

POSTNATAL DÜNYA'YA ATILAN İLK ADIM VE SONRASINDA YAŞANAN NÖROGELİŞİMSEL DEĞİŞİM

Mustafa TAŞTAN¹, Özge Kübra ESİN², Rukiye YALAP³

Canlılığın temel döngüsünde ölüme kadar uzanan yolculukta doğma, büyüme, gelişme, yaşlanma dönemlerinin her birinde fizyolojik olarak dönüşümler ve değişimler kaçınılmazdır. Bu süreci araştıran, inceleyen ve açıklayan bilim alanı embriyoloji'dir. Hücresel fazda zigot oluşumundan doğuma kadar vücutta meydana gelen değişimler embriyolojik olarak yenidoğan bir bireyde üç gelişimsel germ tabakasında incelenmektedir. Bunlar; ektoderm, mezoderm ve endoderm'dir. Vücut yapılarından epidermis, unguis ve capilli ektoderm kökenlidir. Ektoderm'den köken alan nöral tüp ve nöral crista, cerebrum ve medulla spinalis ile bunları terk eden 12 çift kranial sinir ve 31 çift spinal sinirde meydana getirir (Elshazzly, 2018). Sağlıklı bir yetişkinin kafa iskeleti içerisinde beyin hemisferleri, diencephalon, mesencephalon, pons, bulbus (medulla oblongata) ve cerebellum yer almaktadır. Üzerinde girinti (sulcus) ve

¹ Assist. Prof. Dr., Cappadocia University, School of Health Science, Department of Physiotherapy and Rehabilitation, Nevşehir, Turkey e-mail: mustafa.tastan@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-1465-3681

² Research Assistant, Cappadocia University, School of Health Science, Department of Child Development, Nevşehir, Turkey, ozge.esin@kapadokya.edu.tr, ORCID: 0000-0003-2728-7358

³ Assist. Prof. Dr., Cappadocia University, School of Health Science, Department of Nursing, Nevşehir, Turkey e-mail: Rukiye.yalap@kapadokya.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6485-8741

çıkıntılar (gyrus) bulunan anatomik yapı telencephalon duygu-durum, karar verme, görme-işitme, motor uyarı üretimi gibi birçok görevi bulunan bir bölümdür. Telencephalon'da sinirsel uyarı (impuls) oluşturan sinir hücrelerinin bulunduğu gri cevher bölümü ve sinir hücrelerine ait uzantılardan akson ve dendritlerin yer aldığı beyaz cevher kısmı yer alır (Kolb 1999). Beyni omuriliğe bağlayan beyin sakı (sapı) olarak bilinen truncus cerebri (encephali) hayati fonksiyona sahip bir yapıdır. Truncus cerebri yukarıdan aşağıya doğru mesencephalon, pons ve medulla oblongata'dan oluşmaktadır. Beyin sakı solunum ve kardiyopulmoner sisteminin düzenlenmesi, uyku-uyanıklık durumunda kritik role sahip merkezleri içermektedir (Iordanova, 2019). Bu anatomik yapılar ve merkezler sinir sistemine ait diğer yapılarla impuls'lar yardımıyla sürekli bağlantı durumundadır.

Sinir sisteminde yer alan nöron gövdesi ve çekirdeği substantia grisea'yı meydana getirirken, nöron uzantıları akson ve dendritler substantia alba'yı oluşturmaktadırlar. Substantia grisea beyinde cortex'te yerleşim gösterirken, medulla spinalis'te merkezde yer almaktadır. Beyne ait yollar sinir hücrelerinin akson ve dendritleri tarafından meydana getirilen substantia alba olarak tanımlanan tractuslar yani sinir lifleridir. Merkezi sinir sistemi içerisinde sinir hücresi akson ve dendritleri cerebrum'da subkortikal bölümde yer alırken, medulla spinalis'te periferde yerleşim göstermektedir. Doğumdan sonra sinir sistemi içerisinde yer alan bu sinir yolları (tractus) fiziksel ve biyolojik olarak kortikal ve subkortikal yapılar arasındaki bağlantıyı sağlayabilmek için kaçınılmaz bir

yeniden şekillenme, değişim ve gelişim içerisinde (Jernigan 2011).

Evvelde beyin gelişiminin genetik özelliklere göre belirlendiği ve beyin biyolojik olarak bir büyüme kapasitesi olduğu üzerinde ortak bir konsensus mevcut iken sinir sisteminde bu gelişimsel süreç gebelikten başlayıp yetişkinliğin başlangıcına kadar devamlıdır ve beraberinde çocuklarda davranışsal gelişim ve değişimi de ortaya çıkarmaktadır. Bu karmaşık kompleks gelişim süreci genotipik etkiden kaynaklı olabileceği gibi beslenme, ebeveynlerin duyarlılığı, günlük fiziksel aktivite miktarı ve sevgi gibi fenotipik özellikler ve periferik yaşam alanı etkileşimlerinden de kaynaklanabilmektedir. Bir bebek beyni anne teni kokusu, ebeveyn sesi, parlak ilginç oyuncak görme ve onu eliyle tanıma, besinlerin tadının tanınması gibi fiziksel ve içgüdüsel deneyimler dış ortamın tanınması ve buna entegre bir şekilde beyin yolları ve sinir hücrelerinin sinaps yeteneklerini değiştirebilmektedir (Jernigan 2011, Brotherson 2005).

Beyin Anatomik Yapılarında Oluşan Değişimler

Postnatal ve takip eden yaşam periyodunda insan vücudunu meydana getiren sistemlerde görülen değişim ve dönüşümler eş zamanlı bir şekilde sinir sistemi oluşumlarında da gözlenmektedir. Bu gelişim dönemi her bireyde farklılık gösterebildiğinden dolayı beyin gelişim süreci araştırmacılar için geçmişten günümüze değin merak konusu olmuştur. Farklı

yaşlara göre beynin farklı bölümlerde meydana gelen değişimler çalışmalarda değişik metotlar ile değerlendirilmeye çalışılmıştır.

Bu gelişimsel süreci nicel olarak değerlendiren beyin-görüntüleme yöntemleri ile analiz eden literatürde çalışmalar yer almaktadır. Literatürde magnetik rezonans görüntüleri kullanılarak yapılan güncel çalışmalar  ocuk beyninin biyolojik gelişiminin yetişkinliğe kadar devam ettiğini doğrulamakta olup sinir sistemi gelişiminin farklı olgunlaşma s relerinden geçtiğini açıklayan kanıtlar ortaya çıkarmışlardır (Gogtay ve ark., 2004, Lebel ve ark., 2008, Westlye ve ark., 2010). Değişen yaşa bağlı psikobecerisel davranışlar ile beyin tractus'larında oluşan değişimlerin korelasyon gösterdiği literatürde belirtilmektedir (Madsen ve ark., 2010, Schmithorst ve Yuan 2010, Tamnes ve ark., 2010, Vestergaard ve ark., 2010). Okul  ağında bulunan çocuklarda beyin projeksiyon, assosiasyon ve komissural liflerinde gözlenen gelişim ve değişimin çarpıcı sonuçlar ortaya koyduğu bildirilmiştir (Lebel 2008).

Fizyolojik olarak yaşamın ilk yılında yenidoğan reflekslerinin ortadan kalkması, keşfetme, tanıma, korku duygusunun oluşması, belleğin gelişmesi ve bakımını yapan bireyden ayrılmaktan veya çevresel aşırı uyaranlardan irkilme durumları ortaya çıkmaktadır. Yetişkinliğe doğru geçişte zamanla korteks ve beyin sakı refleks inhibisyon becerileri artarmakta, bazı refleksler kaybolmakta, karar verme, kişilik ve karakter tayininde rol alan beyin frontal lobunda prefrontal korteks ve hipokampus'te  evre ve vücut ile

ilgili verilerin depolanması ve gerekli olduğunda tekrar kullanmasına imkan tanıyan limbik sistem ve cortex cerebri arasındaki bağlantılar güçlenmektedir (Herschkowitz, 2000).

Ortalama 3 aylık bir bebekte beyin suplemer motor korteks sahasında pyramidal nöronların değişiminden kaynaklı zamanla el kavrama yetisi kaybolmaya başlar. Normal impuls iletimi beyin sakı ve beyin korteksi arasındaki internöronlar ile sağlanmaktadır. GABA nörotransmitterler vasıtasıyla motor nöronlarda inhibisyon gerçekleşir ve el gross kavrama kaslarında refleks hareketler kaybolmaya başlar. Bu tractus'larda myelinleşme süreci hızlanır ve impuls iletim hızı artar. Bu durumla korelasyon gösterecek şekilde solunum ve kardiyak merkezleri içeren beyin sakında mekanizmalar gelişmez ise artan impuls iletim inhibisyonu ani bebek ölüm sendromuna yol açabilir (Kennard MA ve ark. 1934; Touwen BC 1971).

Aynı gelişim sürecinde bebeklerde tanıma yetisine yönelik çalışan bellekte hızlı bir ilerleme ve gelişme gözlenir. Durumu destekleyecek bir şekilde 2 farklı objeden birisi defalarca gösterilip saklandığında sornasında 2 obje aynı anda gösterilirse defalarca gösterilen obje'ye daha dikkatli ve odaklanmış bir bakış gözlenmektedir. Bu tanıma süresi için beyine hipokampus'un rol aldığı bildirilmektedir. Bu dönemde insan beyninde hipokampus gelişimi oldukça hızlı olduğu bilinmektedir (Cumes JT, 2000; Bachevalier J, 1990; Diamond A, 1990).

Beyinde frontal lob elektriksel aktivitelerinde meydana gelen değişimler A not B testi ile örneklendirilmektedir. Gelişim çağında olan 6 aylık bir bebek oyuncağın A noktasından B noktasına saklandığını gördüğünde oyuncağı halen A noktasında aramaya devam etmesi ve 7 aylık bir bebekte aynı durumun gözlenmeden B noktasında bebeğin oyuncak araması bu durumu açıklamaktadır (Diamond A, 1990).

Gelişimin 7. ayından 10. ayına ilerlendiğinde frontal lob prefrontal cortex'te ciddi değişim ve farklılaşmalar görülebilmektedir. Pyramidal nöronlar ve GABAerjik inhibe edici internöronlarda meydana gelen değişim ve farklılaşması süreçte bir devrime yol açabilmektedir. Vücut glikoz seviyelerinde ve glikoz mekanizmasındaki oluşan değişim gelişime eşlik etmektedir. Gelişimin bu süreçleri içerisinde beyin hipokampus bellek boyutu da bir yetişkine benzer seviyelere ulaşmaya başlamıştır (Mrzljak L ve ark., 1990; Huttenlocher ve ark. 1997, Chugani HT, 1994; Seress L ve Mrzljak L., 1992).

Beyinde korku, endişe, stres ve kaygı durumlarında aktivasyon gösterdiği bilinen bazal çekirdeklerden corpus amygdaloideum'a bebek annesinden ayrılma durumunda thalamus yoluyla bu bölge olaya duygusal anlam katmaktadır. 7 ve 10 aylar arasında gelişen bu durumda bebekte aslında bebekte hafıza ile bütünleşik bir şekilde anne yokluğunun algılanmasının karşılığıdır (Kagan J ve ark. 1978, Kagan J, 1994).

2 yaşına gelmiş bebekte ise etrafındaki değişimleri anlam yüklediği bir periyot takip eder ve lügatındaki kelime sayısında dil intrinsik ve ekstrinsik kasları yardımıyla patlayıcı bir gelişme gözlenir. Çalışan bellek ile hafızada ortalama 50-100 kelime derlenmesiyle kısa ve öz cümleler ağızdan çıkmaya başlar. Takriben bu süreci takip eden 15. ile 24. aylarda kendi vücudunu fark etme çabası beraberinde gelir. Çevresinde sık gördüğü bireylerin isimlerinin telaffuzu da gözlenebilmektedir (Elman JL ve ark. 1997; Case R, 1991; Goldman-Rakic PS, 1987).

2 yaşından itibaren beyin içerisinde anatomik yapıları farklı yapılar ile bağlayan ön-arka yönde uzanan assosiasyon lifleri, sağ-sol yönde uzanan komissural lifler ve yukarı-aşağı yönde uzanan projeksiyon lifler ve sinaptik bağlantılar güçlenir. Bu bağlantıların çoğunluğu ekseriyetle prefrontal cortex ile limbik sistem yapıları, hipokampus, corpus amygdaloideum, thalamus, basal ganglionlar, ve cerebellum arasında gerçekleşmektedir. Diamond A ve Goldman-Rakic 1989; Goldman-Rakic PS, 1987, Herschkowitz ve ark., 1999; Huttenlocher PR, 1997, Simonds RJ, 1989, Schmahmann JD, 1997).

2 yaş sonunda nöroplastisite'deki hız ve yoğunluk emsal bir yetişkinle mukayese edildiğinde yaklaşık %150'sine tekabül etmektedir. 1909 yıllarında Broadmann'ın Nissl boyama tekniğini kullanarak beyni 52 farklı bölgeye ayırdığı Broca (44 ve 45 numaralı alan, Frontal lob) ve Wernicke (22 numaralı alan, Temporal lob) olarak tanımlanan alanlar konuşmanın planlı,

anlamalı, akıcı ve düzgün gerçekleşmesinde rol oynamaktadır. Konuşma aktivitelerinin yoğunlaştığı bu bölgelerde 2 yaş sonlarına doğru artan sinaptik bağlantı sayısı oldukça dikkat çekicidir (Schmahmann JD, 1997; Huttenlocher PR, 1997, Herschkowitz ve ark., 1999. Simonds RJ, 1989).

Statik ve dinamik denge, koordinasyon, konuşma, istemli hareketlerin sinerjist uyumunu gerektiren durumlarda görev alan cerebellum'daki sinaptik bağlantılar 2 yaş sonunda myelinleşerek bilişsel aktivitelerde bilginin kolay işlenmesine yardımcı olacak şekilde gelişme göstermektedir. Bebeğin ayakta durma çabaları ve düşse dahi kalkarak bir yere ulaşma çabaları da bu süreçte cerebellum bağlantıları ile birlikte gelişim göstermektedir (Schmahmann JD, 1997).

Her iki beyin hemisferinin ayrı ayrı görevlerini anlama çabası literatürde de bu anlamda araştırmacılar için ilgi çekici bir alan olmuştur. Beyin hemisferlerinde bu durumu ortaya çıkaracak asimetri oluşmaya başlar. Doğumu takip eden süreçlerde sol hemisferde temporal lob konuşma sırasında çıkan seslere, sağ hemisferde ise temporal lob konuşma dışı seslere daha güçlü bir verilecek tepkileri beraberinde getirmektedir. Bu durumu kanıtlar bir şekilde sağ beyin hemisferinde lezyonu bulunan çocuklarda jest ve mimikleri algılamadaki yaşadıkları zorluklar, duygusal olarak anlam çıkarmada sağ beyin hemisferinin baskın olduğunu sunmaktadır (Molfese DL, 1975, Voeller KK, 1988; Herschkowitz, 2000).

Sonuç

Doğumla başlayan zorlu bir yaşam mücadelesi beraberinde değişim ve dönüşümleri getirmektedir. Tüm vücudu etkileyen büyüme döneminde vücut farkındalığını oluşturan, doku, organ ve oluşumları uyaran ve buralarda oluşan değişimleri kontrol eden beyinde yapısal ve özellikle de fonksiyonel olarak farklılaşma eğilimindedir. Beyinde meydana gelen yapısal değişim ve dönüşümlere en fazla kortikal ve subkortikal yapılar arasındaki nöronlar arasındaki bağlantılarda karşılaşılmaktayken, fonksiyonel olarak ortaya çıkan değişimler yapısal değişimlere nazaran daha dikkat çekici olup ve dış çevre tarafından kolaylıkla fark edilebilmektedir. Beyin hücrel olarak değişim ve dönüşümlerini sadece çocukluk dönemi ile sınırlı kalmayıp ergenlik, yetişkinlik ve yaşlılıkla beraber değişimlerini bilgi işleme ve kaydetme sırasında sürdürmektedir. Kapalı bir kutu gibi tabir edilebilen cranium kemikleri tarafından çepeçevre sarılan beyin geçmişten günümüze değin birçok araştırmacı için ilgi odağı olmuş ve halihazırda günümüzde de bazı beyin fonksiyonlarının tam olarak net sunulamamasından kaynaklı araştırmacılar için merak uyandırmaktadır. Evvelde yaşanan olay, durumlar veya travma öncesi-sonrası karşılaştırmalar ile entegre bir şekilde beyin fonksiyon tanımlamaları yapılabilirken geçmişten günümüze birçok bilim insanının katkıları ve

teknolojinin gelişmesi ile özellikle EEG (Elektroensefalografi) ve modern magnetik görüntüleme analizleri ile beynin yapısal farklılıkları ve fonksiyonları ortaya çıkarılmaya çalışılmaktadır.

Doğum Sonrası Dönemde Bilişsel Gelişim

Bilişsel gelişim, anlama, hatırlama, öğrenme, problem çözme, değerlendirme ve karar verme gibi zihinsel süreçlerin çalışma şekli ve sürecini incelemektedir (Artar, 2013). Jean Piaget'ye göre bilişsel gelişim, biyolojik olgunlaşma ile bireyin çevreye uyum çabasının etkileşiminden doğmaktadır. Bu etkileşim sürecinde çocuk, çevreyi olduğu gibi kopyalamamakta, kendi bilişsel süreçleri ile bilgiyi yeniden inşa etmektedir. Bu kuramda şema, çocuğun dünyayı anlamak için kullandığı temel bilgi ve eylem yapılarıdır. Çocuk yeni bir durumla karşılaştığında onu mevcut şemalarına dâhil ederek özümser ancak deneyim mevcut şemaya uymadığında şemayı dönüştürerek uyum sağlar. Özümseme ve uyum arasındaki dengeyi kuran dengeleme ise öğrenmeyi ilerleten ve çocuğun bir düşünme düzeyinden diğerine geçişini mümkün kılan temel mekanizma olarak görülmektedir (Aydın, 2016). Örneğin çocuk köpek şemasını dört ayaklı, tüylü, kuyruğu olan *hayvan* özellikleriyle kurmuş olsun. İlk kez bir kedi gördüğünde, yeni uyarı elindeki en yakın kategoriye dâhil ederek 'Bu da köpek' diye adlandırabilir. Bu durum özümsemeye karşılık gelir. Çünkü çocuk, yeni bilgiyi var olan şema içine yerleştirerek dünyayı açıklamaya çalışmaktadır. Ancak yetişkinin 'Bu kedi; köpek değil' şeklindeki geri bildirimi ve kedinin

miyavlaması, tırmalaması ya da yüz-gövde yapısındaki farklılıkların fark ettirilmesiyle çocuk, mevcut şemasının yetersiz kaldığını deneyimler. Bu noktada çocuk ‘köpek’ şemasını dönüştürür, ‘kedi’ için ayrı bir kategori oluşturur ve böylece uyum gerçekleşir. Başlangıçta ortaya çıkan bu kısa süreli bilişsel çatışma, şemalar yeniden düzenlendiğinde ortadan kalkar. Çocuk artık kedi ve köpeği daha tutarlı biçimde ayırt edebilir. Piaget’ye göre özümseme ve uyum süreçleri arasındaki bu dengeleme süreci öğrenmeyi ilerleten ve çocuğun bir düşünme düzeyinden daha gelişmiş bir düzeye geçişini mümkün kılan temel mekanizmadır.

Jean Piaget dört temel evrede açıklamaktadır (Lindberg, 2012). Gelişimin ilk basamağı olan 0-2 yaş duyuşsal-motor dönemde, bebek dünyayı duyuları ve motor eylemleri yolu ile keşfetmektedir. Bu evrenin en kritik bilişsel kazanımı nesne sürekliliğidir. *Nesne sürekliliği*, bebeğin bir nesnenin dış dünyadaki varlığını, o nesne algı alanının dışına çıksa dahi koruduğunu kavramasıdır. Nesne sürekliliğinin inşası, çocuğun nesneleri zihinsel olarak temsil etmeye başlamasına olanak tanıyarak, gelecekteki akıl yürütme süreçlerinin temel taşı oluşturmaktadır (Sandtrook, 2014).

Gelişimin ikinci evresi olan 2-7 yaş işlem öncesi dönem, sembolik işlevlerin ve dil becerilerinin dramatik bir hızla geliştiği aşamadır. Bu dönemde çocuk, bir nesneyi veya olayı temsil etmek için kelimeleri ve imgeleri kullanma yetisi (sembolik düşünme)

kazansa da bilişsel süreçleri halen benmerkezcilik kısıtlamalarının etkisi altındadır (Senemoğlu, 2013). Mantıksal işlemler henüz tam olarak yapılandırılmadığı için çocuk, olayları tersine çevirme ya da korunum gibi karmaşık zihinsel işlemleri gerçekleştirmekte güçlük çekmektedir.

7-11 yaş somut işlemler döneminde zihinsel işlemler daha sistematik bir yapıya dönüşmektedir. Bu dönemde çocuk somut nesneler ve olaylar üzerinden mantıksal çıkarsamalar yapma becerisi sergilemektedir. Bu evrede, nesnelerin miktarının şekil değişikliğinden etkilenmediğini anlatan korunum ilkesi, nesneleri belirli kriterlere göre organize etmeyi sağlayan sınıflama ve sıralama ile düşünceyi geriye doğru işletebilme yetisi olan tersine çevrilebilirlik becerileri kazanılmaktadır (Sandtrock, 2014).

11 yaş ve sonrasını kapsayan soyut işlemler döneminde, birey somut gerçekliğin ötesine geçerek hipotetik ve tümdengelmisel düşünme kapasitesine ulaşmaktadır. Bu üst düzey bilişsel evrede, ergenler soyut kavramlar üzerine analiz ve sentez yapabilir, değişkenleri sistematik olarak test ederek karmaşık problem çözme stratejileri geliştirebilirler (Bayhan & Artan 2007). Böylece bilişsel gelişim, somut duyusal deneyimlerden evrensel ve soyut mantık ilkelerine uzanan evrimini tamamlamaktadır.

Yaş	Evre	Ayırt Edici Özellik	Örnek Göstergeler
0-2	Duyu motor	Düşünme ve eylem iç içedir, nesne sürekliliği gelişir.	Arama amaçlı taklit davranışı, eylemler,
2-7	İşlem öncesi	Simgesel düşünme artar, mantıksal işlemler sınırlıdır.	Benmerkezcilik, tek boyutluluk; sembolik oyun
7-11	Somut işlemler	Somut durumlarda mantıksal düşünme; korunum ve sınıflama.	Korunum, tersine çevrilebilirlik, matematik becerileri
11+	Soyut işlemler	Soyut, olasılıklı ve varsayımsal düşünme.	Akıl yürütme, sistematik problem çözme

Lev Vygotsky'nin sosyokültürel yaklaşımı, bilişsel gelişimin merkezine sosyal etkileşimi ve kültürel araçları konumlandırmaktadır (Çeçen, 2000). Piaget'nin aksine Vygotsky, sosyal etkileşimin bilişsel işlevleri dönüştürdüğünü savunmuştur. Bu kuramın merkezinde yer alan *yakınsak gelişim alanı*, çocuğun tek başına sergileyebildiği bağımsız performans düzeyi ile bir yetişkinin ya da kendisinden daha yetkin bir akranının rehberliği eşliğinde ulaşabileceği potansiyel gelişim düzeyi arasındaki mesafeyi ifade etmektedir. Bu alan, öğrenmenin en verimli şekilde gerçekleştiği *duyarlı bölge* olarak kabul edilir (Senemoğlu, 2013).. Benzer şekilde *yapı iskelesi* kavramı, çocuğun yeni bir beceri kazanımı sürecinde ihtiyaç duyduğu desteğin, bir yetişkin ya da kendisinden daha yetkin olan bir akran tarafından sistematik bir biçimde sunulması ve çocuk

yetkinleştikçe bu desteğin kademeli olarak geri çekilmesi sürecidir (Nicolopoulou, 2004). Bu rehberlik biçimi, karmaşık görevlerin çocuğun bilişsel kapasitesine uygun parçalara bölünmesini sağlayarak öğrenmeyi kolaylaştırmaktadır. Çevresel destek unsurları ve sosyal diyaloglar, çocuğun zihinsel dış dünyasındaki bilgiyi alıp kendi düşünce sistemine entegre etmesine olanak tanır. Sonuç olarak, Vygotsky'ye göre bilişsel gelişim, sosyal iş birliği ve kültürel rehberlik yoluyla sürekli olarak yukarıya doğru ivmelenen dinamik bir etkileşimin ürünüdür. Zihinsel şemaların bu şekilde yapılanması, beynin derinlerinde gerçekleşen hiyerarşık bir aę organizasyonuna dayanmaktadır. Modern fMRI araştırmaları, bebek beyninin doğumdan itibaren yerel ve yakın bağlantılardan, yetişkin tipine benzer dağıtılmış fonksiyonel sistemlere doğru evrildiğini göstermektedir. Özellikle birinci yaş civarında, dikkat ve karar verme gibi yüksek düzey bilişsel işlevlerden sorumlu olan *Default Mode Network* ve yürütücü kontrol ağlarının prototipleri şekillenerek bebeğin dünyayı daha sistemli algılamasını sağlamaktadır (Sandtrock, 2014). Bu nörolojik altyapı üzerinde yükselen *yürütücü işlevler* bebeğin dikkatini odaklamasını, bilgiyi belleğinde tutmasını ve dürtülerini kontrol etmesini sağlamaktadır. Bebeklik döneminde başlayan bu süreç, çalışma belleği, inhibitör kontrol ve bilişsel esneklik olmak üzere üç temel boyutta gelişmektedir.

Çalışma belleği, çocuğun bilgiyi kısa süreli olarak akılda tutup kullanabilmesidir. Örneğin, bir bebeğin "ce-ee" oyununda kimin saklandığını hatırlaması çalışma hafızasını çalıştırmaktadır.

Inhibitör kontrol, dürtüleri durdurma, dikkat dağıtıcıları filtreleme ve uygun olmayan tepkileri erteleyebilme becerisidir. Bu beceri, duygu düzenlemesinin de temelini oluşturmaktadır.

Bilişsel esneklik, değişen koşullara uyum sağlama, farklı bakış açıları arasında geçiş yapma ve gerektiğinde strateji değiştirebilme kapasitesidir. Örneğin çocuk bir yapbozda işe yaramayan bir deneme yaptığında başka bir parçayı denemeye geçebiliyorsa ya da bir oyunun kuralı değiştiğinde yeni kurala hızla uyum sağlayabiliyorsa bilişsel esneklik sergilemektedir.

Bu üç bileşen birlikte çalıştığında çocuk, hedef belirleme, plan yapma, hatasını fark edip düzeltme ve uzun süreli bir görevi sürdürebilme gibi daha karmaşık becerileri daha etkili biçimde yerine getirebilmektedir. Yürütücü işlev becerileriyle doğmasak da bu becerileri geliştirme potansiyeliyle dünyaya geliriz. Bu gelişim süreci bebeklikten başlayıp yetişkinliğin erken dönemlerine kadar devam eden yavaş bir transformasyondur. Sosyal etkileşim ve oyun, bu becerilerin şekillenmesinde kritik bir rol oynamaktadır. Yetişkinlerin çocuklara sunduğu yapı iskelesi, çocukların bu süreçleri bağımsız olarak yönetmeyi öğrenmelerine yardımcı olur. Örneğin 6-18 aylık dönemde oynanan saklama oyunları, taklit oyunları ve karşılıklı

konuşmalar, dikkati odaklama ve öz kontrol becerilerini g   lendirmeye yardımcı olmaktadır.

Doğum Sonrası Dönemde Psikomotor Gelişim

Psikomotor gelişim, fiziksel büyüme ve merkezi sinir sisteminin gelişimine paralel olarak organizmanın isteme bağlı hareketlilik kazanmasıdır (Bayhan & Artan, 2007). Bireyin psikomotor gelişiminde üç temel ilke bulunmaktadır (Duman, 2015).

- *Gelişim* baştan ayağa doğrudur. Yenidoğanın ve önce başı, sonra omuzlar ve kolları, en son bacaklar ve ayaklar gelişir.
- *Hareket* gelişimi merkezden dışa doğrudur.  nce merkezde olan beden ve omuz hareketleri, sonra kol hareketleri, sonra el hareketleri ve en son merkezden en uzak noktada yer alan parmak hareketleri gelişir.
- *Motor gelişim* doğal bir sıra izler.  ocuk önce durağandır, sonra emekler, yürür ve koşar.

Motor gelişim, hareketin ortaya çıkması, daha etkili h le gelmesi ve farklı durumlara uyarlanması ile ilgili tüm değişimleri kapsamaktadır. Bu değişim sürecinde büyüme, olgunlaşma, hazırbulunuşluk, denge, koordinasyon, algı, motivasyon, dikkat, çevresel düzenlemeler ve öğrenme fırsatları birlikte rol oynamaktadır (Gallahue & Ozmun, 2006). Erken  ocukluk döneminde  ocuk önce temel duruş ve denge kontrolünü kurar, ardından yer değiştirme ve nesne kontrolü gerektiren becerilerini

çeşitlendirir. Psikomotor gelişim, *kaba* ve *ince* motor gelişim olmak üzere iki bileşenden oluşmaktadır .

Kaba motor becerileri, büyük kas gruplarının koordineli kullanımını gerektirmektedir. Yürüme, koşma, dönme, vurma, yakalama gibi becerilerden oluşmaktadır. Bu beceriler genellikle erken çocukluk döneminde kazanılmaktadır. Kaba motor becerileri, lokomotor hareketler, lokomotor olmayan hareketler ve nesne kontrolü gerektiren hareketler olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Gallahue, Ozmun & Goodway, 2012).

Lokomotor Hareketler	Lokomotor Olmayan Hareketler	Kaba Manipülatif Hareketler
Yürüme, koşma, sıçrama, sekme, galop vb.	Dönme, eğilme, sallanma, duruşu, koruma vb	Fırlatma, yakalama, vurma, tekmeleme vb

Lokomotor hareketler, vücudun ağırlık merkezinin bir noktadan diğerine dikey ya da yatay düzlemde taşınmasını sağlayan dinamik becerilerdir. Yürüme ve koşma gibi temel becerilerle başlayan bu süreç, sıçrama, sekme, galop ve kayma gibi daha karmaşık koordinasyon gerektiren varyasyonlara evrilir. Bu hareketlerin temelinde, bedenin yerçekimine karşı koyarak ritmik bir biçimde bir noktadan diğerine aktarılması ve bu esnada dengenin korunması yer almaktadır (Gabbard, 2012). Lokomotor

beceriler, çocuğun çevresini keşfetme kapasitesini artırarak bilişsel ve sosyal gelişimi için de bir temel hazırlamaktadır.

Lokomotor olmayan hareketler, çocuğun yer değiştirmeden beden pozisyonunu koruyarak yaptığı denge içeren becerilerdir. Bu becerilerin özünde, statik ve dinamik dengenin sürdürülmesi yatmaktadır (Payne & Isaacs, 2005). Dönme, sallanma, eğilme kıvrılma gibi hareketler sırasında beden pozisyonun sürdürülmesi önemlidir.

Kaba manipülatif hareketler, nesnelerin vücudun belli bölümleri ile kontrol edilmesidir. Fırlatma, yakalama, tekmeleme ve vurma gibi hareketler sırasında hedefe ulaşılması önemlidir. Manipülatif beceriler, nesne kontrolü sağlama sürecinde el-göz ve ayak-göz koordinasyonuna dayandığı için doğası gereği ince motor kontrolü de içermektedir (Duman, 2015).

İnce motor becerileri, el, parmak ve bilek gibi küçük kas gruplarının manipülatif hareketlerinden oluşmaktadır (Payne & Isaacs, 2005). Kaşık kullanımı ile başlayan bu süreç, düğme ilikleme gibi özbakım becerilerine ve nihayetinde yazma gibi karmaşık akademik becerilere evrilmektedir. İnce motor gelişimi bebeklikten itibaren başlar, okul öncesi ve ilkokula geçiş dönemlerinde kritik bir ivme kazanır. Bir çocuğun nesne kontrolünde uzmanlaşması için baş ve işaret parmağı ile tutma, kalem tutma, tüm parmaklar ile kavrama ve baş, işaret parmağı ve orta parmak ile tutma becerilerinin gelişmesi gerekmektedir. 6-12 yaş dönemde çocuğun bu becerilerde uzmanlaşmış olması

beklenmektedir. Ancak ince motor gelişim bu yaş dönemi ile sınırlı değildir. Bireyin mesleği, müzik aleti çalması, spor yapması ya da cerrahi müdahale gibi tekrarlayan mikroskobik hassasiyet gerektiren aktivitelerle ömür boyu uzmanlaşmaya devam eder (Gallahue ve ark., 2012).

Motor hareketlerin niteliği, çocuğun sinir-kas sistemi gelişimine bağlı olarak üç aşamalı bir hiyerarşide incelenmektedir.

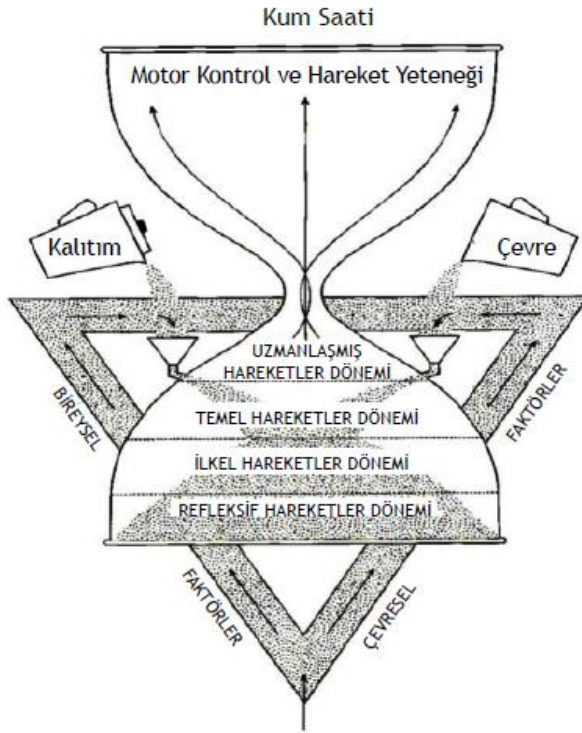
Başlangıç Evresi (2-3 Yaş): Bu aşamada çocuk, belli bir gaye ile hareket denemeleri yapmaya başlar. Ancak vücut kullanımı kısıtlıdır ve hareketler oldukça kaba bir görünüm sergiler. Hareketlerin ritmi yavaş, zamanlaması zayıf ve mekân kullanımı verimsizdir. Örneğin, bir nesneyi yakalamaya çalışırken tüm vücuduyla aşırı bir tepki verebilir.

İlk Evre (4-5 Yaş): Çocuk bu dönemde daha iyi bir kontrol becerisi ve ritim yakalar. Zamanlama ve mekân kullanımı önceki evreye göre iyileşmiştir. Bununla birlikte, karmaşık koordinasyon öğeleri tam olarak yerleşmediği için hareketlerde hala aksaklıklar ve zayıf yönler mevcuttur.

Olgunluk Evresi (6-7 Yaş ve Üzeri): Bu evrede çocuk, gerekli koordinasyona ve kontrol becerisine tamamen sahiptir. Hareketi doğru tamamlayacak kuvvet, zamanlama, akıcılık gibi bileşenler sergilenir. Olgunluk evresine erişen çocuk, kaba ve ince motor becerileri entegre ederek karmaşık fiziksel görevleri başarıyla tamamlar.

Çocuklarda motor beceriler olgunlaşma, sinir sistemi, fiziksel özellikler ve çevre ile etkileşim sonucu gelişmektedir (Miller, 2002). Motor gelişimi açıklayan kuramlardan biri olan *Dinamik Sistemler Teorisi*, gelişimin merkezi bir komuta sistemi tarafından değil, sistemin kendi içindeki alt bileşenlerin bir araya gelmesiyle şekillendiğini savunmaktadır. Sistemi içerisindeki parçalar *bileşenler*, *bileşenler arasındaki ilişki örüntüleri*, *bileşenlerin birbiri ile etkileşime girmesi sonucu oluşan işlemler* ve *sonuçtur* (Thomas, 2001). Örneğin, bir bebeğin emeklemesi için sadece sinir sisteminin gelişmesi yeterli değildir. Bebeğin yeterli kas kuvvetine sahip olması, motivasyonunun (bir oyuncığa ulaşma isteği) bulunması ve üzerinde bulunduğu zeminin bu harekete izin vermesi gerekir. Bu bileşenler bir araya geldiğinde, bebek kendi çözümünü üretir ve hareket belirir (Thelen & Smith, 1998). Dinamik sistemler teorisinde gelişim, her zaman düz bir çizgi üzerinde ilerlemez. Aksine doğrusal olmayan ve bazen kesintili bir yapıdadır. Organizma, belirli bir hareket formunu en verimli ve güvenilir yol olarak seçtiğinde, buna öncelikli hareket formu denir. Ancak çocuk büyüdükçe ya da çevresel şartlar değiştikçe sistemdeki denge bozulur. Bu kararsızlık dönemleri, çocuğun daha karmaşık ve etkili bir hareket biçimine (örneğin yürümeden koşmaya) geçiş yapmasını sağlar. Dolayısıyla gelişim boyunca görülen sakarlıklar ya da gerilemeler, aslında sistemin yeni ve daha gelişmiş bir yapıya uyum sağlama çabasıdır.

David L. Gallahue tarafından geliştirilen ve Ozmun ile Goodway'in katkılarıyla genişletilen *Kum Saati Modeli*, motor gelişimi yaklaşık yaş dönemleri ve gelişimi etkileyen faktörler olarak ele alan bütüncül bir yaklaşımdır. Bu model, gelişimi görselleştirmek için kum saati metaforunu kullanır ve insan hareket yeteneğini saate dolan kum olarak temsil eder.

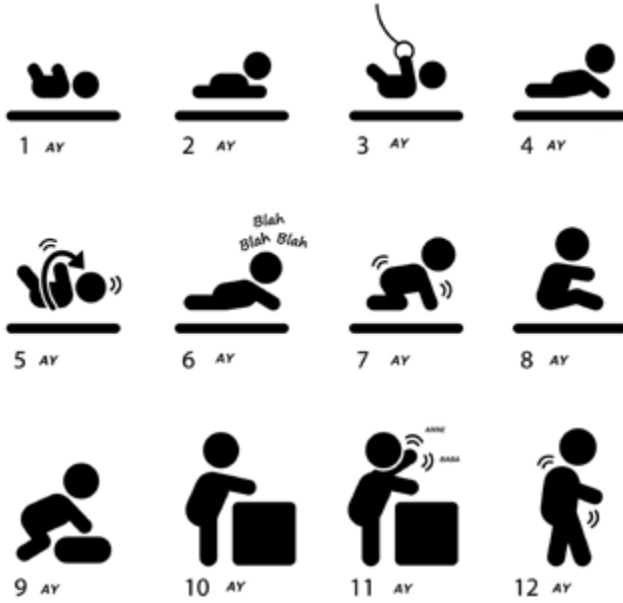


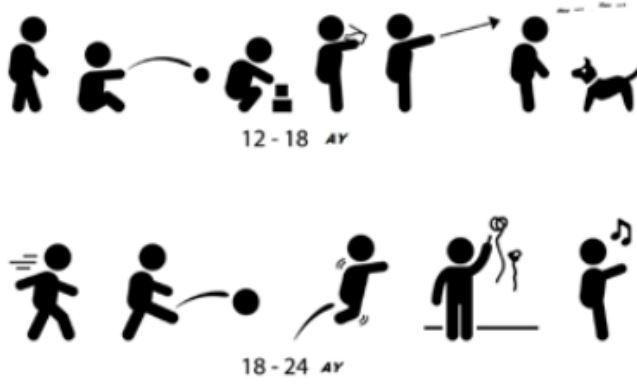
Kum saati modelinde yaş, bireyin motor gelişim düzeyini ve o düzeye eşlik eden gelişimsel özellikleri anlamada bir referans noktasıdır. Model, kum saatine dolan kumu yaşam maddesi olarak tanımlar ve bu yaşam maddesinin iki ayrı kaynaktan beslenerek saate aktığını vurgular. Kaynaklardan biri kapaklı bir

hazne olarak betimlenir ve kalıtımı temsil eder. Çünkü genetik aktarım yoluyla gelen özellikler değiştirilemez ve bireyin biyolojik potansiyelini belirli bir çerçeveye sınırlar. Diğer kaynak ise çevreyi simgeler ve kapağının olmaması, çevresel girdilerin (fırsatlar, deneyimler, destek ve yönlendirme gibi) artırılabilir niteliğine işaret eder. Başka bir ifade ile, kum saatine çevre haznesinden akan kumun miktarı ve sürekliliği, büyük ölçüde bireyin karşılaştığı imkânlar ve bu imkânların ne kadar etkin kullanıldığıyla ilişkilidir (Gallahue & Ozmun, 2006). Sonuç olarak kum saatinde biriken yaşam maddesi, yalnızca kalıtsal özelliklerin değil, çevresel deneyimlerin de katkısıyla oluşan ortak bir bileşimdir. Model, motor gelişimi hiyerarşik bir sıra izleyen dört ana döneme ayırmaktadır.

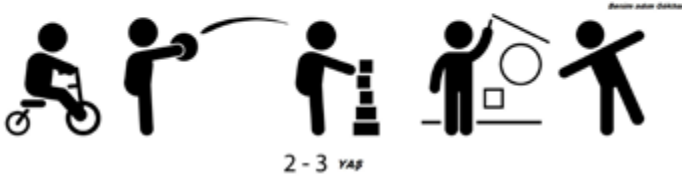
Refleksif Hareketler Dönemi (0-1 Yaş): Bebeklerin dünyaya geldiğinde sergilediği ilk hareketler, omurilik ve aşağı beyin merkezleri yönettiği istemsiz tepkiler olan reflekslerdir. Bu dönem, bebeğin çevresi hakkında bilgi topladığı ve hayatta kalmasını sağladığı (emme, arama gibi) kritik bir süreçtir. Bu dönem, bilgi toplama ve bilgi çözme olmak üzere iki evreden oluşur. *Bilgi toplama evresi*, doğum öncesinden 4. aya kadar sürmektedir. Bebek refleksler yoluyla dış dünyadan bilgi toplar, besin arar ve kendini korur. *Bilgi çözme evresi*, yaklaşık 4. ayda başlar, beyin korteksinin gelişmesiyle refleksler kademeli olarak baskılanır ve yerini ilk istemli hareketlere bırakmaya başlar.

İlkel Hareketler Dönemi (1-2 Yaş): İstemli hareketlerin ilk biçimlerinin görüldüğü bu dönem, doğumdan başlayarak 2 yaşın sonuna kadar devam eder. İlkel hareketler; baş, boyun ve gövde kontrolü, sürünme, emekleme, yürüme ile uzanma, yakalama ve bırakma becerilerini kapsar. Bu dönem iki evrede incelenir. *Reflekslerin ortadan kalktığı evre*, doğumdan 1 yaşına kadar amaçlı, koordinasyonsuz ve kaba hareketler dönemidir. *İlk kontrol evresi* ise, 1-2 yaş arasında, duyu ve motor sistemlerin bütünleşmesiyle hareketlerin daha kontrollü ve doğru formunun geliştiği dönemdir .





Temel Hareketler Dönemi (2-7 Yaş): Bu dönem, çocukların yürüme, koşma, zıplama, fırlatma ve yakalama gibi tüm sağlıklı çocuklarda ortak olan becerileri kazandığı dönemdir. Hareket gelişimi başlangıç evresi, ilk evre ve olgunluk evresinden oluşmaktadır. Başlangıç evresi, 2-3 yaş döneminde çocuğun ilk amaçlı çabalarını içermektedir. Ancak hareketler sırasında vücut abartılı ya da sınırlı kullanılır, ritim ve koordinasyon zayıftır (Gallahue & Ozmun, 2006). İlk evre, 4-5 yaş döneminde çocuğun kontrol ve koordinasyonun artışı ile hareketlerin daha uyumlu hale geldiği dönemdir. *Olgunluk evresi*, 6-7 yaş döneminde mekanik yönden etkili, kontrollü ve akıcı bir şekilde hareket edildiği dönemdir. Olgunluk evresine erişim hem büyüme hem de uygun alıştırma olanakları ve eğitimle mümkün olmaktadır.



Uzmanlaşmış (Sporla İlişkili) Hareketler Dönemi (7 Yaş ve Sonrası): Temel hareketlerin mükemmelleştirilip birleştirilerek oyun, spor ve günlük yaşam aktivitelerine araç olarak uygulandığı dönemdir. Bu dönemin başarısı, önceki temel hareketlerin olgunluk düzeyinde kazanılmasına bağlıdır. Dönem üç evreye ayrılmaktadır. *Geçiş evresi*, 7-10 yaş döneminde temel becerilerin birleştirilerek daha kompleks formlara dönüştürüldüğü dönemdir. Örneğin çocuk atlama ve sekme hareketlerini ip atlama, futbol oynama gibi becerilere dönüştürmektedir. *Uygulama evresi*, 11-13 yaş döneminde fiziksel kapasitenin ve sınırlılıklarının farkına vararak belirli spor branşlarına geçildiği dönemdir. *Yaşam boyu kullanma evresi*, 14 yaş ve sonraki yılları kapsamaktadır (Özer & Özer, 2002). Bu dönemde kazanılmış olan tüm motor beceriler yaşam boyu profesyonel amaçlarla kullanılarak en üst düzeye çıkabilmektedir.

Motor gelişimin bu evrensel sırası genetik olarak belirlenmiş olsa da becerilerin kazanılma hızı ve kalitesi bireysel, çevresel ve göreve ait faktörlerin sürekli etkileşimiyle şekillenmektedir. Refleksif ve ilkel hareketler döneminde, kum saatindeki kalıtsal hazneden akan yaşam maddesi, motor gelişimin temel hattını belirler. Gelişimin hangi sırayla ilerleyeceğine ve hangi

biyolojik altyapı üzerinde yükseleceğine dair bir çerçeve sunar. Buna karşılık çevresel koşullar, bu becerilerin ne kadar hızlı edinileceğini ve kazanımların ne ölçüde pekişeceğini belirleyen başlıca etkindir. Nitekim ocuklar evrensel olarak önce oturma kontrolünü sağlar, ardından desteksiz ayakta durma becerisi gelişir ve bunu yürüme izler (Payne & Isaacs, 2005). Ancak ocuğun hareket etmeyi teşvik eden bir ortamda bulunması, uygun materyal ve alanlara erişmesi, tekrar ve uygulama fırsatı yakalaması, bu basamakların daha işlevsel ve akıcı biçimde kazanılmasına katkı sağlamaktadır. Başka bir ifade ile, destekleyici evre ve yeterli pratik imknı oluştuğunda ocuk hem mevcut beceride daha hızlı ustalaşır hem de bir sonraki motor beceriye geçişi daha sağlıklı biçimde gerçekleştirebilir.

SONUÇ

Bilişsel gelişim; anlama, hatırlama, öğrenme ve problem çözme gibi zihinsel süreçleri kapsar ve Jean Piaget'ye göre bu süreç biyolojik olgunlaşma ile bireyin çevreye uyum çabasının etkileşiminden doğmaktadır. Çocuklar dünyayı anlamlandırmak için şemalar oluşturur, yeni durumları mevcut şemalarına dahil ederek özümser veya deneyimleri mevcut şemalarına uymadığında şemalarını dönüştürerek uyum sağlarlar. Piaget, bu gelişimi dört temel evrede açıklar. 0-2 yaş arasındaki duyu-sal-motor dönemde bebekler dünyayı duyuları ve motor eylemleriyle keşfederken en kritik kazanım olan nesne sürekliliğini elde ederler. 2-7 yaş arasındaki işlem öncesi dönemde sembolik

düşünme ve dil becerileri hızla gelişse de çocuklar hala benmerkezcidir ve korunum gibi karmaşık işlemleri gerçekleştirmekte güçlük çekerler. 7-11 yaş arasındaki somut işlemler döneminde mantıksal çıkarımlar başlar, korunum, sınıflama ve tersine çevrilebilirlik becerileri kazanılır. 11 yaş ve sonrasında kapsayan soyut işlemler döneminde ise birey, hipotetik ve tümdengelsel düşünme kapasitesine ulaşarak soyut kavramlar üzerinde analiz yapabilir hale gelir. Lev Vygotsky, bilişsel gelişimin merkezine sosyal etkileşimi koyar ve yakınsak gelişim alanı kavramı ile çocuğun bir yetişkin rehberliğinde ulaşabileceği potansiyeli vurgular. Bu süreçte sunulan sistematik desteğe yapı iskelesi denir ve çocuk yetkinleştikçe bu destek geri çekilir. Modern nörolojik araştırmalar, bu gelişimsel süreçlerin temelinde yürütücü işlevlerin yer aldığını ve bu işlevlerin bebeklikten yetişkinliğe kadar yavaş bir transformasyonla geliştiğini göstermektedir.

Psikomotor gelişim ise organizmanın fiziksel büyüme ve sinir sistemi gelişimine paralel olarak istemli hareketlilik kazanmasıdır. Bu gelişim; baştan ayağa, merkezden dışa doğru ve doğal bir sıra izler. Motor gelişim, büyük kas gruplarının koordinasyonunu gerektiren kaba motor beceriler ve küçük kas gruplarını içeren ince motor beceriler olarak iki bileşenden oluşur. Motor hareketlerin niteliği; başlangıç (2-3 yaş), ilk evre (4-5 yaş) ve olgunluk evresi (6-7 yaş ve üzeri) şeklinde hiyerarşik bir sıra izler. Gelişimi açıklayan Dinamik Sistemler Teorisi, hareketin

sadece sinir sistemiyle değil, kas kuvveti, motivasyon ve çevresel koşullar gibi pek çok bileşenin etkileşimiyle ortaya çıktığını savunur. David L. Gallahue tarafından geliştirilen Kum Saati Modeli ise motor gelişimi kalıtım ve çevrenin ortak bir ürünü olarak betimler. Bu modele göre gelişim; 0-1 yaş arası istemsiz tepkileri içeren refleksif hareketler, 1-2 yaş arası istemli hareketlerin ilk biçimlerini kapsayan ilkel hareketler, 2-7 yaş arası temel becerilerin kazanıldığı temel hareketler ve 7 yaş sonrasında bu becerilerin spor ve günlük yaşama uyarlandığı uzmanlaşmış hareketler dönemi olmak üzere dört ana aşamadan geçer. Kalıtım gelişimin temel hattını belirlese de destekleyici bir çevre ve uygulama fırsatları motor becerilerin kazanılma hızını ve kalitesini doğrudan etkileyen kritik unsurlardır.

Kaynakça

- Ahioğlu Lindberg, E. (2011). Piaget ve ergenlikte bilişsel gelişim. *Kastamonu Eğitim Dergisi*, 19(1), 1–10.
- Artar, M. (2013). Bilgi işlem süreci ve bilişsel öğrenme kuramları. İçinde R. E. Slavin, *Eğitim psikolojisi: Kuram ve uygulama (Educational Psychology: Theory and Practice)*. Nobel Yayıncılık.
- Aydın, A. (2016). *Eğitim psikolojisi*. Pegem Akademi.
- Bachevalier, J. (1990). Ontogenetic development of habit and memory formation in primates. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 608, 457–477.

Bayhan, P., & Artan, İ. (2007). *Çocuk gelişimi ve eğitimi*. Morpa Kültür Yayınları.

Brotherson, S. E. (2005). *Understanding brain development in young children* (Vol. 8). NDSU Extension Service.

Cumes, J. T., Burger, P. C., Djang, W. T., Boyko, O. B. (2000). MR imaging of compact white matter pathways. *American Journal of Radiology*, 9, 1061–1068.

Çeçen, A. R. (2000). Vygotsky'nin sosyokültürel perspektifi ışığında bilişsel gelişime katkıları. *Çanakkale Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 2(18), 21–25.

Chugani, H. T. (1994). Development of regional brain glucose metabolism. İçinde G. Dawson & K. Fischer (Ed.), *Human behavior and the developing brain* (ss. 153–175). Guilford Press.

Diamond, A. (1990). Rate of maturation of the hippocampus and the developmental progression of children's performance on the delayed nonmatching to sample and visual paired comparison tasks. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 608, 394–426.

Diamond, A., & Goldman-Rakic, P. S. (1989). Comparison of human infants and rhesus monkeys on Piaget's AB task: Evidence for dependence on dorsolateral prefrontal cortex. *Experimental Brain Research*, 74, 24–40.

Duman, G. (2015). *Beden eğitimi ve oyun*. Eğiten Kitap.

Elshazzly, M., Lopez, M. J., Reddy, V., & Caban, O. (2018). Embryology, central nervous system.

Gabbard, C. (2012). *Lifelong motor development*. Pearson.

Gallahue, D. L., & Ozmun, J. C. (2006). *Understanding motor development* (6th ed). McGraw-Hill.

Gallahue, D. L., Ozmun, J. C., & Goodway, J. D. (2012). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults* (7th ed.). McGraw-Hill.

Gogtay, N., Giedd, J. N., Lusk, L., Hayashi, K. M., Greenstein, D., Vaituzis, A. C., et al. (2004). Dynamic mapping of human cortical development during childhood through early adulthood. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 101, 8174–8179.

Goldman-Rakic, P. S. (1987a). Circuitry of primate prefrontal cortex and regulation of behavior by representational memory. *İçinde Handbook of physiology* (Vol. 5, ss. 373–417). American Physiological Society.

Goldman-Rakic, P. S. (1987b). Development of cortical circuitry and cognitive function. *Child Development*, 58, 601–622.

Herschkowitz, N. (2000). Neurological bases of behavioral development in infancy. *Brain and Development*, 22(7), 411–416.

Herschkowitz, N., Kagan, J., & Zilles, K. (1999). Neurobiological bases of behavioral development in the 2nd year. *Neuropediatrics*, 30, 221–230.

Huttenlocher, P. R., & Dabholkar, A. S. (1997). Regional differences in synaptogenesis in human cerebral cortex. *Journal of Comparative Neurology*, 387, 167–178.

Iordanova, R., & Reddivari, A. K. R. (2019). Neuroanatomy, medulla oblongata.

Jernigan, T. L., Baaré, W. F. C., Stiles, J., & Madsen, K. S. (2011). Postnatal brain development: Structural imaging of dynamic neurodevelopmental processes. *Progress in Brain Research*, 189, 77–92.

Kagan, J. (1994). *Galen's prophecy*. Basic Books.

Kagan, J., Kearsley, R., & Zelazo, P. (1978). *Infancy: Its place in human development*. Harvard University Press.

Kennard, M. A., Viets, H. R., & Fulton, J. F. (1934). The syndrome of premotor cortex in man: Impairment of skilled movements, forced grasping, spasticity and vasomotor disturbance. *Brain*, 57, 69–84.

Kolb, B. (1999, January). Neuroanatomy and development overview. İçinde *The role of early experience in infant development: Summary of a conference held in January* (ss. 5–14).

Lebel, C., Walker, L., Leemans, A., Phillips, L., & Beaulieu, C. (2008). Microstructural maturation of the human brain from childhood to adulthood. *NeuroImage*, 40, 1044–1055.

Madsen, K. S., Baaré, W. F. C., Vestergaard, M., Skimminge, A., Ejersbo, L. R., Ramsøy, T. Z., et al. (2010). Response inhibition is associated with white matter microstructure in children. *Neuropsychologia*, 48, 854–862.

Miller, P. H. (2002). *Theories of developmental psychology* (4th ed.). Worth Publishers.

Molfese, D. L., Freeman, R. B., Jr., & Palermo, D. S. (1975). The ontogeny of brain lateralization for speech and nonspeech stimuli. *Brain and Language*, 2, 356–368.

Mrzljak, L., Uylings, H. B. M., Van Eden, C. G., & Judas, M. (1990). Neuronal development in human prefrontal cortex in prenatal and postnatal stages. *Progress in Brain Research*, 85, 185–222.

Nicolopoulou, A. (2004). Oyun, bilişsel gelişim ve toplumsal dünya: Piaget, Vygotsky ve sonrası. *Ankara University Journal of Faculty of Educational Sciences (JFES)*, 37(2), 137–169.

Özer, D., & Özer, K. (2002). *Çocuklarda motor gelişim*. Nobel Yayınları.

Payne, V. G., & Isaacs, L. D. (2005). *Human motor development: A life span approach* (6th ed.). McGraw-Hill.

Sandtrock, J. W. (2014). *Yaşam boyu gelişim*. Nobel Yayıncılık.

Schmahmann, J. D., & Pandya, D. N. (1997). Anatomic substrates: The cerebrocerebellar system. İçinde J. D. Schmahmann (Ed.), *The cerebellum and cognition* (ss. 31–55). Academic Press.

Schmithorst, V. J., & Yuan, W. (2010). White matter development during adolescence as shown by diffusion MRI. *Brain and Cognition*, 72, 16–25.

Senemoğlu, N. (2013). *Gelişim, öğrenme ve öğretim: Kuramdan uygulamaya*. Yargı Yayınevi.

Seress, L., & Mrzljak, L. (1992). Postnatal development of mossy cells in the human dentate gyrus: A light microscopic Golgi study. *Hippocampus*, 2, 127–142.

Simonds, R. J., & Scheibel, A. B. (1989). The postnatal development of the motor speech area: A preliminary study. *Brain and Language*, 37, 42–58.

Tamnes, C. K., Ostby, Y., Walhovd, K. B., Westlye, L. T., Due-Tønnessen, P., & Fjell, A. M. (2010). Intellectual abilities and white matter microstructure in development: A diffusion tensor imaging study. *Human Brain Mapping*, 31, 1609–1625.

Thelen, E., & Smith, L. B. (1994). *A dynamic systems approach to the development of cognition and action*. MIT Press.

Thomas, R. M. (2001). Connectionism and dynamic systems. İçinde *Recent theories of human development*. Sage.

Touwen, B. C. (1971). A study on the development of some motor phenomena in infancy. *Developmental Medicine & Child Neurology*, 13, 435–446.

Vestergaard, M., Madsen, K. S., Baaré, W. F. C., Skimminge, A., Ejersbo, L. R., Ramsøy, T. Z., et al. (2010). White matter

microstructure in superior longitudinal fasciculus associated with spatial working memory performance in children. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 22(10).

Voeller, K. K., Hanson, J. A., & Wendt, R. N. (1988). Facial affect recognition in children: A comparison of the performance of children with right and left hemisphere lesions. *Neurology*, 38, 1744–1748.

Westlye, L. T., Walhovd, K. B., Dale, A. M., Bjornerud, A., Due-Tonnessen, P., Engvig, A., et al. (2010). Life-span changes of the human brain white matter: Diffusion tensor imaging (DTI) and volumetry. *Cerebral Cortex*, 20, 2055–2068.