

Даний звіт складається з трьох розділів, які стосуються програми покращення зору "Revitalvision", заснованій на технології Neurovision.

Розділ 1. Огляд літератури

Розділ 2. Безпека продукції та можливі побічні ефекти

Розділ 3. Протоколи клінічних випробувань

Розділ 1 - Огляд літератури

1. Передумови

Зір обмежується двома основними факторами: (а) якістю зображення, яке передається від очей, і (б) нервової обробки в головному мозку, яка повинна інтегрувати інформацію між різними нейронами, розташованими в сусідніх місцях головного мозку (областях). Кортикальні клітини (нейрони) є високоспеціалізованими і досконалими аналізаторами зображень. Таким чином, щоб охарактеризувати зображення, зорова обробка включає в себе спільну активність багатьох нейронів - такі нейронні взаємодії сприяють як збудженню так і гальмуванню. Інтеграція частин зображення повинна відбуватися дуже швидко, так як часовий проміжок, за який формується перший об'єкт сприйняття, дуже короткий. Отже, зорова обробка інформації може бути обмежена, якщо перша репрезентація образу неефективна в результаті сповільнення нейронної обробки або через відсутність ефективної взаємодії між нейронами.

1.1. Контрастна чутливість

Контрастна чутливість (КЧ), тобто здатність розрізняти відтінки сірого, є одним з основних чинників, який визначає, наскільки добре бачать люди. Передбачається, що функція контрастної чутливості (ФКЧ) описує комбіновану реакцію класичних рецептивних полів простих клітин, які були вибірково налаштовані для розміщення, орієнтації і просторової частоти і являють собою основоположні елементи аналізу. (Wilson, 1991; Wilson & Wilkinson, 1997).

Таким чином, ФКЧ описує вихід ранньої стадії, що забезпечує будівельні блоки для наступних етапів зорової обробки.

За останні два десятиліття, було показано, що характеристика контрастності також визначається латеральними взаємодіями в зоровій корі людини (Bonneh & Sagi, 1999; Cass & Alais, 2006; Cass & Spehar, 2005; Ellenbogen, Polat, & Spitzer, 2006; Polat & Norcia, 1996; Polat & Sagi, 1993, 1994a, 1994b, 2006; Shani & Sagi, 2006; Solomon & Morgan, 2000; Tanaka & Sagi, 1998; Woods, Nugent, & Peli, 2002) і тварин (Crook, Engelmann, & Lowel, 2002; Kapadia, Ito, Gilbert, & Westheimer, 1995; Mizobe, Polat,). Гострота зору (ГЗ) є найбільш типовим клінічним показником зорових функцій і розглядається як золотий стандарт визначення зорових функцій. ГЗ вимірює здатність ідентифікувати чорні символи на білому фоні на стандартизованій відстані, в той час, як розмір символів змінюється. Людина зі стандартною (нормальною) ГЗ може розпізнати літеру, що визначається як 6/6 (20/20).

1.2. Нейронна пластичність і перцептивне навчання

Зорова пластичність - це здатність зорової системи змінювати свої відгуки для того, щоб адаптуватися до змін візуальної інформації. Доказ пластичності в зоровій системі дорослого було наведено в клінічних дослідженнях, які показали, що тренування під час конкретних

зорових завдань призводить до поліпшення продуктивності або чутливості (див. (Fahle & Poggio, 2002)). Перцептивне навчання має великий вплив на наше розуміння розвитку і пластичності зорової системи. Поліпшення після перцептивного навчання було продемонстроване з використанням різних візуальних завдань, які показують, що зорова система дорослого може змінюватися в залежності від вимог поведінки (Fahle, 2005; Fiorentini & Berardi, 1980; Polat & Sagi, 1994b; Sagi & Tanne, 1994). (див. Fahle (2002), Fahle and Poggio (2002), Gilbert, Sigman, and Crist (2001), Sagi and Tanne (1994)).

1.3. Пластичність амбліопії

Амбліопія - це зниження зорових функцій, які не можуть бути безпосередньо віднесені до впливу будь-яких структурних аномалій ока або заднього зорового шляху. Це викликано раннім аномальним бінокулярним зоровим досвідом впродовж «критичного періоду», який перешкоджає нормальному розвитку зорової системи. Загально застосований принцип лікування полягає в тому, що терапія може бути ефективною тільки в критичний період, як правило, у віці близько 8-9 років (Greenwald & Parks, 1999; Prieto-Diaz, 2000; von Noorden, 1981), коли зорова система вважається досить пластичною для кортикальних змін. Тому стандартна терапія амбліопії традиційно спрямована на дітей і полягає в пригніченні працьовитого ока за допомогою пов'язки або атропіну, що змушує мозок використовувати візуальний потік з амбліопійного ока. Однак, у дорослих, зорові недоліки вважаються непоправними після першого десятиліття життя, коли з розвитком припинився період дозрівання. Тому, стандартне лікування, як правило, не пропонують. Тим не менш, відомо про відновлення зорових функцій у дорослих з амбліопією після лікування оклюзією (Birnbaum, Koslowe, & Sanet, 1977; Simmers, Gray, McGraw, & Winn, 1999; Wick, Wingard, Cotter, & Scheiman, 1992) або після втрати зору здоровим оком (El Mallah, Chakravarthy, & Hart, 2000). Першим кроком у серії контрольованих досліджень, які надали докази пластичності після перцептивного навчання у дорослих з амбліопією, є тренування із тестом на верньєрну гостроту зору (Levi & Polat, 1996; Levi, Polat, & Hu, 1997b). Регулярна практика призвела до істотного поліпшення ноніуса зору в амбліопічних очах дорослих з амбліопією. У двох спостерігачів поліпшення зору ноніуса супроводжувалося пропорційним поліпшенням ГЗ, яка досягає нормального зору. Ці дослідження стали оптимістичною можливістю для подальшого лікування амбліопії на основі перцептивного навчання. Останні дослідження надали додаткові докази пластичності у дорослих з амбліопією (Chung, Li, & Levi, 2006; Fronius, Cirina, Cordey, & Ohrloff, 2005; Fronius, Cirina, Kuhli, Cordey, & Ohrloff, 2006; Levi, 2005; Li & Levi, 2004; Polat et al., 2004; Zhou et al., 2006).

1.4. Поліпшення нормальних зорових функцій

Деяке розуміння механізму, що лежить в основі пластичності нейронів, які можуть поліпшити контрастну чутливість, з'являється від латеральних експериментів (Polat & Sagi, 1994b, 1995; Polat et al., U. Polat / Vision Research 49 (2009) 2566–2573 2567 2004). Ці дослідження показують, що практика латеральних взаємодій збільшує ефективність колінеарних взаємодій між сусідніми нейронами, ефект, який забезпечує підключення до віддалених нейронів через каскад локальних взаємодій. Таким чином, отримані результати вказують на можливий інструмент для використання бічних взаємодій для поліпшення КЧ у людей з нормальним зором і у людей з порушеннями бічних взаємодій, таких як амбліопія. Полат розробив процедуру перцептивного навчання, яка була розроблена для поліпшення аномальної бічної взаємодії в амбліопії шляхом стимуляції дефектних популяцій нейронів і ефективного розвитку своїх колінеарних взаємодій (Polat, 2006, 2008; Polat et al., 2004). Оскільки амбліонічний дефіцит не однаковий серед суб'єктів (Bonneh, Sagi, & Polat, 2004; Bonneh et al., 2007; Polat, 2008; Polat et al., 2005), лікування було спеціально розроблене і спрямоване на недоліки кожної окремої людини.

1.5. Поліпшення латеральних взаємодій при амбліопії

Амбліопії показують аномальні бічні взаємодії (Bonneh et al., 2004, 2007; Ellemborg et al., 2002; Levi et al., 2002; Polat, 2006, 2008; Polat et al., 2004). Функція бічної взаємодії амбліопів на початку лікування не виявила зниження і, по суті, збільшила кількість пригнічення. Однак, після лікування, кількість пригнічення була значно знижена до нормального рівня (Polat, 2008; Polat et al., 2004).

1.6. Поліпшення ФКЧ при амбліопії

Згідно з дослідженням Полат та ін. (2004), очі з амбліопією перед лікуванням виявляють типову нижню КЧ, порівняно з очима з нормальним зором, з низькими просторовими частотами близькими до нормальних значень і високими просторовими частотами, виявляючи гірший показник. Лікування забезпечило значне поліпшення чутливості до двох разів у всіх просторових частотах, включаючи високий діапазон просторових частот, підвищення функції в межах нормального (нижнього) діапазону. Найцікавіший результат в тому, що після 12 місяців, ФКЧ була не тільки збережена, але й збільшилася до середнього діапазону при високих просторових частотах. Цей результат дозволяє припустити, що високі просторові частоти застосовуються після лікування під час щоденних завдань і, таким чином, на практиці.

1.7. Поліпшення ФКЧ в не-амбліопічних групах

Процедура Полат та ін. (2004) при застосуванні до людей з нормальним зором або зором після корекції до нормального, покращила їх гостроту зору більш ніж до 66. Нещодавно процедуру було застосовано для поліпшення зору людей з міопією низького ступеня (Tan & Fong, 2008). Зір осіб з міопією (короткозорих) розмитий без оптичної корекції. Таким чином, ФКЧ знижена, особливо при більш високих просторових частотах, в порівнянні з людьми з корегованим зором. Це зниження КЧ схоже на КЧ осіб з амбліопією. Дане дослідження використовувало протокол, схожий на той, що використовується для амбліопії (Polat et al., 2004); показано, що, коли особи практикуються з невідкоригованою міопією середнього ступеня, КЧ покращується. Таким чином, навіть у випадках, коли бічні взаємодії в нормі (низька міопія), тренування покращує КЧ.

1.8. Поліпшення ГЗ

Виявлено, що ГЗ покращилася після тренування на визначення контрастності в осіб з амбліопією (Polat et al., 2004), анізотричною амбліопією (Huang et al., 2008; Zhou et al., 2006), і після тренування на гостроту зору ноніуса (Levi & Polat, 1996; Levi, Polat, & Hu, 1997a). Тренування на бічні взаємодії осіб з міопією низького ступеня також показує поліпшення ГЗ (Tan & Fong, 2008). Таким чином, тренування може зводитись до завдання з розпізнавання літер (ГЗ), ефекту, який підтримує зв'язки між цими перцептивними завданнями і розпізнаванням літери.

1.9. Перехід до поліпшення бінокулярного зору

У дослідженнях Полат і колег під час лікування, досліджувалось око юнака; таким чином, лікування було монокулярним, орієнтованим на аномальні бічні взаємодії амбліопічного ока. Несподівано після лікування бінокулярні функції покращилися, що свідчить про покращення одразу бінокулярного злиття і стерео зору (Polat, 2006, 2008). Значне поліпшення стереозору було також виявлено в ретроспективному дослідженні (Lichter, 2007).

1.10. Додаткові показання для поліпшення функції

Окрім амбліопії і міопії, досліджено декілька інших умов, які спричиняють зниження ГЗ. Пацієнти з далекозорістю показали збільшення від 1,5 до 2 ліній і збільшення зору на близьку відстань до 100% КЧ після лікування (Polat 2009; Tan 2005; Stahl & Durrie 2008; Durrie & McMinn, 2007). Пацієнти після рефракційної хірургії показали схожі результати (Tan 2005, Waring IV et al., неопубліковані дані). Пацієнти, які перенесли операцію з імплантації інтраокулярної лінзи (ІОЛ) після видалення катаракти показали високу КЧ і збільшення ліній ГЗ від 1 до 1,5 в різних монофокальних і мультифокальних або акомодуючих ІОЛ (Waring IV et al. 2010).

Можливий позитивний результат лікування в контролі міопії пропонується завдяки фундаментальній роботі, проведений на дітях шкільного віку (Chua et al. 2007), і, хоча це ще не визначено рандомізованим подвійним сліпим контрольованим дослідженням, протягом кількох років, поточні висновки пропонують оптимістичні результати.

Завдяки багатообіцяючим результатам у вищезазначених дослідженнях і в світлі того факту, що лікування є безпечним і неінвазивним, кілька лікарів використовували це лікування в роботі з декількома типами зорових патологій. Серед інших вони включають: вроджені ністагми (ВН) (Ben Namo, неопубліковані дані), вікову дегенерацію жовтої плями, пігментний ретиніт (Lyga, 2009), патологічну міопію та вроджену нічну сліпоту. Ретроспективне комплексне дослідження, яке проводиться протягом цього року, вже дає позитивні результати у випадках ВН.

1.11. Стійкість покращених функцій

Різні дослідження виміряли стійкість результатів протягом періоду зберігання. У той час як амбліопія виявила дивовижне збільшення функції КЧ протягом довгого часу (Polat et al 2004), інші показали помірний регрес близько 15% ефекту лікування протягом перших шести місяців після лікування. Тим не менше, протягом наступних вісімнадцяти місяців зберігання подальшої регресії не спостерігалось (Siow & Tan, 2008). Дослідження, спрямовані на пресбіопію і процедури пострефракційної корекції, не виявили регресу протягом дванадцяти місяців збереження (Tan et al. 2005, Ng et al. 2007).

Розділ 2. Безпека продукції та можливі побічні ефекти

2.1 Більшість досліджень з оцінки ефективності лікування слідували Протоколу, описаному в розділі 3. Жоден з авторів або досліджень не вказали на жодні побічні ефекти або проблеми, що стосуються безпеки пацієнтів при призначенні цього лікування.

Так як відсутній фізичний контакт, окрім натискання кнопки комп'ютерної миші, між пацієнтом і апаратом (з екраном ПК), побічні ефекти малоймовірні.

Незважаючи на відблиски на екрані, астенопія або викликані епілептичні випадки не повинні виникнути, так як в цілях безпеки будь-яка особа, яка мала медичну історію з епілепсією виключалася з протоколів клінічних випробувань. На сьогоднішній день після лікування понад 6000 пацієнтів як в контрольованих дослідженнях, так і в рекламі продукту, призначеними лікарями або пацієнтами не повідомлялося про жодні побічні ефекти або стійкі порушення.

Критерії невключення стосуються пацієнтів, які страждають від цукрового діабету (ЦД), і вагітних пацієнток. Це не через підозру в можливих несприятливих впливах на пацієнта або плід, а через те, що ці пацієнти в своєму стані, як правило, мають зорові і рефракційні коливання, і в цьому випадку результат лікування може бути невідповідним.

Єдиний можливий побічний ефект, який може стати проблемою, це подвійний зір (диплопія) у пацієнтів, що мають косоокість, через що центральний зір від одного ока пригнічується.

Підвищення ГЗ і КЧ в цих хворих може діяти таким чином, щоб зменшити пригнічення зору від викривленого ока і, відповідно, спричинити диплопію. З цієї причини наявність косоокості понад 8 призматичних діоптрій або будь-якої вертикальної тропії вважається протипоказанням, тому пацієнт в такому стані не рекомендується для лікування.

Як уже згадувалося вище, до теперішнього часу про такий несприятливий ефект не повідомлялося, і таке попередження, як і при мігрені і епілепсії, є всього лише застереженням для лікарів.

Розділ 3 - Протоколи клінічного випробування

3.1. Нижче наводиться витяг з протоколів дотриманий під час клінічних випробувань, проведених Durrig та McMin (2007), Stahl і Durrig (2008), і Waring IV та ін. (неопубліковані дані). Схожі протоколи використовувались в попередніх дослідженнях. Цей протокол використовується в якості керівних принципів для призначення цього лікування для потенційних пацієнтів.

Критерії включення:

Амбліопія:

- ♣ Вік - від 9 до 55 років
- ♣ Діагноз амбліопія (анізотропія, косоокість або обидва)
- ♣ МГЗК (BCVA) 6/9 до 6/60
- ♣ Відхилення ока не перевищує 8 призматичних діоптрій.
- ♣ Мотивація та зацікавленість

Міопія/ після Lasik:

- ⤴ Вік - від 9 до 55 років
- ⤴ Сферичні заломлення $\leq -1.5D$ Астигматизм $\leq -0.75D$
- ⤴ UAVA 6/9 до 6/20 (від 0,20 до 0,50 LogMAR)
- ⤴ Різниця між очима не більше 3 ліній (0,3 LogMAR)
- ⤴ Показник стану пацієнта стабільний, без збільшення понад 0.5D за останні шість місяців
- ⤴ МГЗК (BCVA) - 6/6
- ⤴ Мотивація та зацікавленість

Рання пресбіопія:

- ⤴ Вік - від 40 до 55
- ⤴ Не скоригована ГЗ близько 6/9 до 6/20 (від 0,2 до 0,5 LogMAR)
- ⤴ Не більше ніж 0,3 LogMar (3 лінії) різниця між очима
- ⤴ Додатково + 1.50D
- ⤴ Готовий до використання окулярів для читання або нещодавно почав їх використовувати (минулого року)
- ⤴ Мотивація та зацікавленість

Спортивний зір:

- ⤴ Вік - до 55 років
- ⤴ Найкращий скоригований зір 6/6
- ⤴ Добре усвідомлюють якість свого зору і дуже зацікавлені в його подальшому покращенні
- ⤴ Мотивація та зацікавленість

Додаткові критерії включення:

- Пацієнт когнітивно здоровий і здатний слідувати інструкціям
- Пацієнт здатний і готовий бути присутнім на всіх необхідних сесіях дослідження і візитах з необхідною частотою:
 - Загальна кількість сесій лікування становитиме 30 (40 для амбліопії)
 - Необхідний проміжок сесій лікування в середньому 3 рази на тиждень і принаймні 9 сеансів на місяць
 - Відсутні непередбачувані перерви більше, ніж 2 тижні під час курсу лікування

Критерії виключення:

- ⤴ Діабет (не збалансований)
- ⤴ Епілепсія
- ⤴ Мігрень
- ⤴ Вагітність
- ⤴ Проблеми концентрації

Перевірки

- Гострота зору і контрастна чутливість
 - Найкраща скоригована - амбліопія
 - Самостійна вдалину - короткозорість / після Lasik
 - Не скоригована ближня - пресбіопія
 - Звична – спортивний зір
- Об'єктивна і суб'єктивна рефракція
- Циклоплегічна рефракція (за необхідністю)
- Візуальне вивчення (амбліопія)
- Ортоптичне вивчення (амбліопія)

Початок / Кінець перевірки лікування:

Рання пресбіопія:

- Постійні окуляри / контактні лінзи
- Явно виражена суб'єктивна рефракція на відстані
- Найкраща скоригована гострота зору вдалину
- Явно виражена суб'єктивна рефракція на близькій відстані
- Найкраща скоригована гострота ближнього зору
- Найкраща скоригована контрастна чутливість зблизька (за необхідністю)
- Нескоригована гострота ближнього зору
- Нескоригована контрастна чутливість зблизька

Міопія низького ступеня / після LASIK:

- Постійні окуляри / контактні лінзи
- Явно виражена суб'єктивна рефракція на відстані
- Самостійна гострота зору вдалину
- Самостійна контрастна чутливість вдалину
- Найкраща скоригована гострота зору вдалину
- Найкраща скоригована контрастна чутливість вдалину

Амбліопія:

- Постійні окуляри / контактні лінзи
- Явно виражена суб'єктивна рефракція на відстані
- Найкраща скоригована гострота зору вдалину
- Найкраща скоригована контрастна чутливість вдалину
- Тип амбліопії
- Девіація ока (тест закритого/відкритого ока)
- Метод Уорта
- Стерео Титмус/ 3D тести

Спортивний зір:

- Постійні окуляри / контактні лінзи
- Явно виражена суб'єктивна рефракція на відстані
- Найкраща скоригована гострота зору вдалину
- Найкраща скоригована контрастна чутливість вдалину
- Гострота зору на звичну відстань
- Контрастна чутливість на звичну відстань

Періодичні перевірки:

Рання пресбіопія

- Нескоригована гострота зору зблизька
- Нескоригована контрастна чутливість зблизька

Міопія низького ступеня / після LASIK:

- Самостійна гострота зору вдалину
- Самостійна контрастна чутливість вдалину

Амбліопія:

- Найкраща скоригована гострота зору вдалину
- Найкраща скоригована контрастна чутливість вдалину

Спортивний зір:

- Гострота зору на звичну відстань
- Контрастна чутливість на звичну відстань

Анкети для визначення якості зору (за необхідністю):

- Початкова анкета – після початкової перевірки
- Проміжна анкета – після 15 процедур лікування
- Заключна анкета лікування – після кінцевої перевірки лікування

Джерела:

Albrecht, D. G. (1995). Visual cortex neurons in monkey and cat: Effect of contrast on the spatial and temporal phase transfer functions. *Visual Neuroscience*, 12(6), 1191–1210. Birnbaum, M. H., Koslowe, K., & Sanet, R. (1977). Success in amblyopia therapy as a function of age: A literature survey. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 54(5), 269–275.

Bonneh, Y., & Sagi, D. (1999). Configuration saliency revealed in short duration binocular rivalry. *Vision Research*, 39(2), 271–281.

Bonneh, Y. S., Sagi, D., & Polat, U. (2004). Local and non-local deficits in amblyopia: Acuity and spatial interactions. *Vision Research*, 44(27), 3099–3110. Bonneh, Y. S., Sagi, D., & Polat, U. (2007). Spatial and temporal crowding in amblyopia. *Vision Research*, 47(14), 1950–1962.

Breitmeyer, B. G. (1984). *Visual masking: an integrative approach*. Oxford Psychology series (vol. 4). New York: Oxford University Press. Breitmeyer, B. G., & Ogmen, H. (2000). Recent models and findings in visual backward masking: A comparison, review, and update. *Perception and Psychophysics*, 62(8), 1572–1595.

Carrasco, M., Penpeci-Talgar, C., & Eckstein, M. (2000). Spatial covert attention increases contrast sensitivity across the CSF: Support for signal enhancement. *Vision Research*, 40(10–12), 1203–1215. Carrasco, M., Williams, P. E., & Yeshurun, Y. (2002). Covert attention increases spatial resolution with or without masks: Support for signal enhancement. *Journal of Vision*, 2(6), 467–479.

Cass, J., & Alais, D. (2006). The mechanisms of collinear integration. *Journal of Vision*, 6(9), 915–922. Cass, J. R., & Spehar, B. (2005). Dynamics of collinear contrast facilitation are consistent with long-range horizontal striate transmission. *Vision Research*, 45(21), 2728–2739. Chandna, A., Pennefather, P. M., Kovacs, I., & Norcia, A. M. (2001). Contour integration deficits in anisometropic amblyopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 42(3), 875–878.

- Chua WH Tan D Fong A (2007) Enhancement of Under Corrected Visual Acuity and Contrast Sensitivity in Myopic Children Using NeuroVision's Neural Vision Correction (NVC) Technology ARVO 2007
- Chung, S. T., Legge, G. E., & Tjan, B. S. (2002). Spatial-frequency characteristics of letter identification in central and peripheral vision. *Vision Research*, 42(18), 2137–2152. Chung, S. T., Levi, D. M., & Legge, G. E. (2001). Spatial-frequency and contrast properties of crowding. *Vision Research*, 41(14), 1833–1850.
- Chung, S. T., Li, R. W., & Levi, D. M. (2006). Identification of contrast-defined letters benefits from perceptual learning in adults with amblyopia. *Vision Research*, 46(22), 3853–3861. Chung, S. T., Mansfield, J. S., & Legge, G. E. (1998). Psychophysics of reading. XVIII. The effect of print size on reading speed in normal peripheral vision. *Vision Research*, 38(19), 2949–2962. Crook, J. M., Engelmann, R., & Lowel, S. (2002). GABA-inactivation attenuates colinear facilitation in cat primary visual cortex. *Experimental Brain Research*, 143(3), 295–302. Durrie D, McMinn PS. (2007) Computer-based primary visual cortex training for treatment of low myopia and early presbyopia. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 2007;105:132- 8; discussion 138-40. El Mallah, M. K., Chakravarthy, U., & Hart, P. M. (2000). Amblyopia: Is visual loss permanent? *British Journal of Ophthalmology*, 84(9), 952–956. Ellemberg, D., Hess, R. F., & Arsenault, A. S. (2002). Lateral interactions in amblyopia. *Vision Research*, 42(21), 2471–2478.
- Ellenbogen, T., Polat, U., & Spitzer, H. (2006). Chromatic collinear facilitation, further evidence for chromatic form perception. *Spatial Vision*, 19(6), 547–568. Fahle, M. (2002). Perceptual learning: Gain without pain? *Nature Neuroscience*, 5(10), 923–924.
- Fahle, M. (2005). Perceptual learning: Specificity versus generalization. *Current Opinion in Neurobiology*, 15(2), 154–160. Fahle, M., & Poggio, T. (2002). Perceptual learning. Cambridge, MA: MIT Press. Fahle, M., & Skrandies, W. (1994). An electrophysiological correlate of learning in motion perception. *German Journal of Ophthalmology*, 3(6), 427–432.
- Fiorentini, A., & Berardi, N. (1980). Perceptual learning specific for orientation and spatial frequency. *Nature*, 287(5777), 43–44. Flom, M. C., Weymouth, F. W., & Kahneman, D. (1963). Visual resolution and contour interaction. *Journal of the Optical Society of America*, 53(9), 1026–1032.
- Fronius, M., Cirina, L., Cordey, A., & Ohrloff, C. (2005). Visual improvement during psychophysical training in an adult amblyopic eye following visual loss in the contralateral eye. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 243(3), 278–280.
- Fronius, M., Cirina, L., Kuhli, C., Cordey, A., & Ohrloff, C. (2006). Training the adult amblyopic eye with “perceptual learning” after vision loss in the non-amblyopic eye. *Strabismus*, 14(2), 75–79. Gilbert, C. D., Sigman, M., & Crist, R. E. (2001). The neural basis of perceptual learning. *Neuron*, 31(5), 681–697.
- Greenwald, M. J., & Parks, M. M. (1999). Treatment of amblyopia. In T. Duane (Ed.). *Clinical ophthalmology* (Vol. 1). Hagerstown: Harper and Row. Hariharan, S., Levi, D. M., & Kellin, S. A. (2005). “Crowding” in normal and amblyopic vision assessed with Gaussian and Gabor C's. *Vision Research*, 45(5), 617–633. Harwerth, R. S., & Levi, D. M. (1978). Reaction time as a measure of suprathreshold grating detection. *Vision Research*, 18(11), 1579–1586.
- Hess, R. F., McIlhagga, W., & Field, D. J. (1997). Contour integration in strabismic amblyopia: The sufficiency of an explanation based on positional uncertainty. *Vision Research*, 37(22), 3145–3161. Hirsch, J. A., & Gilbert, C. D. (1991). Synaptic physiology of horizontal connections in the cat's visual cortex. *Journal of Neuroscience*, 11(6), 1800–1809.
- Huang, C. B., Zhou, Y., & Lu, Z. L. (2008). Broad bandwidth of perceptual learning in the visual system of adults with anisometropic amblyopia. *Proceedings of the National Academy of Sciences*

- USA, 105(10), 4068–4073. Kapadia, M. K., Ito, M., Gilbert, C. D., & Westheimer, G. (1995). Improvement in visual sensitivity by changes in local context: Parallel studies in human observers and in V1 of alert monkeys. *Neuron*, 15(4), 843–856.
- 2572 U. Polat / *Vision Research* 49 (2009) 2566–2573 Kovacs, I., Polat, U., Pennefather, P. M., Chandna, A., & Norcia, A. M. (2000). A new test of contour integration deficits in patients with a history of disrupted binocular experience during visual development. *Vision Research*, 40(13), 1775–1783.
- Legge, G. E., Mansfield, J. S., & Chung, S. T. (2001). Psychophysics of reading.XX. Linking letter recognition to reading speed in central and peripheral vision. *Vision Research*, 41(6), 725–743.
- Legge, G. E., Pelli, D. G., Rubin, G. S., & Schleske, M. M. (1985). Psychophysics of reading – I. Normal vision. *Vision Research*, 25(2), 239–252. Levi, D. M. (2005). Perceptual learning in adults with amblyopia: A reevaluation of critical periods in human vision. *Developmental Psychobiology*, 46(3), 222–232.
- Levi, D. M., Hariharan, S., & Klein, S. A. (2002). Suppressive and facilitatory spatial interactions in amblyopic vision. *Vision Research*, 42(11), 1379–1394. Levi, D. M., & Li, R. W. (2009). Perceptual learning as potential treatment for amblyopia: A mini-review. *Vision Research*, 49(21), 2535–2549.
- Levi, D. M., & Polat, U. (1996). Neural plasticity in adults with amblyopia. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 93(13), 6830–6834. Levi, D. M., Polat, U., & Hu, Y. S. (1997a). Improvement in vernier acuity in adults with amblyopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 38(8), 1493–1510.
- Levi, D. M., Polat, U., & Hu, Y. S. (1997b). Improvement in Vernier acuity in adults with amblyopia. Practice makes better. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 38(8), 1493–1510. Levi, D. M., Song, S., & Pelli, D. G. (2007). Amblyopic reading is crowded. *Journal of Vision*, 7(2), 21. 21–17.
- Levitt, H. (1971). Transformed up-down methods in psychoacoustics. *Journal of the Acoustical Society of America*, 49(Suppl. 2), 467+. Li, R. W., & Levi, D. M. (2004). Characterizing the mechanisms of improvement for position discrimination in adult amblyopia. *Journal of Vision*, 4(6), 476–487.
- Liu, L., Wang, K., Liao, B., Xu, L., & Han, S. (2004). Perceptual salience of global structures and the crowding effect in amblyopia. *Graefe's Archive Clinical Experimental Ophthalmology*, 242(7), 566–570. Livne, T., & Sagi, D., (2007) Configuration influence on crowding. *Journal of Vision*, 7(2): 4, 1–12. LyraJ.M. (2009), Neuroplasticity, key to vision recovery. AAO 2008. ESCRS 2009 Majaj, N. J., Pelli, D. G., Kurshan, P., & Palomares, M. (2002). The role of spatial frequency channels in letter identification. *Vision Research*, 42(9), 1165–1184. Mizobe, K., Polat, U., Pettet, M. W., & Kasamatsu, T. (2001). Facilitation and suppression of single striate-cell activity by spatially discrete pattern stimuli presented beyond the receptive field. *Visual Neuroscience*, 18(3), 377–391. Nazarul M, Fong A., Tan D., A Randomised Controlled Trial Evaluating the Efficacy of Neurovision's Neural Vision Correction Technology in Enhancing Unaided Visual Acuity in Adults with Low Myopia ARVO 2008 O'Regan, J. K. (1990). Eye movements and reading. *Reviews of Oculomotor Research*, 4, 395–453. Parkes, L., Lund, J., Angelucci, A., Solomon, J. A., & Morgan, M. (2001). Compulsory averaging of crowded orientation signals in human vision. *Nature Neuroscience*, 4(7), 739–744. Patching, G. R., & Jordan, T. R. (2005). Spatial frequency sensitivity differences between adults of good and poor reading ability. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 46(6), 2219–2224. Pelli, D. G., Palomares, M., & Majaj, N. J. (2004). Crowding is unlike ordinary masking: Distinguishing feature integration from detection. *Journal of Vision*, 4(12), 1136–1169.
- Peli, E., Arend, L. E., Young, G. M., & Goldstein, R. B. (1993). Contrast sensitivity to patch stimuli: Effects of spatial bandwidth and temporal presentation. *Spatial Vision*, 7(1), 1–14. Petrov, Y., & McKee, S. P. (2006). The effect of spatial configuration on surround suppression of contrast

sensitivity. *Journal of Vision*, 6(3), 224–238.

Plainis, S., & Murray, I. J. (2005). Magnocellular channel subserves the human contrast- sensitivity function. *Perception*, 34(8), 933–940. Polat, U. (1999). Functional architecture of long-range perceptual interactions. *Spatial Vision*, 12(2), 143–162.

Polat, U. (2006). Improving abnormal spatial vision in adults with amblyopia. In M. R. M. Jenkin & L. R. Harris (Eds.), *Seeing spatial form* (pp. 371–380). New York: Oxford University Press. Polat, U. (2008). Restoration of underdeveloped cortical functions: Evidence from treatment of adult amblyopia. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 26, 1–12.

Polat, U., Bonnef, Y., Ma-Naim, T., Belkin, M., & Sagi, D. (2005). Spatial interactions in amblyopia: Effects of stimulus parameters and amblyopia type. *Vision Research*, 45(11), 1471–1479. Polat, U., Ma-Naim, T., Belkin, M., & Sagi, D. (2004). Improving vision in adult amblyopia by perceptual learning. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 101(17), 6692–6697.

Polat, U., Mizobe, K., Pettet, M. W., Kasamatsu, T., & Norcia, A. M. (1998). Collinear stimuli regulate visual responses depending on cell's contrast threshold. *Nature*, 391(6667), 580–584. Polat, U., & Norcia, A. M. (1996). Neurophysiological evidence for contrast dependent long-range facilitation and suppression in the human visual cortex. *Vision Research*, 36(14), 2099–2109.

Polat, U., & Sagi, D. (1993). Lateral interactions between spatial channels: Suppression and facilitation revealed by lateral masking experiments. *Vision Research*, 33(7), 993–999. Polat, U., & Sagi, D. (1994a). The architecture of perceptual spatial interactions. *Vision Research*, 34(1), 73–78.

Polat, U., & Sagi, D. (1994b). Spatial interactions in human vision: From near to far via experience-dependent cascades of connections. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 91(4), 1206–1209. Polat, U., & Sagi, D. (1995). Plasticity of spatial interactions in early vision. In B. Julesz & I. Kovacs (Eds.), *Maturation windows and adult cortical plasticity* (Vol.

24, pp. 1–15). Addison-Wesley. Polat, U., & Sagi, D. (2006). Temporal asymmetry of collinear lateral interactions. *Vision Research*, 46(6–7), 953–960. Polat, U., Sagi, D., & Norcia, A. M. (1997). Abnormal long-range spatial interactions in amblyopia. *Vision Research*, 37(6), 737–744. Polat, U., Sterkin, A., & Yehezkel, O. (2007). Spatio-temporal low-level neural networks account for visual masking. *Advances in Cognitive Psychology*(3), 153–165. Popple, A. V., & Levi, D. M. (2000). Amblyopes see true alignment where normal observers see illusory tilt. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 97(21), 11667–11672.

Prieto-Diaz, J. S.-D. C. (2000). *Strabismus*. Boston: Butterworth–Heinemann. Sagi, D., & Tanne, D. (1994). Perceptual learning: Learning to see. *Current pinion in Neurobiology*, 4(2), 195–199. Shani, R., & Sagi, D. (2006). Psychometric curves of lateral facilitation. *Spatial Vision*, 19(5), 413–426. Simmers, A. J., Gray, L. S., McGraw, P. V., & Winn, B. (1999). Functional visual loss in amblyopia and the effect of occlusion therapy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 40(12), 2859–2871. Simmers, A. J., Ledgeway, T., Hess, R. F., & McGraw, P. V. (2003). Deficits to global motion processing in human amblyopia. *Vision Research*, 43(6), 729–738. Siow K, Tan D, (2008) 2 Years Follow-Up Results of Visual Acuity and Contrast Sensitivity Enhancement in Patients with Low Myopia using NeuroVision's Neural Vision Correction* (NVC*) Technology IMC 2008 Solomon, J. A., & Morgan, M. J. (2000). Facilitation from collinear flanks is cancelled by non-collinear flanks. *Vision Research*, 40(3), 279–286. Stuart, J. A., & Burian, H. M. (1962). A study of separation difficulty and its relationship to visual acuity in normal and amblyopic eyes. *American Journal of Ophthalmology*, 53, 471–477. Tan D. T. (2006), Improving VA and CSF in Subjects with Low Degrees of Myopia and Early Presbyopia using Neural Vision Correction (NVC) Technology, APAO 2006 Tan D.T., Chan B., Tey F., Lee L (2004), Pilot Study To Evaluate The Efficacy of Neural Vision Correction™ (NVCTM) Technology For Vision Improvement in Low Myopia, ARVO 2004 Tan, D. T., & Fong, A. (2008). Efficacy of neural vision therapy to enhance contrast sensitivity function and visual acuity in low myopia. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*,

34(4), 570–577. Tanaka, Y., & Sagi, D. (1998). Long-lasting, long-range detection facilitation. *Vision Research*, 38(17), 2591–2599. Tripathy, S. P., & Cavanagh, P. (2002). The extent of crowding in peripheral vision does not scale with target size. *Vision Research*, 42(20), 2357–2369. von Noorden, G. K. (1981). New clinical aspects of stimulus deprivation amblyopia. *American Journal of Ophthalmology*, 92(3), 416–421. Watson, A. B., Barlow, H. B., & Robson, J. G. (1983). What does the eye see best? *Nature*, 302(5907), 419–422. Waring IV G.O., Durrie D.S., Slade G.S. Visual Cortex Training Combined With LASIK for Treatment of Low Myopia, unpublished Data Waring IV G.O., Hunkeler J., Lindstrom R., (2010) Evaluation of Computer Based Primary Visual Cortex Training After Aspheric Monofocal, Multifocal, and Accommodating IOL Implantation ARVO 2010 Wick, B., Wingard, M., Cotter, S., & Scheiman, M. (1992). Anisometropic amblyopia: Is the patient ever too old to treat? *Optometry and Vision Science*, 69(11), 866–878. Wilson, H. R. (1991). Psychophysical models of spatial vision and hyperacuity. In D. Regan (Ed.). *Vision and Visual Dysfunction* (Vol. 10, pp. 64–86). CRC Press, Inc.. Wilson, H. R., & Wilkinson, F. (1997). Evolving concepts of spatial channels in vision: From independence to nonlinear interactions. *Perception*, 26(8), 939–960. Wong, E. H., & Levi, D. M. (2005). Second-order spatial summation in amblyopia. *Vision Research*, 45(21), 2799–2809. Wong, E. H., Levi, D. M., & McGraw, P. V. (2005). Spatial interactions reveal inhibitory cortical networks in human amblyopia. *Vision Research*, 45(21), 2810–2819. Woods, R. L., Nugent, A. K., & Peli, E. (2002). Lateral interactions: Size does matter. *Vision Research*, 42(6), 733–745. Yu, C., Klein, S. A., & Levi, D. M. (2004). Perceptual learning in contrast discrimination and the (minimal) role of context. *Journal of Vision*, 4(3), 169–182. Zhou, Y., Huang, C., Xu, P., Tao, L., Qiu, Z., Li, X., et al. (2006). Perceptual learning improves contrast sensitivity and visual acuity in adults with anisometropic amblyopia. *Vision Research*, 46(5), 739–750. U. Polat / *Vision Research* 49 (2009) 2566–2573 2573