с ПУ ($F(1,340)=24.28, p<.001$), като ставите с КП като цяло са имали значително по-ниски стойности на ДИАП ($t = -4.928, p<.001$). Измерването на съотношението d/D е статистически значимо различно между ставите с КП и ставите с ПУ на визита 1 и визита 2 ($F(1,340)=18.72, p<.001$). Не са правени сравнения с α -ъгъла на визита 1 защото когато α -ъгълът е по-малък от 43° , той се смята за неизмерим и в този случай сме приели 30° като средна величина за всички α -ъгли под 43° .

Трите изследвани ултразвукови показателя търпят значително подобрение в хода на успешното лечение. Сравнението на моделите на подобрение на ДИАП, съотношението d/D и α -ъгъла обаче не дават статистически сигнификантна разлика между ставите с КП и ставите с ПУ като цяло ($p=.002$). Единствената сигнификантна разлика е в измерването на ултразвуковите показатели на началната визита, със значително по-ниски стойности за ставите с КП спрямо ставите с ПУ ($p<.001$).

6. Ултразвукови критерии от началната сонография, прогнозиращи вероятността за късни последствия

За намирането на ултразвукови критерии за различаване на 5^{те} стави с КП от 82^{те} стави с ПУ измежду 87^{те} успешно лекувани със стремена стави, изследвахме следните сонографски параметри –

- **ДИАП $\leq 22\%$,**
- **α -ъгъл $< 43^\circ$ и**
- показател **„наличие на ехогенност** в хиалинно-хрущялния ацетабуларен покрив”.

Всичките три показателя осигуряват значителни нива на предсказване (Правдоподобност на Точен тест на Фишер < 0.01 във всички случаи) и всеки един от тях точно е предсказал късния неуспех в 5^{те} стави с КП (100% сензитивност). Трите показателя обаче се различават в степента на точност, с която прогнозират успеха на 82^{те} стави с ПУ, т.е. те се различават по своята специфичност. Показателят ДИАП $\leq 22\%$ осигурява 67% специфичност, показателя α -ъгъл $< 43^\circ$ – 80% специфичност и показателя „наличие на ехогенност” – 88% специфичност. Комбинацията на ДИАП $\leq 22\%$ и α -ъгъл $< 43^\circ$ с цел по-добра прогноза, не осигурява значително повишаване на точността на предсказване спрямо тази на α -ъгъл $< 43^\circ$ изолирано. Тестовите χ^2 – за максимално правдоподобие показват, че и двата показателя – α -ъгъл $< 43^\circ$ и „наличието на ехогенност” са с по-точни прогностични възможности от ДИАП $\leq 22\%$ ($\chi^2 = 6.81$ за α -ъгъл и $\chi^2 = 15.96$ за Ехогенност, $p < 0.01$). Изследването на необработения материал от тези крос-таблицы показва, че наблюдението върху ролята на показателите ДИАП $\leq 22\%$ и α -ъгъл $< 43^\circ$ не ни дава никаква информация в повече отколкото само наблюдението на показателя „наличие на ехогенност” що се отнася до специфичността на изследването.

ДИСКУСИЯ

Настоящото проучване се базира на подробния анализ на лекувани със стремена на Павлик 100 стави, избрани по критерий продължителност на проследяване минимум 4 години след края на лечението. Те отразяват строго избрана популация с изразена ацетабуларна дисплазия на развитието и изразена динамична нестабилност на неонаталната тазобедрена става, определени с образна ултразвукова диагностика. Статистическият анализ на техните кратко- и средно-срочни резултати от лечението обаче не отразяват задължително целия спектър от популацията с ДРТС. Случаите с краткосрочно проследяване са изключени. Процентите на успеваемост в краткосрочен план със стремената на Павлик със сигурност щяха да бъдат по-високи ако бяха включени случаи с по-краткосрочно проследяване. Освен това критерият на подбор – продължителност на проследяването минимум 4 години след края на лечението, е с потенциал да селектира само по-тежки случаи. Ортопедичният хирург е с нагласата да следи по-продължително само случаите с по-тежка патология. Фактът, че само 82 от всички лекувани със стремена 100 стави в дългосрочен план са без никакви последствия и с пълен успех на лечението, не е индикатор за общия процент на успеваемостта на стремената на Павлик в нашата институция, по-скоро отразява критериите на селекция на пациентите.

В настоящото проучване е използван оригинален **протокол на лечение в стремената на Павлик**. Лечението в стремената на Павлик се провежда под непрекъснат клиничен и ехографски контрол. Продължителността на лечението се определя от ултразвуковия мониторинг.

Първият повратен момент в лечението е постигането на динамична стабилност на лекуваната луксирана и нестабилна тазобедрена става на динамично ехографско изследване под стрес – флексия, аддукция и натиск по оста на бедрото, т.е. стойности на ДИАП >50%.

Вторият повратен момент в хода на лечението е постигането на задоволително възстановяване на първоначално увредената ацетабуларна морфология, т.е. тип I по Graf .

До постигането на динамична стабилност на ставата стремената се носят без да се свалят дори и за тоалет на бебето. Друг важен критерий за неотлъчното носене на стремената е наличието на дори и минимална ехогенност на хрущялния ацетабуларен покрив извън границите на лабрума.

След постигането на стабилност на лекуваната става, се разрешава по-свободен режим на носене на стремената – изваждане на бебето от стремената за тоалет.

По време на лечението в стремената майката е обучена да прави неколкостранно дневно абдукционни упражнения с цел постигане пълна абдукция в тазобедрени стави, като абдукцията се упражнява при различни градуси на флексия – под 90°, на 90°, над 90°. Това е подобие на използваната от проф.Бойчев гимнастика.

След постигането на 90° абдукция в тазобедрените стави, под подбедриците се поставят кърпи или за самите стремена се зашиват дунапренени гъби с цел ограничаване на абдукцията до 60°-70°.

След постигането на задоволителна ацетабуларна морфология (α -ъгъл по Graf >60 °) и стабилност (ДИАП >50%), започва период на отвикване от стремената по схема – в продължение на 1 седмица изваждане за по 2 часа

извън стрепената, втората седмица – 4 часа, третата седмица – 8 часа и четвъртата седмица – 12 часа (т.е само нощно време). На ехографската контрола на 1 месец в периода на отвикване, при липсата на перфектна ацетабуларна морфология в случаите на тежка начална степен на патология, стрепената се носят нощно време още 1 месец.

Анализът на демографията на пациентите е типичен за ДРТС. Момичетата превъзхождат като честота на засягане момчетата, като полът не е определящ нито за ранния неуспех на стрепената, нито за появата на късни последствия след ранно успешно лечение. Заболяването определено преобладава в бялата раса, като процентът на засягане на черната раса е минимален. Повечето от лекуваните деца са първородени. Седалищното предлежание присъства като рисков фактор в около 30% от лекуваните деца, фамилната предиспозиция е в 17%.

Ограничението на абдукцията при първия преглед слабо е кореспондирано с тежестта на патологията на първата сонография, защото абдукцията е била ограничена само в 17% от ставите с категорично изразена на ултразвуково изследване патология. Това лесно се обяснява с ранната възраст при начало на лечението и съответно недостатъчното време за развитие на контрактури. Клинините тестове на Ortolani и Barlow са се позитивирали в 12% и 41% от случаите респективно, докато на ултразвуков стрес тест 100% от ставите са били нестабилни, което подчертава по-високата сензитивност на ултразвуковото над клиничното изследване.

Моделът на лечение със стрепената не е диктуван от демографията, а от клиничния протокол според тежестта на сонографската патология и индивидуалния отговор на лечението. За успешно лекуваните със стрепена пациенти, групите стави с КП и ПУ не се различават статистически значимо по отношение на средната възраст при начало на лечението както и продължителността на периодите на лечение в стрепената – пълно носене и период на отвикване.

Нашите критерии за анализ включват публикувани всеизвестни техники и едно нововъведено понятие – Динамичен Индекс на Ацетабуларно Покритие. **ДИАП** беше въведен с цел не да доказва предимствата на една сонографска техника пред друга, а обективно да оцени и класифицира нестабилността на тазобедрената става в динамика.

Нашите резултати налагат извода, че крайният изход от лечението е в пряка зависимост от началната тежест на дисплазията и нестабилността. В редица публикации се изследват различни модели с прогностична стойност за изхода от лечението със стрепената на Павлик. Повечето от тях дискутират резултати в краткосрочен период от максимум 2-3 години и не продължават проследяването в средно- и дълго-срочна перспектива. Нашият среден период на проследяване от **5.3 години** (между 4г. и 9г 9м.) дава добър поглед върху развитието на лекуваната става след прохождането. Разликата в резултатите веднага след края на лечението със стрепената и резултатите в средносрочен план за различните групи според началната сонографска тежест се дължи на появата на късни последици. Нашите данни водят до категоричното наблюдение, че независимо от тежестта на начална патология, стрепената са с

изразен потенциал за успех (82 стави с ПУ от 100 лекувани стави). Данните съдържат сонографско степенуване на патологията, което може да ръководи изхода от терапията в кратко- и средно-срочен план.

При оценка на глобалните клинични резултати спрямо началната сонографска **нестабилност**, се вижда, че всички средни сублуксации (ДИАП 35-50%) са със 100% успеваемост в кратко- и средно-срочен план без поява на късни последствия. Тежките сублуксации (ДИАП 10-35%) са също с висока успеваемост от 90% в дългосрочна перспектива. При лечението на частично репонабилните луксации (ДИАП <10%) в стремена, шансовете за пълен успех без последствия са само 50% в дългосрочна перспектива. Ето защо е особено важно в тази група стави да се осъществява рано сонографско и дългосрочно рентгенографско проследяване. От нашия опит нерепонабилните луксации (ДИАП <10%) не подлежат на опит на лечение в стремената защото в далечна перспектива всичките търпят неуспех. Това е и обяснението защо сме намерили само един такъв случай за проследяване в средносрочен план.

При оценка на глобалните ни клинични резултати спрямо началната сонографска **морфология**, се вижда, че всички стави с лека (α -ъгъл 50-59°) и средна (α -ъгъл 43-49°) ацетабуларна дисплазия, с центрирана бедрена глава, са лекувани в 100% с пълен успех в средносрочен план. От ставите с децентрирана бедрена глава и тежка ацетабуларна дисплазия (α -ъгъл <43°), ставите тип IIIA по Граф имат 75% успеваемост в кратко- и средно-срочен план. Стремената на Павлик успешно лекуват 58% от ставите тип IIIB по Граф краткосрочно, но проследени след минимум 4 години тези стави завършват с пълен успех под 40%. От практическа гледна точка при лечението на тези стави съществуват две алтернативи:

1. Да се провежда строг рентгенографски мониторинг на тези от тях, които постигнат ранен успех в лечението със стремената.

или

2. Този морфологичен тип стави по-скоро трябва да се лекува още при поставянето на диагнозата с алтернативен метод с по-ригидна шина.

Ставите тип IV по Граф трябва да се лекуват със закрыта или кръвна репозиция още при поставяне на диагнозата. Нашето изследване, което се базира на метода на Павлик за лечение, не включва такъв морфологичен тип стави.

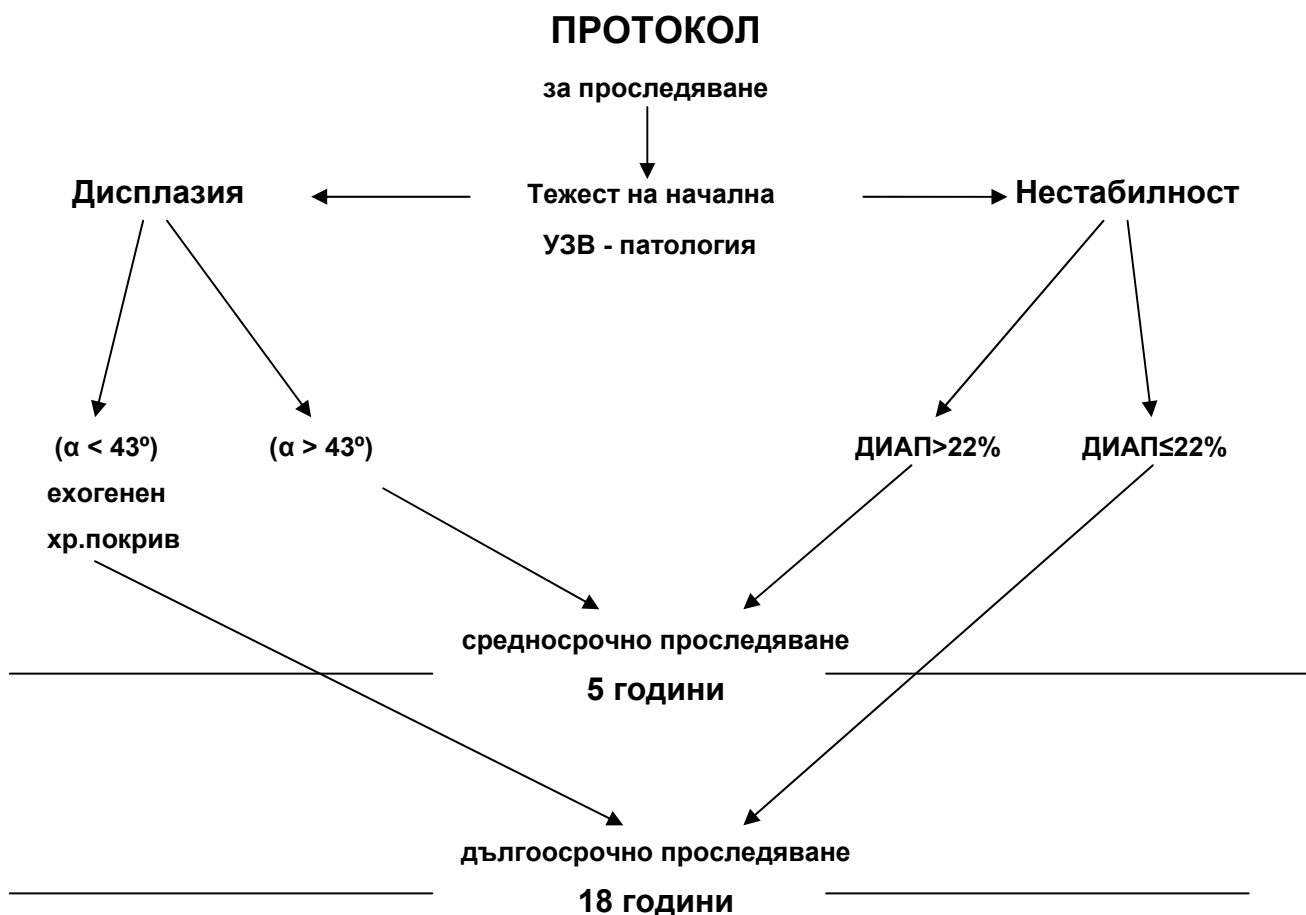
Подробният статистически анализ на динамиката в ехографското проследяване в периода на лечение със стремената на 87^{те} успешно излекувани стави не дава статистически значима разлика между динамиката на ставите с пълен успех от ставите с ранен успех, но с късни последици. Определено и трите изследвани узв.показателя – ДИАП, α -ъгъл и съотношение d/D търпят значително подобрене в хода на успешното лечение. Това дава основание да се твърди, че ехографският мониторинг дава обективен критерий за реалното подобрене на морфологичния и динамичния статус на ставите в хода на успешното лечение в стремената. Сравнението на моделите на подобрене на ДИАП, съотношението d/D и α -ъгъла обаче не дават статистически сигнификантна разлика между ставите с КП и ставите с ПУ като цяло (p=.002). Статистически значима е обаче разликата в измерването на узв. показатели на началната визита, със значително по-ниски стойности за ставите

с КП спрямо ставите с ПУ ($p < .001$), което отново води до извода, че **тежестта на началната патология е ръководеща за крайния изход** в далечна перспектива. От диаграмите става ясно, че при неповлияване на динамиката в сонографските показатели, лечението със стремената се преустановява до 3 седмици. Освен това на базата на анализа на първичния клиничен материал става ясно, че благодарение на ехографския мониторинг може по-рано да се установи кога нестабилната става достига задоволителна стабилност и това позволява да се раздели периода на лечение в стремената на период на пълно носене и период на отвикване, като периодът на постоянно носене на стремената е средно само 53 дни.

Невъзможността за намиране на статистически значима разлика между сонографската динамика на ставите с КП и тези с ПУ в групата на успешно ранно лечение, ни накарва да проследим статистически по-детайлно отделни сонографски показатели и определени техни стойности на началната ехография, които да прогнозира възможността за отдиференциране. След подробен анализ на клиничните ехографски и рентгенографски резултати на 87^{те} успешно излекувани стави бяха намерени три сонографски критерия с прогностична стойност за късни последствия – **ДИАП $\leq 22\%$, α -ъгъл $< 43^\circ$** и показател **”наличие на ехогенност в хиалинно-хрущялния ацетабуларен покрив”**. Сензитивността и на 3^{те} критерия е 100%. Що се отнася до специфичността обаче, наличието на ехогенност е единственият най-силен предсказател. Наличието на ехогенност на ултразвуково изследване в нормално не-ехогенния хиалинно-хрущялен ацетабуларен покрив е белег за патологична трансформация на хиалиния хрущял във фиброхрущял. Нормално, по-голямата част от хрущялния ацетабуларен покрив се състои от хиалинен хрущял и само лабрумът е фиброхрущялен. На сонография хиалиния хрущял е не-ехогенен, а фиброхрущялът, който е с голям акустичен импеданс, е ехогенен. Поради това при патология се трансформира образа на хрущялния покрив. Ултразвуковият мониторинг показва, че по време на лечението със стремената във всички успешно лекувани стави, ехогенният ацетабуларен хрущял се връща към предишното си не-ехогенно състояние. Подобренето в тъканната ехогенност обаче, може и да не е индикатор за пълно възстановяване на растежния потенциал на ацетабулума в средносрочна перспектива. Веднъж сериозно увредени, тези стави могат да са изложени на риск от поява на КП, въпреки очевидния краткосрочен успех. Анализът на нашите резултати ни кара да се отдадем на размисъл върху необходимостта за промяна на метода на лечение на ставите с риск от развитие на КП. Възможно е тежките форми на ставна нестабилност с абнормална патоанатомия да не се лекуват първоначално със стремената на Павлик въпреки очакването, че някои от тях ще се повлияят положително от лечението. Методи на лечение с по-голяма ригидност на репонирания става може би ще оказват по-минимален стрес върху ремоделиращия се хиалинно хрущялен ацетабуларен покрив. **При тежка сонографска патология, каквито са типове III В и IV по Граф, задържането на силно нестабилната бедрена глава в изразено дисплазичната ацетабуларна ямка е трудно със стремената на Павлик и може би е по-подходяща по-ригидна шина.**

Целта на нашето изследване е да намери начин за прогнозиране на КП по-рано в хода на лечението на базата основно на ехографските изследвания.

Идентифицирането на критерий като „патологична ехогенност на хрущялния ацетабуларен покрив” като силен прогностичен белег за КП изпълнява поставената цел. Липсата на такова наблюдение на началната ултразвукова диагностика може евентуално да намали броя на децата, които изискват рентгенографски мониторинг до скелетна зрялост, намалявайки по този начин рентгенологичното облъчване и разходи. Тези наши резултати изграждат и нашия **протокол за проследяване** след края на лечението със стремената (Фиг.14).



ФИГ.14. Диаграма показваща протокол за проследяване до костна зрялост.

Настоящото изследване има отражение и върху това как ортопедичният хирург трябва да дискутира прогнозата за изхода от лечението на едно дете с родителите. В края на едно успешно проведено лечение със стремената на Павлик родителите са с нагласата, че тяхното дете ще продължи да има нормална става. Знанието на важни критерии преди старта на лечението като патологична ехогенност е предупреждение за повишен риск от развитие на КП в ставата. Родителите трябва да бъдат съветвани за нуждата от дългосрочно проследяване на тяхното дете. Ортопедичният хирург трябва да коригира родителските очаквания за анатомично нормална тазобедрена става в зрялата възраст на детето. Обратно, пациентите с нисък риск за КП могат да избегнат продължително проследяване.

ИЗВОДИ

1. Сонографското описание на нестабилността на ставата с показателя ДИАП и разработената класификация дават обективна оценка на тежестта на патологията и са сравними с други динамични класификации.
2. Тежестта на начална ултразвукова патология е в пряка корелация с изгледите за успех на лечението със стремената и има прогностично значение за появата на далечни последици в ацетабуларното развитие.
3. Повишен риск за развитие на късни последствия може да се очаква в стави с ДИАП $\leq 22\%$, α - ъгъл $< 43^\circ$ и фиброхрущялна патологична трансформация на хиалинно-хрущялния ацетабуларен покрив. Най-специфичният от 3^{те} критерия – покривната трансформация се демонстрира сонографски като повишена ехогенност в хиалинния хрущял.
4. Рентгенографското проследяване на първоначално успешно лекуваните със стремена стави се налага в дългосрочен план до настъпване на костна зрялост особено при ставите с начална тежка ултразвукова патология поради вероятност от поява на късни последици въпреки нормалната рентгенова анатомия на първите контроли.

СПИСЪК НА НАУЧНИТЕ ПУБЛИКАЦИИ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД:

ПУБЛИКАЦИИ:

1. **Алексиев В, Медникаров Е.** Ултразвукови методи за диагностика на дисплазичната и нестабилна тазобедрена става. Ортопедия и травматология (2010) Том 47, Кн.2, Стр: 65-73.
2. **Алексиев В, Медникаров Е.** Стремената на Павлик като избор на консервативен метод на лечение при вродена луксация на тазобедрената става. Ортопедия и травматология (2010) Том 47, Кн.2, Стр:74-82.
3. **Alexiev V.** Ultrasonographic monitoring of the treatment of Developmental Dysplasia of the Hip with the Pavlik harness. Acta Orthop.Yugosl. (2000) Vol.31 (1-2): 41-49.
4. **Alexiev V.** Ultrasonographic Monitoring of the Pavlik Harness Treatment of Developmental Dysplasia of the Hip with Late Referral. J.Jpn. Paed.Orthop.Ass. (2002) Vol.11; No.1; Pages: 86-93.
5. **Aleksiev V.** Ultrasonographic monitoring of the Pavlik harness treatment of Developmental Dysplasia of the Hip with late referral - middle term follow-up. Acta Orthop.Yugosl. (2002) Vol.33 (1-2): 69-74.
6. **Alexiev VA, Harcke HT, Kumar SJ.** Residual Dysplasia after Successful Pavlik Harness Treatment: Early Ultrasound Predictors. Journal of Pediatric Orthopedics Am. 26(1): 16-23, January/February 2006.

УЧАСТИЯ В НАУЧНИ ФОРУМИ:

В БЪЛГАРИЯ

1. **Алексиев В.** Ултразвуково проследяване на лечението на dysplasia соxae evolutiva със стремената на Pavlik. Устна презентация. 02.06.2000г, Второ заседание – 11ч. VI^{та} Национална Конференция по Детска Ортопедия и Травматология с Международно Участие. 1-3 Юни 2000г, Албена, Варна.
2. **Алексиев В. Харки Т.** Остатъчна дисплазия след успешно лечение със стремена на Павлик, мониторирано с ултразвук: Петгодишно проследяване на неонаталната нестабилност на тазобедрените стави. Втора сесия. Устна презентация 4. Страница 51. IX^{ти} Конгрес на БОТА. 14-17.10.2004г, Пловдив.

В ЧУЖБИНА

- 1. Alexiev V.** Ultrasonographic monitoring of the treatment of Developmental Dysplasia of the Hip with the Pavlik harness. Oral Presentation ID: OP 57-09. 21st SICOT Congress – 1999 Sydney, Australia.
- 2. Alexiev V.** Ultrasonographic monitoring of the Pavlik harness treatment of Developmental Dysplasia of the Hip with late referral. Oral Presentation ID:1403. 22nd SICOT Congress – 2002 San Diego, USA.
- 3. Alexiev VA, Harcke HT.** Residual Dysplasia after Successful Ultrasound-monitored Pavlik Harness Treatment: A Five-year Follow-up of Neonatal Hip Instability. Fri 10.50–11.00 Presentation. 7th ISMUS – Congress – 2004 Ohrid, Macedonia.
- 4. Alexiev VA, Harcke HT.** Residual Dysplasia after Successful Pavlik Harness Treatment: Early Ultrasound Predictors. Oral Presentation ID: SIC 21-08 , Page 119, 23rd SICOT Congress – 2005 Istanbul, Turkey. **SICOT Maurice Müller Award.**
- 5. Alexiev VA, Harcke HT.** Residual Dysplasia after Successful Ultrasound-monitored Pavlik Harness Treatment: A Five-year Follow-up of Neonatal Hip Instability. Poster 462. 25th EPOS Meeting – 2006, Dresden, Germany.

НАГРАДИ ПО ТЕМАТА:

1. Награда за научна статия:

„Aleksiev V. Ultrasonographic monitoring of the Pavlik harness treatment of Developmental Dysplasia of the Hip with late referral - middle term follow-up. Acta Orthop.Yugosl. (2002)Vol.33(1-2): 69-74. „

на млад изследовател в областта на ортопедията & травматологията на БОТА - "Dr.Lazarov" - Baltimore, USA. IXth Конгрес на БОТА. 14 - 17.10.2004 г, Пловдив.

2. Награда “**Maurice Müller**” на **SICOT** за научен проект:

„Alexiev VA, Harcke HT. Residual Dysplasia after Successful Pavlik Harness Treatment: Early Ultrasound Predictors.”

на ортопед-травматолог под 45-годишна възраст – 23th SICOT Конгрес – 2005 г, Истанбул, Турция.

ПРИНОСИ

1. Въвеждане на нов сонографски показател ДИАП за нестабилността на ставата в истинска стрес проекция и оригинална класификация, която дава обективна оценка за тежестта на патологията.
2. Продължителност на проследяване средно 5.3 години, която дава за първи път оценка на по-дългосрочни резултати след ехографски мониторирано лечение със стремена за разлика от всички досега публикувани изследвания, които прогнозират КП на базата на рентгенографски критерии в средносрочен план или на базата на ехографски критерии, но само в краткосрочна перспектива.
3. Намиране на конкретни сонографски показатели и на комбинация от тях, които дават висок процент на прогноза на късните последици още в началото на лечението. С най-голямо прогностично значение за появата на късни последици е наличието на ехогенност в нормално неехогенният хрущялен ацетабуларен покрив на началната ехография.
4. Създаване на протокол за проследяване на ДНТС след края на лечението със стремената на Павлик до настъпване на костна зрялост.

La
Société Internationale
de Chirurgie Orthopédique
et de Traumatologie

a conféré

le prix Maurice G. Müller/Sicot

à Henelín Alexiév



Thomay.

Le Président

Residual Dysplasia After Successful Pavlik Harness Treatment

Early Ultrasound Predictors

Venelin Alexandrov Alexiev, MD,* H. Theodore Harcke, MD,† and S. Jay Kumar, MD‡

Abstract: The purpose of this study was to evaluate a group of children treated with Pavlik harness for developmental dysplasia of the hip (DDH) to determine early ultrasound characteristics that predict poor acetabular development after walking age. From a group of 487 infants with DDH, 55 met inclusion criteria of (1) ultrasound documentation of major neonatal hip instability, (2) treatment with Pavlik harness, and (3) a minimum of 4 years of follow-up. These 55 infants had 100 abnormal hips. Harness treatment alone was successful in treating 87 of 100 hips. Persistent or late acetabular dysplasia was defined from serial radiographs. At a mean follow-up of 5.3 years, 5 of the 87 (6%) were found to have sequelae (late acetabular dysplasia, avascular necrosis of the femoral head, or both). Three sonographic findings present on the initial ultrasound predicted late sequelae: (1) dynamic coverage index of 22% or less, (2) alpha angle less than 43 degrees, and (3) abnormal echogenicity of the cartilaginous roof on initial ultrasound. Abnormal echogenicity was the most specific single predictor of residual dysplasia (sensitivity 100% and specificity 88%). The structurally normal cartilaginous roof is non-echogenic except for a short triangular fibrous tip (the labrum). Pathologic cartilage becomes echogenic beyond the tip as hyaline cartilage becomes fibrous and deformed. In unstable hips that respond well to Pavlik harness treatment, it would appear that mid-term acetabular development can be affected when early transformation of roof cartilage accompanies displacement and instability.

Key Words: hip dysplasia, hip ultrasound, Pavlik harness, transformation of roof cartilage

(*J Pediatr Orthop* 2006;26:16–23)

Since 1946,¹ the Pavlik harness has been in continual use as a treatment of developmental dysplasia of the hip (DDH) and has gained wide acceptance throughout the world. Properly applied, it is considered to have a high rate of hip

reduction with few complications.² However, avascular necrosis (AVN) of the femoral head and persistent or late acetabular dysplasia (LACD) after early successful Pavlik harness treatment are known to occur, and these hips require continued monitoring until skeletal maturity.^{3,4} The reported incidence of AVN ranges from 2.38% to 16%,^{2,5} and the incidence of LACD ranges from 3.5% to 17%.^{3,6}

During the past two decades, ultrasound has become the standard method for diagnosis of neonatal hip instability and for management with the Pavlik harness.^{7,8} Ultrasound can assess both stability^{9–12} and morphology^{13–15} and is used with accuracy until the ossification center of the femoral head develops, when radiographs become reliable.¹⁶

The purpose of this study was to identify early predictors of midterm outcome (>4 years of follow-up) in infants with successful Pavlik harness treatment. Using analysis of the dynamic and morphologic ultrasound characteristics seen on initial studies, we tried to find ultrasound parameters that distinguish hips at risk for persistent or late deficiency in acetabular development from those with normal midterm development. An ability to predict hips at risk brings an opportunity to modify management.

METHODS

Of 487 infants treated with the Pavlik harness at a tertiary care pediatric hospital, 55 had clinical and radiologic follow-up for more than 4 years after discontinuation of the harness. These 55 patients (100 abnormal hips) were initially diagnosed by ultrasound to have significant instability (moderate to severe subluxation or dislocation).

Patient demographics were reviewed for generally accepted risk factors influencing successful Pavlik harness reduction: sex, race, birth rank, pregnancy, breech presentation, family predisposition, bilaterality, side of pathology, age at start of harness treatment, and mean follow-up.

During the course of harness treatment, active function of the quadriceps muscles was assessed clinically at each follow-up visit. Associated anomalies were documented (eg, clubfeet, pes metatarsoadductus, calcaneovalgus, torticollis). After walking age, the patient's gait pattern was carefully described, as well as any limb length discrepancy.

Serial ultrasound measurements were used to monitor the course of treatment. The treatment protocol in the harness was described in a previous study.¹⁷ Duration of treatment in the harness was recorded for each phase (full-time wear, weaning period) and for total harness wear. All patients were monitored

From *Sofia Medical University, Department of Paediatric Orthopaedics, University Orthopaedic Hospital-Gorna Banja, Sofia, Bulgaria; †Department of Medical Imaging, Alfred I. duPont Hospital for Children, Nemours Children's Clinic, Wilmington, DE; and ‡Department of Orthopaedics, Alfred I. duPont Hospital for Children, Nemours Children's Clinic, Wilmington, DE.

Study conducted at the Alfred I. duPont Hospital for Children, Wilmington, DE.

None of the authors received financial support for this study.

Reprints: H. Theodore Harcke, MD, Department of Medical Imaging, Alfred I. duPont Hospital for Children, Nemours Children's Clinic, P.O. Box 269, Wilmington, DE 19899 (e-mail: tharcke@nemours.org).

Copyright © 2005 by Lippincott Williams & Wilkins

by serial anteroposterior radiographs of the pelvis and hips, beginning when Pavlik harness treatment ended and continued periodically well beyond the time when walking began.

Ultrasounds were obtained using a 7.5/5-MHz linear transducer according to the dynamic technique of Harcke and Grissom.¹⁸ Both stability and morphology measurements were obtained from the serial ultrasounds. Stability was defined by a sonographic measure called dynamic coverage index (DCI). This index was measured with the same reference points used for femoral head coverage of Terjesen,¹⁹ but instead of measuring in the coronal neutral view, we performed all measurements in a true stress view: coronal flexion with adduction (Fig. 1). Stability of the hip was classified according to DCI and femoral head reducibility, as shown as in Table 1. The acetabular morphology was described by the alpha angle and type according to Graf and Wilson.²⁰ The echogenicity of the cartilage roof was graded as normal (lack of echogenicity in the hyaline cartilage acetabular roof) or increased, and presence or absence of deformity was noted (Fig. 2). All morphologic measurements were made in the coronal neutral view. The hips were divided into two major morphologic types according to static ultrasound scans (see Table 1).

Acetabular dysplasia was measured using the acetabular index²¹ until 5 years of age. After this age, the center–edge angle of Wiberg²² was used (see Table 1). LACD was defined according to the criteria^{11,23,24} in Table 1. AVN of the femoral head was evaluated according to the five criteria of Salter²⁵ and classified according to the classification of Kalamchi and MacEwen.²⁶ The success of long-term anatomic reduction was evaluated by assessing the degree of femoral head displacement with respect to the acetabulum according to grades 1 to 4 of the Tönnis classification.²⁷

For the purpose of analysis by final outcome, hips were classified into two groups according to response to Pavlik harness treatment and subsequent radiographic outcome at the conclusion of the follow-up period. The full success group consisted of hips that responded to Pavlik harness treatment and showed normal acetabular and proximal femoral morphology. The late sequelae group comprised hips that successfully completed Pavlik harness treatment but showed abnormal morphology after 4 years: presence of LACD according to the criteria in Table 1 and/or AVN according to the mentioned criteria of Salter.²⁵

To identify ultrasound criteria to differentiate the five hips with late sequelae from the 82 full success hips among the 87 hips successfully reduced by the Pavlik harness, we analyzed the following criteria: DCI of 22% or less, alpha angle less than 43 degrees, and presence of echogenicity in the hyaline cartilage portion of the acetabular roof.

Statistical Analysis

To examine outcome predictions based on initial sonographic instability and morphologic measures, two-by-two contingency tables were computed to tabulate outcome (late sequelae or full success) against predicted outcome for only those 87 hips that appeared to respond successfully to the Pavlik harness. Separate tables were computed for DCI (DCI ≤ 22% predicting failure), for alpha angle (alpha angle < 43 degrees predicting failure), and for a predictor based on the presence of echogenicity of the cartilaginous roof (presence of echogenicity predicting late sequelae). The Fisher exact test probability test was applied for testing the accuracy of each ultrasound criterion. The likelihood ratio chi-square test was

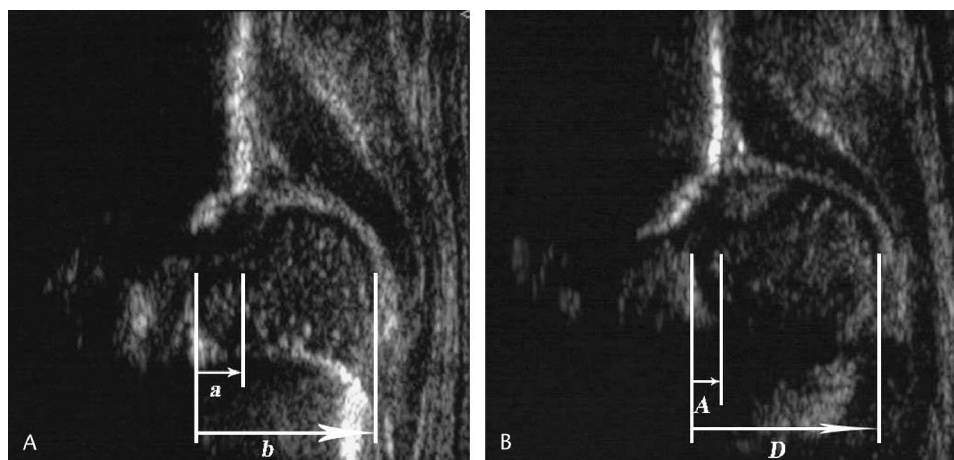


FIGURE 1. A, Coronal neutral view showing measurement of Terjesen’s femoral head coverage = $a/b = 24\%$. B, The same hip in coronal flexion view with adduction showing measurement of DCI = $A/D = 11\%$. Note the greater displacement in the stress view and the reduction in the percentage of coverage. DCI is measured in the following way in the illustrated stress view. Reference line 1 is tangential to the most medial echo contour of the femoral head. Reference line 2 is tangential to the straight echo of the iliac bone, which with a linear transducer and proper sectioning through the mid-acetabulum should be parallel to the ultrasound image baseline. This line crosses the bony rim (“Erker”) and is similar to the radiographic Perkins line. Reference line 3 is tangential to the echo of the most lateral portion of the femoral head, covered by the joint capsule. Distance A is measured between line 1 and line 2 and reflects the portion of the femoral head covered by the bony acetabular roof when the femoral head is stressed in adduction out of the acetabular socket. Distance D is measured between line 1 and line 3 and reflects the femoral head diameter. The percentage reflecting the ratio A/D defines DCI.

TABLE 1. Table With Grading of Ultrasound Stability, Ultrasound Morphology and Radiographic Criteria for LACD

US Stability Grading		
Severity	DCI (%)	
Dislocated, irreducible*	DCI <10% and femoral head is irreducible in flexion/abduction	
Dislocated, partially reducible	DCI <10% and femoral head is reduced in flexion/abduction	
Severely subluxated	DCI is in the range 10–35%	
Moderately subluxated	DCI is between 35–50%	
Stable	DCI >50%	
US Morphology Grading		
Severity	α -Angle	
Centered	Mild Dysplasia	Moderate Dysplasia
	α -angle 50–59°	(α -angle 43–49°)
Decentered	Severe Dysplasia (III A Graf)	Severe Dysplasia (III B Graf)
	(α -angle <43°)	(α -angle <43°)
	hypoechoic cartilage roof)	echogenic cartilage roof)
Radiographic Criteria for LACD		
Age interval	AI°	Wiberg CE°
Up to 1 year	$\geq 32^\circ$	–
2 years	$\geq 30^\circ$	–
3 years	$\geq 28^\circ$	–
4 years	$\geq 26^\circ$	–
5–8 years		<15°
8–12 years		<20°

*In coronal flexion and transverse flexion views with abduction, reducibility of the severely unstable hips was classified as reducible, partially reducible, or irreducible. Description of the femoral head centrage in accordance to the most posterior lip of the acetabular socket in lateral transverse view with flexion and abduction is very similar to that of Suzuki, who uses an anterior transverse view¹² with three group classifications.⁸

used to determine the significance of each predictor or possible two-way interactions among variables.

RESULTS

Forty-nine patients (89%) were girls and six were boys. Ninety-one percent were Caucasian, 5% were Hispanic, and 4% were African-American. Sixty-two percent were first-born, 30% were second-born, and 8% were third-born. Thirty percent of the babies were born with breech presentation. Family predisposition was found in 17%. According to ultrasound criteria, there were 100 abnormal hips (54 left hips, 46 right hips). Forty-five patients (82%) had bilateral hip involvement (90 hips), and 10 patients had unilateral hip involvement (10 hips). The relative degree of abnormality in these hips is discussed later.

For the associated anomalies, there were two infants with torticollis, one with congenital knee dislocation, one with curly toe, one with hand syndactyly, and one with clavicular fracture.

The orthopaedic management regimen for all hips began with a trial period in the Pavlik harness. The harness was

discontinued if sonographic improvement was not demonstrated after 3 weeks.¹⁷ Eighty-seven hips (87% of all treated hips) showed progressive improvement during the 3-week trial period; for these patients, the harness was continued with a program of full-time wear followed by a period of weaning. No impairment in the active function of the quadriceps muscles was found in any of these hips on each follow-up visit during the course of harness treatment. This group with successful early reduction was divided into full success and late sequelae. In the successful early reduction group, the last clinical examination at long-term follow-up showed normal range of hip motion and gait pattern in all patients, with no evidence of limb length discrepancy. The serial radiographs from end of harness wear until last follow-up visit for the 87 hips revealed a normal radiographic appearance in 82 hips. This group of hips is defined as full success. In the remaining five hips (6% of the early successfully reduced hips, 5% of all hips), radiographic abnormalities were found; this group is defined as late sequelae (Fig. 3). Four had LACD. In one of these four, there was concomitant type I AVN of the femoral head. The fifth hip showed type I AVN without LACD. The acetabular dysplasia in two of the five hips was surgically corrected with a Salter innominate osteotomy, and the other two dysplastic hips are being observed. The Tönnis classification²⁷ showed grade 1 in all hips.

Mean age at the start of Pavlik harness treatment was 16 days. For the successfully reduced hips, mean starting age was 16 days; for the hips unreduced by harness, it was 17 days. The mean follow-up for the 55 studied patients was 5.3 years (range 4 years to 9 years and 9 months). The mean durations of treatment in the harness were as follows: full harness wear, 57 days; weaning period, 46 days, and total harness wear, 103 days. According to severity of instability, total harness wear was 98 days for the moderate subluxations and 106 days for the severe subluxations and dislocations.

Outcome results after hips were sorted according to initial severity of hip instability are shown in Table 2. Degree of instability was a discriminator for outcome in cases of moderate subluxation (DCI 35–50%); all hips responded to Pavlik treatment with no late sequelae. With more severe instability and displacement, there were mixed outcomes.

Outcome after hips were sorted according to initial severity of acetabular dysplasia is shown in Table 3. Morphology of the acetabular roof and the alpha angle was a discriminator for full success when the alpha angle exceeded 43 degrees and the cartilage roof was non-echogenic. With decentering, severe dysplasia, and echogenic cartilage roof, there were mixed outcomes. Some hips showed full success, whereas others with the same severity manifested late sequelae.

To identify ultrasound criteria to differentiate the five hips with late sequelae from the 82 full success hips among the 87 hips successfully reduced by the Pavlik harness, three different criteria were as follows: DCI of 22% or less, alpha angle less than 43 degrees, and presence of echogenicity in the hyaline cartilage portion of the acetabular roof. All three of these measures provided significant levels of prediction (Fisher exact test probability <0.01 in all cases), and all three perfectly predicted abnormality in the five cases with late

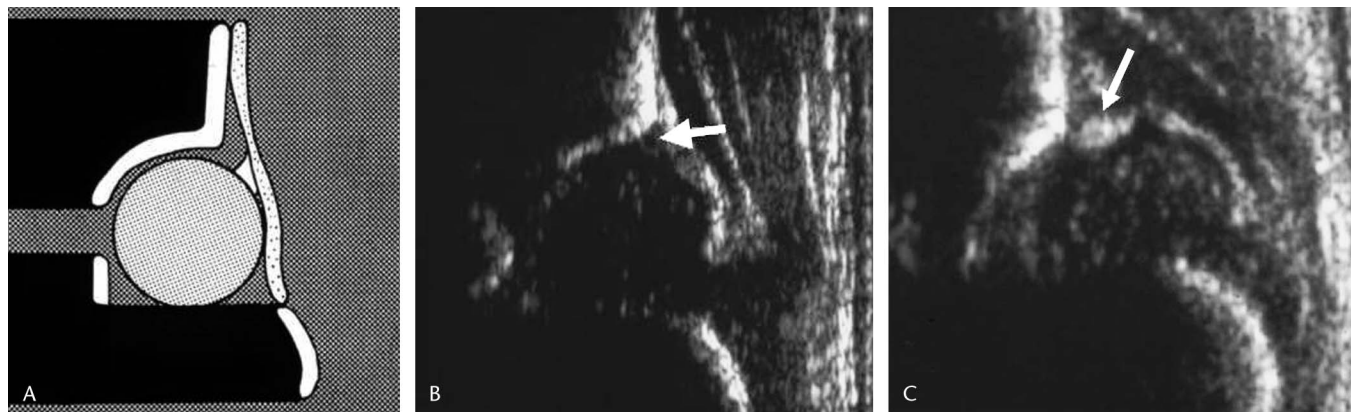


FIGURE 2. Coronal neutral view of the hip. Schematic (A) and normal sonogram (B) noting the location of the roof cartilage. The structurally normal cartilaginous roof is non-echogenic and has a short triangular fibrous tip (the labrum) seen as increased echogenicity (open arrows). C. Pathologic cartilage becomes echogenic beyond the tip as hyaline cartilage becomes fibrous and deformed (closed arrow).

sequelae (100% sensitivity). However, the three measures differed in the extent to which they correctly classified the 82 cases of long-term success; they differed in specificity, with DCI providing 67% specificity, alpha angle providing 80% specificity, and echogenicity providing 88% specificity. Echogenicity nominally outperformed both of the other features (chi-square test for echogenicity vs. DCI, chi-square = 15.96, $P < 0.01$). Examination of the raw data for these contingency analyses revealed that examining DCI of 22% or less, alpha angle less than 43 degrees, or both revealed no information that cannot be learned by examining the echogenicity data alone regarding specificity.

DISCUSSION

This study is based on an extensive analysis of 100 hips that had more than 4 years of follow-up. They reflect a well-defined population with DDH and significant neonatal hip instability because of an ultrasound-based diagnosis. Their short- and mid-term outcome statistics, however, do not necessarily reflect the complete spectrum of the DDH population. Cases with shorter follow-up were excluded. The short-term success percentages for Pavlik harness treatment would undoubtedly be better if cases treated for instability with shorter follow-up were included. Also, the inclusion criterion of midterm follow-up for an individual patient has the potential to select out more difficult cases. The orthopaedic surgeon is more likely to follow severe cases and not to discharge the patient. The fact that 5 of 87 hips manifested late sequelae may not be indicative of the overall success of the Pavlik harness in this hospital and, in some part, reflected the selection criteria.

The patient demographics are typical for DDH. Girls outnumber boys, and outcome revealed no gender predisposition to either success or failure of harness treatment or late sequelae. The pattern of harness treatment was dictated by clinical protocol keyed to the severity of neonatal hip instability and response. For patients with successful response to Pavlik harness treatment, the full success and late sequelae

outcome groups had no difference in mean age for starting treatment or for duration of treatment and weaning.

Traditionally, there have been differing opinions concerning the relationship between instability and acetabular dysplasia. Some researchers have found that instability leads to dysplasia,²⁸⁻³⁰ whereas others report that dysplasia allows instability to occur.^{21,31,32} Acetabular development after restoration of stability is likely to involve multiple factors. Genetic predisposition,^{33,34} trauma during treatment,²⁵ and forces after ambulation all have the potential for affecting mid- and long-term development. The aim of the current study was to identify early ultrasound observations that can predict or establish risk of midterm sequelae. We felt compelled to analyze sonographic parameters that incorporated both concepts for dysplasia and instability. Hence, both morphologic and dynamic observations were included.

Our criteria for analysis reflect published techniques and one newly presented concept, DCI. Parameters were chosen to be comprehensive and not to prove that one technique is better than another. The DCI (see Fig. 1B) was measured in a coronal flexion view with adduction and differs from Terjesen's femoral head coverage. The Terjesen's femoral head coverage (see Fig. 1A) is an indicator of hip centering and can assess hip instability and reduction. We used the same reference points for measure as used for femoral head coverage,¹⁹ but instead of measuring in the coronal neutral view, we performed all measurements in a true stress view: coronal flexion with adduction. This stress view provides a more accurate assessment of the true degree of hip instability, as illustrated by the example case in Figure 1.

We agree that the final outcome of treatment relates to the initial severity of instability and dysplasia. There are studies that suggest patterns that have probability for outcome of treatment by Pavlik harness.^{8,35,36} These studies, like that by Harding et al,¹⁷ are focused on a short-term outcome and selection of initial treatment. Most studies discuss results in a short-term time frame of less than 2 to 3 years and do not continue to track results for mid- and long-term outcome.

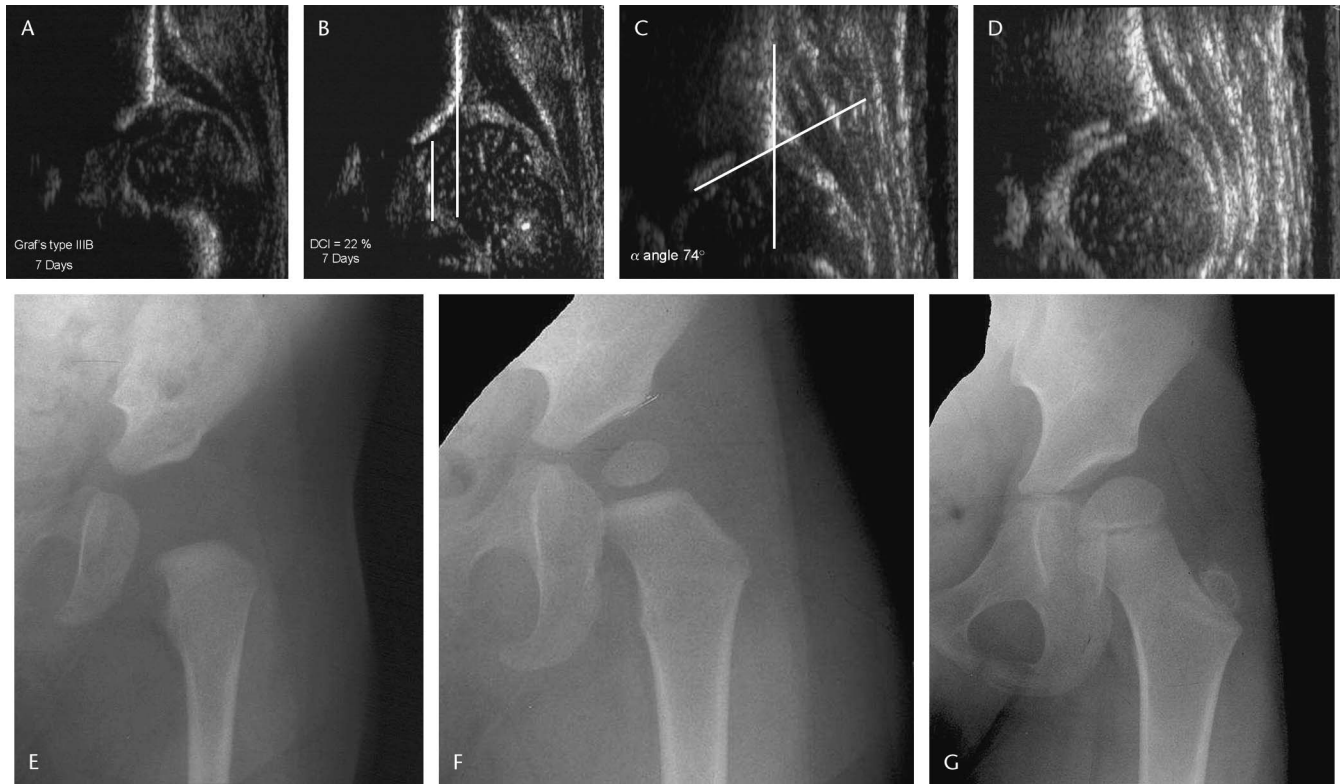


FIGURE 3. Serial sonograms and radiographs of a girl with left neonatal hip instability successfully reduced early in the Pavlik harness; at a follow-up of 5 years and 2 months the hip showed late acetabular dysplasia. A, Coronal neutral view sonogram at age 7 days shows severe dysplasia, Graf's type IIIB with an immeasurable alpha angle and echogenic, pathologically transformed cartilaginous roof. B, Coronal flexion view with adduction stress, showing the true severity of the hip instability, with DCI 22%. The femoral head is subluxated superiorly (cranial) and laterally from the acetabulum. C, Sonogram in coronal neutral view at age 14 weeks when harness wear was discontinued shows normal acetabular development: Graf's type IA with alpha angle 74 degrees and normal echogenicity of the cartilaginous roof. D, Coronal flexion view with adduction stress at age 14 weeks, showing stable hip with DCI 58%. E, Radiograph at age 1 year 3 months, acetabular index 29 degrees. Normal acetabular development. F, Radiograph at age 3 years 4 months, acetabular index 28 degrees. Mild acetabular dysplasia with rounding of the superior lateral bony margin. G, Radiograph at age 5 years 2 months, showing acetabular dysplasia as measured by Wiberg's center-edge angle of 12 degrees.

Our mean follow-up of 5.3 years (range 4 years to 9 years 9 months) gives a good perspective of hip development after walking begins. The difference between outcome after the end of harness treatment and mid-term outcome for the different severity groups is due to the appearance of sequelae after successful harness application. Our data contain the interesting observation that regardless of the degree of initial severity, the harness has some potential for success. The data also contain sonographic gradings of pathology that can be used to guide therapy on a mid- and short-term basis. When the midterm global clinical outcome was examined according to initial ultrasound hip instability (see Table 2), all moderate subluxations (DCI 35–50%) were 100% successfully treated in the Pavlik harness with no sequelae. However, severe subluxations (DCI 10–35%) had an almost equal rate of full success at 95%. For dislocated/partially reducible hips (DCI <10%) treated with the harness, the full success rate was also high at 86% on a midterm follow-up. Early ultrasound and long-term radiographic follow-up is especially important in this group to manage treatment adequately. Irreducible dislocations, from our experience, do not warrant a trial period of

harness wear, as all ultimately fail. That is the reason why we could find only one such case for our midterm series.

When results were analyzed in accordance with acetabular morphology (see Table 3), all hips with mild and

TABLE 2. Outcome Distribution of Every Hip According to Severity of Initial Sonographic Instability

Severity of Instability	Outcome		
	Full Success	Early Success With Late Sequelae	Total
Moderate Subluxation (DCI 35–50%)	34 (100%)	0 (0%)	34
Severe Subluxation (DCI 10–35%)	36 (95%)	2 (5%)	38
Dislocated/Partially Reducible (DCI <10%)	12 (86%)	2 (14%)	14
Dislocated/Irreducible (DCI <10%)	0 (0%)	1 (100%)	1
Total	82 (94%)	5 (6%)	87

TABLE 3. Clinical Outcome Distribution of Every Hip According to Severity of Initial Morphological Impairment

Severity of Acetabular Dysplasia	Outcome		
	Full Success	Early Success With Late Sequelae	Total Hips
Centered			
Mild dysplasia α -angle 50–59°	42 (100%)	0 (0%)	42
Moderate dysplasia (α -angle 43–49°)	24 (100%)	0 (0%)	24
Decentered			
Severe dysplasia (III A Graf) (α -angle <43° hypoechogenic cartilage roof)	6 (100%)	0 (0%)	6
Severe dysplasia (III B Graf) (α -angle <43° echogenic cartilage roof)	10 (67%)	5 (33%)	15
Total	82 (94%)	5 (6%)	87

moderate dysplasia (alpha angle >43 degrees) and Graf’s type IIIA were treated with full success for midterm outcome. Graf’s type IIIB hips had a 33% midterm failure rate, and this necessitates even closer attention to this group of hips after successful harness treatment is completed. Alternatively, it may be more reasonable for this morphologic type to be treated by another type of splint from the time of diagnosis. It is recommended that Graf’s type IV hips be treated by closed or open hip reduction at the time of diagnosis. Our study, which was based on harness treatment, did not include hips of this type.

With regard to specific sonographic criteria to predict late sequelae, three criteria ($DCI \leq 22\%$, alpha angle <43 degrees, and presence of echogenic hyaline cartilaginous roof) show 100% sensitivity. For specificity, however, echogenicity is the best single predictor. Echogenicity on ultrasound of the normally non-echogenic hyaline cartilaginous roof indicates pathologic transformation of the hyaline cartilage into fibrocartilage. Normally, the bulk of the cartilaginous acetabular roof is hyaline cartilage, with only the labrum being fibrocartilage. With sonography, the hyaline cartilage is echo-poor, and the fibrocartilage, with greater acoustic impedance, is echogenic, which transforms the appearance of the cartilaginous roof.

During harness treatment, ultrasound monitoring showed that in all successfully reduced hips, the echogenic acetabular roof’s cartilage reverted to non-echogenic tissue. Improvement in tissue echogenicity, however, may not be indicative of midterm full growth potential. Once severely damaged, these hips may be prone to risk of late sequelae, despite obvious success at short-term follow up. Figure 4 illustrates the late appearance of labral abnormality 2 years after a posttreatment sonogram showed a normal labrum.

One can speculate on the need to alter treatment of hips at risk for late sequelae. It could be that severe forms of instability with abnormal pathoanatomy should not be treated initially in the harness despite the expectation that some would do well. More rigid splinting might place less stress on the remodeling labrum. A prospective study of these hips will be difficult because it will require at least 5 years of follow-up to document LACD.

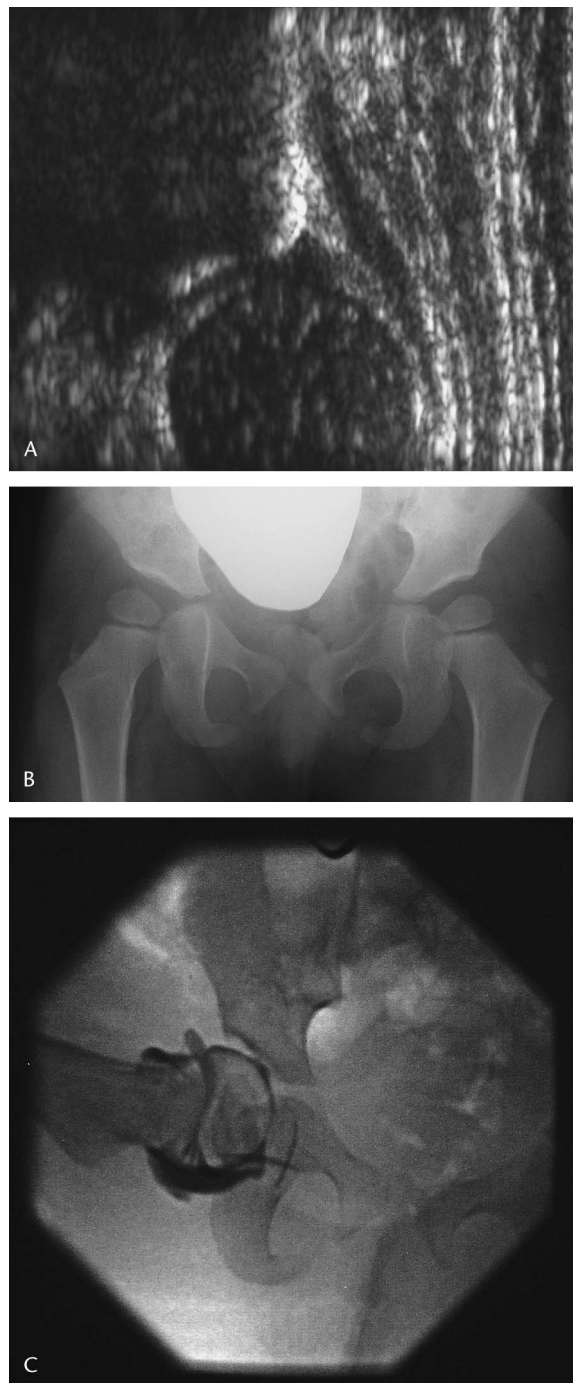


FIGURE 4. Late acetabular dysplasia of the right hip in a girl with bilateral DDH successfully treated in Pavlik harness. A, Coronal sonogram out of harness at time of weaning (age 3 months). Acetabulum is well formed, there is minimal rounding of the bony lip, and the labrum appears normal. B, Anteroposterior pelvis at age 2 years 11 months shows right acetabular dysplasia. Left acetabulum is normal. C, Arthrogram at age 2 years 11 months prior to Salter innominate osteotomy. The labrum is mildly elevated and blunted.

The nutrition and vascularity of the acetabular labrum and the junction zone of the labral attachment to the hyaline cartilage acetabular roof are still not well understood.³⁷ Graf³⁸ pointed out that there is still no clear evidence of possible microdamage of the labral–capsular complex during successful closed reduction and of the possible sequelae in childhood and adolescence and labral lesions in adulthood. Acetabular dysplasia is one of the causes of acetabular rim syndrome^{39,40} during and after adolescence and of hip osteoarthritis at an even later age.

Although treatment of DDH with the Pavlik harness has a low complication rate, several studies^{3,4} have shown that sequelae can appear at long-term follow-up. The problem of late sequelae, such as AVN and LACD or persistent acetabular dysplasia after successful early reduction in the harness, is recognized. Tucci et al³ recommended continued follow-up of hips with DDH treated in the harness until skeletal maturity. Our finding of 5 in 87 (5.7%) with midterm sequelae agrees with his study. This consistent finding also is related to the fact that both studies selected hips with clearly significant pathology. Our delineation of a smaller risk pool is intended to obviate the need for following all hips to skeletal maturity.

Rachbauer et al⁴¹ advised continuing radiographic monitoring after early successful treatment under sonographic control, although these researchers could not define an end point for this continued monitoring. Taylor and Clarke⁴² reported in a prospective study that no factors that could be found in the history, treatment, or ultrasound appearance at an early stage to be predictive of late dysplasia. In a later study at the same institution, Cashman et al⁶ concluded that with radiologic monitoring after discontinuation of the harness, the trend of the acetabular index measurement can identify severe late dysplasia by 18 months of age. All of the late dysplasias could be identified by the measurement of the center–edge angle until 5 years of age. These researchers recommended periodic radiologic follow-up for these patients up to 5 years of age. The aim of the current study, in contrast to that by Cashman et al,⁶ was to identify a way to predict late sequelae earlier in the course of treatment based upon sonographic observations. The identification of criteria such as the pathologic cartilaginous roof echogenicity as a strong predictor of late sequelae achieves this purpose. Absence of this observation at the time of diagnosis can potentially reduce the number of children who receive prolonged periodic radiographic follow-up and, therefore, reduce radiation exposure and expense.

The current study also has implications for how the orthopaedic surgeon discusses the child's care with parents. At the conclusion of a successful harness treatment, parents tend to assume their child will continue to have a normal hip. Knowledge of specific pretreatment criteria such as pathologic echogenicity is a warning sign that a hip is at risk for late sequelae. Parents should be advised that long-term follow-up is needed. The orthopaedic surgeon can also correct parental expectations of an anatomically normal hip later in life. Conversely, low-risk patients may safely avoid prolonged follow-up.

In conclusion, severity indicators that present on the initial hip ultrasound at the time of diagnosis have prognostic value for both short- and midterm harness treatment outcome.

Increased risk for the development of sequelae can be expected in hips with DCI of 22% or less, alpha angle less than 43 degrees, or fibrocartilaginous transformation of the hyaline cartilaginous roof. The most specific of the three, roof transformation, is demonstrated sonographically as increased echogenicity in the cartilage.

REFERENCES

- Pavlik A. K otazce puvodnosti lecení vrozených kyčelních dysplasií aktivním pohybem ve trmenech. *Acta Chir Orthop Trauma Czech.* 1959; 26:432–435.
- Grill F, Bensahel H, Canadell J, et al. The Pavlik harness in the treatment of congenital dislocating hip: report on a multicenter study of the European Paediatric Orthopaedic Society. *J Pediatr Orthop.* 1988;8:1–8.
- Tucci JJ, Kumar SJ, Guille JT, et al. Late acetabular dysplasia following early successful Pavlik harness treatment of congenital dislocation of the hip. *J Pediatr Orthop.* 1991;11:502–505.
- Fujioka F, Terayama K, Sugimoto N, et al. Long-term results of congenital dislocation of the hip treated with the Pavlik harness. *J Pediatr Orthop.* 1995;15:747–752.
- Suzuki S, Yamamuro T. Avascular necrosis in patients treated with the Pavlik harness for congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg [Am].* 1990;72:1048–1055.
- Cashman JP, Round J, Taylor G, et al. The natural history of developmental dysplasia of the hip after early supervised treatment in the Pavlik harness. A prospective, longitudinal follow-up. *J Bone Joint Surg [Br].* 2002;84:418–425.
- Grissom LE, Harcke HT, Kumar SJ, et al. Ultrasound evaluation of hip position in the Pavlik harness. *J Ultrasound Med.* 1988;7:1–6.
- Suzuki S. Ultrasound and the Pavlik harness in CDH. *J Bone Joint Surg [Br].* 1993;75:483–487.
- Harcke HT, Clarke NM, Lee MS, et al. Examination of the infant hip with real-time ultrasonography. *J Ultrasound Med.* 1984;3:131–137.
- Dahlström H, Oberg L, Friberg S. Sonography in congenital dislocation of the hip. *Acta Orthop Scand.* 1986;57:402–406.
- Terjesen T, Runden TO, Tangerud A. Ultrasonography and radiography of the hip in infants. *Acta Orthop Scand.* 1989;60:651–660.
- Suzuki S, Kasahara Y, Futami T, et al. Ultrasonography in congenital dislocation of the hip. Simultaneous imaging of both hips from in front. *J Bone Joint Surg [Br].* 1991;73:879–883.
- Graf R. The diagnosis of congenital hip-joint dislocation by the ultrasonic Compound treatment. *Arch Orthop Trauma Surg.* 1980;97:117–133.
- Morin C, Harcke HT, MacEwen GD. The infant hip: real-time US assessment of acetabular development. *Radiology.* 1985;157:673–677.
- Morin C, Zouaoui S, Delvalle-Fayada A, et al. Ultrasound assessment of the acetabulum in the infant hip. *Acta Orthop Belg.* 1999;65:261–265.
- Polanuer PA, Harcke HT, Bowen JR. Effective use of ultrasound in the management of congenital dislocation and/or dysplasia of the hip. *Clin Orthop.* 1990;252:176–181.
- Harding MG, Harcke HT, Bowen JR, et al. Management of dislocated hips with Pavlik harness treatment and ultrasound monitoring. *J Pediatr Orthop.* 1997;17:189–198.
- Harcke HT, Grissom LE. Performing dynamic sonography of the hip. *AJR Am J Roentgenol.* 1990;155:837–844.
- Terjesen T. Ultrasonography for evaluation of hip dysplasia. Methods and policy in neonates, infants, and older children. *Acta Orthop Scand.* 1998; 69:653–662.
- Graf R, Wilson B. *Sonography of the Infant Hip and its Therapeutic Implications.* Weinheim: Chapman & Hall, 1995.
- Hilgenreiner WH. Zur Frühdiagnose und Frühbehandlung der angeborenen Hüftgelenks-verrenkung. *Med Klin.* 1925;21:1385–1389.
- Wiberg G. Studies on dysplastic acetabula and congenital subluxation of the hip joint. *Acta Chir Scand Suppl.* 1939;58:33.
- Terjesen T, Runden TO, Johnsen HM. Ultrasound in the diagnosis of congenital dysplasia and dislocation of the hip joints in children older than two years. *Clin Orthop.* 1991;262:159–169.
- Fredensborg N. The CE angle of normal hips. *Acta Orthop Scand.* 1976; 47:403–405.

25. Salter RB, Kostuik J, Dallas S. Avascular necrosis of the femoral head as a complication of treatment for congenital dislocation of the hip in young children: a clinical and experimental investigation. *Can J Surg*. 1969;12:44–61.
26. Kalamchi A, MacEwen GD. Avascular necrosis following treatment of congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg [Am]*. 1980;62:876–888.
27. Tönnis D. *Die angeborene Hüftdysplasie und Hüftluxation im Kindes und Erwachsenenalter*. Berlin: Springer-Verlag, 1984.
28. Massie WK, Howorth MB. Congenital dislocation of the hip. Part III. Pathogenesis. *J Bone Joint Surg [Br]*. 1951;33:190–198.
29. von Rosen S. Further experience with congenital dislocation of the hip in the newborn. *J Bone Joint Surg [Br]*. 1968;50:538–541.
30. Langenskiöld A, Sarpio O, Michelsson JE. Experimental dislocation of the hip in the rabbit. *J Bone Joint Surg [Br]*. 1962;44:209–215.
31. Putti V. Congenital dislocation of the hip. *Surg Gynecol Obstet*. 1926;42:449–452.
32. Ortolani M. *La lussazione congenita dell'anca—nuovi criteri diagnostici e profilattico-correctivi*. Bologna: Editore Capelli, 1948.
33. Wilkinson J, Carter C. Congenital dislocation of the hip. *J Bone Joint Surg [Br]*. 1960;42:669.
34. Wynne-Davies R. Acetabular dysplasia and familial joint laxity: two etiological factors in congenital dislocation of the hip. A review of 589 patients and their families. *J Bone Joint Surg [Br]*. 1970;52:704–716.
35. Mostert AK, Tulp NJ, Castelein RM. Results of Pavlik harness treatment for neonatal hip dislocation as related to Graf's sonographic classification. *J Pediatr Orthop*. 2000;20:306–310.
36. Lerman JA, Emans JB, Millis MB, et al. Early failure of Pavlik harness treatment for developmental hip dysplasia: clinical and ultrasound predictors. *J Pediatr Orthop*. 2001;21:348–353.
37. Walker JM. Histological study of the fetal development of the human acetabulum and labrum: significance in congenital hip disease. *Yale J Biol Med*. 1981;54:255–263.
38. Graf R. Das labrum acetabulare beim Säugling [The acetabular labrum in infants]. *Orthopade*. 1998;27:670–674.
39. Dorrell JH, Catterall A. The torn acetabular labrum. *J Bone Joint Surg [Br]*. 1986;68:400–403.
40. Klaue K, Durnin CW, Ganz R. The acetabular rim syndrome. A clinical presentation of dysplasia of the hip. *J Bone Joint Surg [Br]*. 1991;73:423–429.
41. Rachbauer F, Sterzinger W, Klestil T, et al. Acetabular development following early treatment of hip dysplasia by Pavlik harness. *Arch Orthop Trauma Surg*. 1994;113:281–284.
42. Taylor GR, Clarke NM. Monitoring the treatment of developmental dysplasia of the hip with the Pavlik harness. The role of ultrasound. *J Bone Joint Surg [Br]*. 1997;79:719–723.